

ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้วัฏกรรมแบบจำลองระบบ
โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มกราคม 2553

ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้วัฏกรรมแบบจำลองระบบ
โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มกราคม 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้วัฏกรรมแบบจำลองระบบ
โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มกราคม 2553

นายสุวิทย์ คงภักดี. (2553). ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบ
โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS- Model). ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:
รองศาสตราจารย์ ดร. ณสรณ์ ผลโคก, รองศาสตราจารย์ ดร. สมสร วังษ์อยู่น้อย,
ดร. จตุรงค์ สุคนธชาติ.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-
Model) ให้มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง มีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่
กำหนด 2) ศึกษาความเข้าใจโนมอดิราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยา
ศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวง
อาทิตย์ (EMS- Model)

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 39 คน
โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) และได้รับ
การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS- Model) ภายใต้
เนื้อหาวิทยาศาสตร์พื้นฐานสาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ มีเนื้อหาประกอบด้วย 6 มโนมติ ได้แก่ (1)
มาตราส่วน (2) กลางวัน กลางคืน (3) ฤดูกาล (4) ข้างขึ้นข้างแรม (5) ด้านหน้าของดวงจันทร์ และ
(6) อุปราคา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโนมอดิรา
ศาสตร์พื้นฐาน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ การ
วิเคราะห์ข้อมูลใช้การทดสอบค่าที ชนิด One sample t-test ผลการวิจัยเป็นดังนี้

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS- Model) มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่าง
ถูกต้องมีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) อย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนมีความเข้าใจโนมอดิราศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

EFFECTS OF TEACHING ASTRONOMY BASED ON INQUIRY METHOD USING
EARTH MOON SUN SYSTEM MODEL (EMS- MODEL) INNOVATION



Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Doctor of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
January 2010

Suwit Khongpugdee. (2010). *Effects of Teaching Astronomy Based on Inquiry Method using Earth Moon Sun System Model (EMS- Model) Innovation*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok : Graduate school, Srinakarinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok, Assoc. Prof. Dr.Somson Wongyounoi, Dr. Jaturong Sukonthachat.

The objectives of this research were to 1) develop the Earth Moon Sun System Model with appropriate scale, correct relative movement and effectiveness higher than the setting criteria (3.51) 2) examine the effectiveness of inquiry method using EMS-Model Innovation on students' basic astronomy concepts, science process skills, and scientific mind.

The target group was Mathayom suksa 3 students from Kanchanabhisekwittayalai Krabi School. One classroom of the subjects is 39 students who are studying basic astronomy concepts in the first semester of 2009 academic year. The target group is selected by using cluster random sampling technique. The instructional plans for this study are based on sub-strand 7: Astronomy and Space. The selected contents are designed to implement on six main topics which are (1) Scale; (2) Day-night; (3) Season; (4) Moon phase; (5) Face of moon; and (6) Eclipse. The instruments were comprised of conceptual understanding in basic astronomy concepts test, science process skills test, and scientific mind. The One sample t-test was employed for statistical analysis. The research results revealed that:

1) The EMS- Model had appropriate scale, correct relative movement and effectiveness higher than the setting criteria (3.51) with the statistical significantly different level of 0.05.

2) Students' basic astronomy concepts after the implementation is higher than those of cut-off score with the statistical significantly different level of 0.05.

3) Students' science process skills after the implementation is higher than those of cut-off score with the statistical significantly different level of 0.05.

4) Students' scientific mind after the implementation is higher than those of cut-off score with the statistical significantly different level of 0.05.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ

โดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model)

ของ

สุวิทย์ คงภักดี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2553

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณสรณ์ ผลโภค)

(อาจารย์ นิพนธ์ ทรายเพชร)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรณ์ วงษ์อยู่น้อย)

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณสรณ์ ผลโภค)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(ดร. จตุรงค์ สุคนธชาติ)

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรณ์ วงษ์อยู่น้อย)

.....กรรมการ

(ดร. จตุรงค์ สุคนธชาติ)

.....กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร. มนัส บุญประกอบ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภค ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรรค์ วงษ์อยู่น้อย กรรมการ และ อาจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ กรรมการ ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือตลอดจนปรับปรุงแก้ไขงานจนมีคุณภาพ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านดังรายชื่อตามภาคผนวก ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการสร้างเครื่องมือวิจัย ขอบพระคุณ นายจรงค์ วรพันธ์ ผู้เขียนแบบ ขอบพระคุณคณะครูและนักเรียนโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยกระบี่ ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอบพระคุณพ่อ แม่ ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ประสาทวิชาให้แก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยทักษิณที่ให้ทุนมาศึกษาต่อแก่ผู้วิจัย คุณประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้เป็นอันสงฆ์แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านตามที่กล่าวมา

สุวิทย์ คงภักดี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมติฐานของการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
หลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน สาระดาราศาสตร์และอวกาศ.....	11
ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสรวรคณยม.....	17
การสอนแบบสืบเสาะ.....	22
สื่อการสอน.....	42
แบบจำลอง.....	49
ความเข้าใจมโนมตดาราศาสตร์พื้นฐาน.....	69
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	79
จิตวิทยาศาสตร์.....	85
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	90

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	97
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	97
แบบแผนการวิจัย.....	97
การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	98
การสร้างเครื่องมือวิจัย.....	103
การศึกษานำร่อง.....	114
การเก็บรวบรวมข้อมูล	115
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	118
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	123
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาเครื่องมือวิจัย.....	124
ตอนที่ 2 ผลการศึกษานำร่อง (Pilot Study).....	127
ตอนที่ 3 ผลการทดลองจริง (Main Study).....	131
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	154
สรุปผลการวิจัย.....	157
อภิปรายผลการวิจัย.....	158
ข้อเสนอแนะ.....	166

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	168
ภาคผนวก.....	183
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	184
ภาคผนวก ข คุณภาพของเครื่องมือวิจัย.....	189
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย	203
ภาคผนวก ง ผลการสัมภาษณ์นักเรียน	234
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการเรียนรู้	245
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างผลงานนักเรียน	251
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	258

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงแบบแผนการวิจัย.....	98
2 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 6.....	107
3 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	124
4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้กับ คะแนนเกณฑ์.....	125
5 แสดงผลการประเมินแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	126
6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อEMS-System Model กับคะแนนเกณฑ์.....	126
7 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ระหว่างก่อนกับหลังปรับปรุง.....	129
8 แสดงคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเข้าใจโมเดล ดาราศาสตร์พื้นฐาน ก่อนและหลังการศึกษานำร่อง.....	130
9 แสดงคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเข้าใจโมเดล ดาราศาสตร์ พื้นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน.....	132
10 แสดงคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของคะแนนความเข้าใจโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน.....	134
11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด.....	135
12 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	136
13 แสดงคะแนนจุดตัดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	138
14 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนน จุดตัด.....	138
15 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	139

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 แสดงคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของคะแนนจิตวิทยาาสตร์.....	140
17 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนจิตวิทยาาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด.....	141
18 แสดงผลการประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน.....	142
19 แสดงผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน.....	144
20 แสดงผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมวิจัย.....	147
21 แสดงผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย.....	150
22 แสดงคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้.....	190
23 แสดงคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อ EMS-System Model.....	196
24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจ มโนติดาราศาสตร์พื้นฐาน.....	198
25 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจ โนมติดาราศาสตร์พื้นฐาน.....	200
26 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัด ความเข้าใจมโนติดาราศาสตร์พื้นฐาน.....	202
27 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบวัดจิตวิทยาาสตร์.....	203

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2 การศึกษาปรากฏการณ์โดยวิธีการสร้างแบบจำลอง.....	56
3 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของสสวท. ชุด 1.....	59
4 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของสสวท. ชุด 2.....	59
5 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของต่างประเทศ.....	60
6 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model).....	61
7 แสดงขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของคลีเมนต์.....	65
8 แสดงวิธีการสอนด้วยวัฏจักร GEM.....	66
9 แสดงการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model	69
10 แสดง EMS-System Model ที่เขียนด้วยโปรแกรม SolidWorks	105
11 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model).....	106
12 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	117
13 กราฟเปรียบเทียบความเข้าใจโน้มนัฒนศาสตรพื้นฐานของนักเรียน ระหว่างก่อนกับหลังการศึกษานำร่อง.....	131
14 กราฟเปรียบเทียบความเข้าใจโน้มนัฒนศาสตรพื้นฐานของนักเรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน.....	133
15 กราฟแสดงคะแนนพยากรณ์ (cutting point) ของคะแนนความเข้าใจ มโนฒนศาสตรพื้นฐาน.....	134
16 กราฟแสดงคะแนนพยากรณ์ (cutting point) ของคะแนนทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	137
17 กราฟแสดงคะแนนพยากรณ์ (cutting point) ของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์.....	140
18 นักเรียนกำลังศึกษามาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์.....	246
19 นักเรียนกำลังสาธิตการเกิดกลางวันกลางคืน.....	247

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
20 นักเรียนกำลังเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่ออธิบายการเกิดฤดูกาล.....	247
21 ครูกำลังแนะนำการเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องการเกิดข้างขึ้นข้างแรม.....	248
22 นักเรียนกำลังเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องด้านหน้าของดวงจันทร์.....	248
23 นักเรียนกำลังสาธิตการเกิดสุริยุปราคา.....	249
24 นักเรียนกำลังช่วยกันจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบาย.....	249
25 นักเรียนกำลังนำเสนอคำอธิบายของกลุ่มต่อสมาชิกในห้อง.....	250
26 นักเรียนกำลังทำแบบทดสอบหลังเรียน.....	250
27 แสดงดวงอาทิตย์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อใช้มาตราส่วนเดียวกับโลกขนาด 10 cm.....	252
28 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดกลางวันกลางคืนของนักเรียน.....	253
29 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดฤดูกาลของนักเรียน.....	254
30 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดข้างขึ้นข้างแรมของนักเรียน.....	255
31 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดสุริยุปราคาของนักเรียน.....	256
32 แสดงภาพวาดกระด้ายบนดวงจันทร์ในคืนแรม 5 ค่ำที่บ้านของนักเรียน.....	257

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ดาราศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เก่าแก่มากที่สุดสาขาหนึ่ง และมีความผูกพันกับชีวิตมนุษย์มาตั้งแต่ครั้งอดีตกาล โดยมีหลักฐานยืนยันว่าเมื่อประมาณ 5,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช ชาวบาบิโลนสามารถใช้ตำแหน่งขึ้น-ตกของดวงอาทิตย์กำหนดฤดูกาลเพาะปลูก และพวกเขายังสร้างปฏิทินปีทางจันทรคติขึ้นมาใช้ด้วย แต่อย่างไรก็ตามความรู้เกี่ยวกับดาราศาสตร์เพิ่งจะมีความเข้าใจถูกต้องและเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายเมื่อประมาณ 500 ปีที่ผ่านมาเมื่อหลังจากที่กาลิเลโอใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องดู ดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดี (สิงห์โต ปลูกหุด. 2531: 7) ยิ่งกว่านั้นวิชาดาราศาสตร์เพิ่งจะเป็นที่สนใจของสาธารณชนหลังจากได้มีการส่งดาวเทียมขึ้นไปโคจรรอบโลก หรือมีการส่งกระสวยอวกาศขึ้นไปสำรวจท้องฟ้า และในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะแข่งขันกันทางด้านเทคโนโลยีอวกาศเพื่อแสวงหาทรัพยากรที่อยู่นอกโลกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประเทศต่าง ๆ ให้ความสำคัญกับการจัดการศึกษาวิชาดาราศาสตร์มากขึ้น

ประเทศไทยก็เช่นเดียวกันเพียงแต่ในอดีตไม่ได้ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับดาราศาสตร์มากนัก จึงจัดไว้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งภายหลังจากการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบันความรู้เกี่ยวกับดาราศาสตร์ได้รับความสนใจมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ได้บรรจุเนื้อหา ดาราศาสตร์และอวกาศ ไว้ในสาระที่ 7 ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กำหนดให้นักเรียนต้องผ่านมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2545: 12)

มาตรฐาน ว ๗.๑: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะและกาแล็กซี ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๗.๒: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตามแม้จะมีการปฏิรูปการศึกษามาเป็นเวลานานแล้วแต่ผลที่ได้รับยังไม่เป็นที่น่าพอใจ จากการประเมินของสำนักทดสอบทางการศึกษาในปีการศึกษา 2547 (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2547: 14) พบว่า นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 37 มีนักเรียนที่ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีเพียงร้อยละ 8.49 แต่มีนักเรียนที่ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปรับปรุงมากถึงร้อยละ 46.73 ซึ่งสูงกว่าวิชาอื่นๆ และเมื่อเทียบกับปีการศึกษา 2546 พบว่านักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ลดลงร้อยละ 0.65 สอดคล้องกับข้อสรุปของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2545: 33) ก่อนหน้านี้ที่กล่าวว่า คุณภาพการศึกษาของประเทศไทยมีมาตรฐานค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพมาตรฐานการศึกษาของประเทศอื่นในระดับเดียวกัน เด็กและเยาวชนไทยยังไม่ได้รับการพัฒนาเต็มตามศักยภาพความสามารถทางวิชาการ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งขาดการปลูกฝังลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น การใฝ่รู้ใฝ่เรียน การคิดวิเคราะห์ และการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา เป็นต้น นอกจากนี้การสอนของครูยังใช้วิธีการบอกความรู้โดยยัดยัดวิชาเป็นตัวตั้ง ไม่ยัดนักเรียนเป็นตัวตั้ง ไม่สามารถทำให้นักเรียนเผชิญและแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

ในส่วนของวิชาดาราศาสตร์ก็ประสบปัญหาไม่น้อยไปกว่ากัน เนื่องจากเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ขาดต่อการทำความเข้าใจและต้องอาศัยความเข้าใจขั้นสูงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา ต้องใช้จินตนาการ ทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาดาราศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาของ โลท์แมน และแซดเลอร์ (Lightman; & Sadler. 1993: 162) พบว่านักเรียนเกรด 8 ถึงเกรด 12 ซึ่งเทียบได้กับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 และช่วงชั้นที่ 4 ของประเทศไทย บางส่วนยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนอยู่ แม้ว่ามีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 60 ยึดถือมโนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน แต่มีนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 45 ที่เข้าใจเกี่ยวกับการโคจรของดวงจันทร์ มีนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่เข้าใจเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้น-ข้างแรม ตำแหน่งสูงสุดของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และขนาดของโลกได้ถูกต้อง ยิ่งกว่านั้นมีนักเรียนเพียงร้อยละ 10 ที่รู้เกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดฤดูกาล สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไซลิกและคณะ (Zeilik; et al. 1998) ที่ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนและการเปลี่ยนแปลงมโนคติของนักศึกษา พบว่า มีนักศึกษาเพียงร้อยละ 10 ที่ยึดถือมโนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ มีนักศึกษาร้อยละ 23 ที่ยึดถือมโนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับตำแหน่งสูงสุดของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และมีนักศึกษาร้อยละ 30 ที่อธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดอุปราคาและการเกิดข้างขึ้น-ข้างแรม และจากการศึกษาความเข้าใจมโนติดาราศาสตร์ของครูผู้สอน เทย์เลอร์ (Taylor. 1996: 39) กล่าวว่า ครูระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นบอกว่า การเกิดข้างขึ้น-ข้างแรมมีสาเหตุมาจากเงาของโลกไปบังดวงจันทร์ และครูคนอื่นในโรงเรียนเดียวกันก็ไม่มีใครสามารถอธิบายเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้น-ข้างแรมได้

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งในระดับชั้นประถมศึกษา ชั้นมัธยมศึกษา นักศึกษา หรือแม้แต่ครูผู้สอน ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่มากเกี่ยวกับมโนติดาราศาสตร์พื้นฐาน สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของผู้วิจัยที่ได้สำรวจความเข้าใจมโนติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ในชนบทของประเทศไทย โดยใช้แบบทดสอบซึ่งปรับปรุงมาจาก

แบบทดสอบของ ไซลิกและคณะ (Zeilik; et al. 1998) และแบบทดสอบของทริมเปอร์ (Trumper. 2001) ผลการสำรวจพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจน้อยมากเกี่ยวกับมโนคติ การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ การเกิดอุปราคา และน้ำขึ้นน้ำลง ทั้งๆ ที่ปรากฏการณ์เหล่านี้นักเรียนสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน (Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

สาเหตุสำคัญที่ทำให้นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนเนื้อหาดาราศาสตร์พื้นฐาน คือ ขาดแคลนสื่อการสอนและครูยังคงนิยมใช้การสอนแบบบรรยาย ไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนให้สอดคล้องกับแนวทางการปฏิรูปการศึกษา ที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติมพ.ศ. 2545) หมวดที่ 4 ว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ (กรมวิชาการ. 2545: 1) สอดคล้องกับนโยบายพัฒนาการศึกษาตามแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545 – 2559) ที่เน้นการปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด โดยเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ได้คิดเอง ปฏิบัติเอง และมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลหรือแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย จนนักเรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำ จัดบรรยากาศใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมความรู้และการเรียนรู้ของนักเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545: 45-48)

การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางปฏิรูปการศึกษาวิธีหนึ่ง คือ การสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry method) ที่อาศัยทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสตรัคนิยม (Constructivism) (กรมวิชาการ. 2545) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีจิตวิทยาที่สำคัญ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการจัดระบบโครงสร้างความรู้ (Organization) กับกระบวนการปรับขยายโครงสร้างความรู้ (Adaptation) (Bulunuz, N. 2006: 25-27; อ้างอิงจาก Piaget. 1970) และทฤษฎีวัฒนธรรมเชิงสังคม (Social Constructivism) ของ ไวทือดสกี ที่เห็นว่า การเรียนรู้เกิดจากการที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Vygotsky. 1978: 86-87) ตามแนวคิดของทฤษฎีสตรัคนิยมความรู้เป็นสิ่งที่มิได้อยู่ในตัวบุคคล บุคคลสร้างความรู้หรือสร้างความหมายของสิ่งที่รับรู้ขึ้นมาด้วยตนเองโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรมในระหว่างมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว ความรู้จึงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละคน ส่วนการเรียนรู้นั้นเป็นกระบวนการที่บุคคลสร้างความหมายหรือความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่รับรู้ใหม่ ความหมายหรือความเข้าใจที่บุคคลแต่ละคนสร้างขึ้นจึงอาจจะแตกต่างกันตามประสบการณ์ ภาษา และสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรมของบุคคลนั้น

การตรวจสอบตลอดจนการอภิปรายเพื่อหาข้อตกลงร่วมกันเกี่ยวกับความหมายที่สร้างขึ้นจะช่วยให้บุคคลสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การสอนแบบสืบเสาะนับเป็นวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Billings. 2002: 840; เปรมจิตร บุญสาย. 2541: 369-379; วิชาญ เลิศลพ. 2543: บทคัดย่อ) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Abraham and Renner. 1986 : 87; เปรมจิตร บุญสาย. 2541: 369-379) และจิตวิทยาศาสตร์ (Lavoie. 1999: 1127; Billings. 2002; 840; เปรมจิตร บุญสาย. 2541: 369-379) ของนักเรียน จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำวิธีการสอนแบบสืบเสาะมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาราชาศาสตร์พื้นฐาน เพื่อพัฒนานักเรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการ และเจตคติ (กรมวิชาการ. 2545: 1) สอดคล้องกับ ประวิตร ชูศิลป์ (2542: 27) ที่กล่าวไว้ว่า “ในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ทุกสาขา ทุกระดับชั้นจะต้องพัฒนาให้นักเรียนเจริญไปพร้อมกันทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษะพิสัย (Psychomotor Domain)” อย่างไรก็ตามการสอนแบบสืบเสาะก็มีข้อจำกัดที่ต้องใช้เวลามาก และเนื้อหาราชาศาสตร์พื้นฐานมีลักษณะเป็นนามธรรมไม่สามารถสังเกตเห็นการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันของวัตถุในระบบได้โดยตรง ครั้นจะทำการสืบเสาะจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติก็มีอุปสรรคที่ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งเป็นเขตร้อนชื้นฟ้าจึงปิดบ่อย ทำให้ไม่สามารถสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลการเกิดปรากฏการณ์ได้อย่างต่อเนื่อง

แนวทางแก้ปัญหาหนึ่งที่สำคัญและได้รับการกล่าวถึงบ่อยเกี่ยวกับการสืบเสาะทาง วิทยาศาสตร์คือการสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติแทนการศึกษาจากปรากฏการณ์จริง (Gilbert & Boulter. 2000) สอดคล้องกับความเห็นของแคล์ว (Cullin. 2004: 1; อ้างอิงจาก Catlow. 2000) ที่กล่าวว่ามนุษย์จำเป็นต้องใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจโลกที่ซับซ้อน ซึ่งพวกเขาอาศัยอยู่ เช่นเดียวกับ จัณเฑาะและคอลเลจ (Cullin. 2004: 2; อ้างอิงจากJungele; & Calley. 1985) ที่กล่าวว่ามนุษย์จำเป็นต้องใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ แบบจำลองช่วยในการสร้างคำอธิบาย ช่วยในการแปลความหมาย ช่วยในการทำความเข้าใจ ช่วยให้เกิดการค้นพบ และช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างคำพยากรณ์ได้ กระบวนการสร้างแบบจำลองสามารถส่งเสริมการจินตนาการของนักเรียนในเรื่องที่มีลักษณะเป็นนามธรรม และมีความซับซ้อน สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พบว่าสื่อเสริมบทเรียนเรื่องโลกและดวงดาวสามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยไม่ได้อาศัยสื่อเสริมทั้งนี้เป็นเพราะว่าสื่อเสริมบทเรียนที่พัฒนาขึ้นช่วยให้เนื้อหาที่มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2531: 39) สำหรับการให้เหตุผลโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำได้โดยการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาแทนปรากฏการณ์จริงที่อาจจะไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง (Cullin. 2004: 2; อ้างอิงจาก Schank; & Duncan.1997) จึงกล่าวได้ว่าการสร้างแบบจำลองและการใช้

แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ (Gilbert & Ireton, 2003) เช่นเดียวกับ นักการศึกษาอีกหลายคนที่แนะนำว่าการสร้างแบบจำลองควรจะเป็นส่วนแกนของการศึกษา วิทยาศาสตร์เพราะว่าเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติและ ความซับซ้อนของ ปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Justi & Gilbert, 2002a, 2002b; Van Driel & Verloop, 2002) นักเรียนก็ สามารถเรียนรู้คล้ายคลึงกับการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ได้ โดยการเข้าร่วมทำกิจกรรมในลักษณะ คล้ายๆ กัน การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจความหมายของการเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Learning of science) ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science) และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Learning how to do science) (Gilbert and Boulter, 2000; Justi and Gilbert, 2003) การสร้างแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์คือหัวใจของความพยายามที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันนี้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เน้นการ เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลผลิตจากวิทยาศาสตร์ เช่น คำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวคิดและ แบบจำลองในหนังสือเรียน การเรียนวิทยาศาสตร์เฉพาะองค์ประกอบนี้ได้รับการวิจารณ์ว่าวิทยาศาสตร์ เป็นเพียงข้อสรุปที่สวดยหู่ ซึ่งนำเสนอข้อเท็จจริงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่าแสดงให้นักเรียนเห็นถึง กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Loper, 2005: 1; อ้างอิงจาก Schwab, 1962: 24)

อย่างไรก็ตามถึงแม้แบบจำลองจะเป็นสื่อการสอนที่มีความสำคัญสำหรับการจัดการ เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน แต่สื่อการสอนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในโรงเรียนส่วนใหญ่ของประเทศ ไทยเป็นเพียงสื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ ภาพวาด และภาพถ่าย เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงลักษณะและ รายละเอียดได้ดี แต่สื่อสิ่งพิมพ์ก็ขาดลักษณะสำคัญบางอย่างของสื่อการสอนที่ดี เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ นำเสนอได้เพียง 2 มิติ ไม่สามารถทำให้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมเปลี่ยนเป็นรูปธรรมได้ ไม่สามารถแสดง กลไกการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบได้ และมาตราส่วนของวัตถุในภาพก็ไม่ถูกต้อง ด้วยข้อจำกัด ดังกล่าวจึงทำให้แบบจำลองมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการนำมาใช้เพื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากสามารถสร้างความสนใจ เน้นความสัมพันธ์ของระบบ มีความเป็นรูปธรรม ง่ายต่อการทำความเข้าใจ สื่อความหมายได้ถูกต้อง และจดจำได้นาน แต่โรงเรียนส่วนใหญ่ยังขาดแคลนแบบจำลองระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในโรงเรียนส่วนใหญ่ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ไม่ได้มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน แม้ว่าบางแบบจำลองจะมีการเคลื่อนที่ สัมพัทธ์ระหว่าง โลกกับดวงจันทร์ แต่ก็ไม่ได้ถูกต้องตามความเป็นจริง กล่าวคือกว่าดวงจันทร์จะโคจร รอบโลกครบ 1 รอบ โลกจะต้องหมุนรอบตัวเอง 30 รอบ (30 วัน) ซึ่งคลาดเคลื่อนไปประมาณเดือนละ 2.5 วัน และโลกก็ไม่ได้โคจรรอบดวงอาทิตย์ ส่วนแบบจำลองที่สามารถทำให้โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่สัมพันธ์กันได้ ก็มีใช้กันอยู่บ้างเฉพาะในโรงเรียนขนาดใหญ่และมหาวิทยาลัย ซึ่ง นำเข้าจากต่างประเทศ แต่แบบจำลองเหล่านี้ก็ใช้สายพานในการขับเคลื่อนให้โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีโอกาสสั่นไถลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้คานที่ใช้จับยึดดวงจันทร์ก็สั้นกว่ามาตรา

ส่วนที่ถูกต้องมาก ทำให้แบบจำลองที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันไม่สามารถแสดงการเกิดปรากฏการณ์กลางวัน กลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ และการเกิดอุปราคาได้ สอดคล้องกับที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ และปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือแบบจำลองที่นำเข้าจากต่างประเทศเหล่านี้มีราคาแพงมาก

จากที่กล่าวมาจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ประเทศไทยจะต้องเร่งสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับดาราศาสตร์ และพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาดาราศาสตร์ สำหรับเตรียมทรัพยากรบุคคลในชาติให้พร้อมกับการแข่งขันในปัจจุบันและอนาคต ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนาแบบจำลองระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง และมีมาตราส่วนเหมาะสม กล่าวคือ ดวงจันทร์จะโคจรรอบโลกครบ 1 รอบ เมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง 27.321 รอบ และโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบ 1 รอบ เมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง 365.19 รอบ ซึ่งคลาดเคลื่อนเพียง 0.6 วัน/ปี นอกจากนี้ แขนของดวงจันทร์ยังสามารถยืดออกได้ถึง 1.2 เมตร โดยผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนใช้แบบจำลองนี้สืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐาน คือ มาตราส่วน โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ และการเกิดอุปราคา

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ให้มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง มีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model
3. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model
4. เพื่อศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้ EMS-System Model ที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์อย่างถูกต้องและมีมาตราส่วนเหมาะสม สำหรับใช้สืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐาน คือ มาตราส่วนระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ และอุปราคา

2. ได้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรม EMS-System Model ที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจในโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน

3. ช่วยเพิ่มองค์ความรู้ในการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ระบบเฟืองเป็นกลไกในการขับเคลื่อนให้วัตถุที่เกี่ยวข้องเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน เพื่อให้ครูผู้สอนและนักการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

4. ช่วยประหยัดงบประมาณแผ่นดินในการลดการสั่งซื้อแบบจำลองจากต่างประเทศ และประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง นอกจากนี้ช่วยนักเรียนในชนบทมีโอกาสเข้าถึงสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 241 คน แบ่งออกเป็น 6 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ โดยนักเรียนแต่ละห้องมีเกรดเฉลี่ยสะสมวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 39 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ความเข้าใจในโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน
 - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.3 จิตวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่องระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 แบ่งออกเป็น 6 มโนมติ ดังนี้

1. มาตรฐานโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์
2. วัฏจักรกลางวันกลางคืน

3. ฤดูกาล
4. ข้างขึ้นข้างแรม
5. ด้านหน้าของดวงจันทร์
6. อุปราคา

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 โมโนมิติ ใช้เวลา 6 สัปดาห์ รวม 17 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. EMS-System Model หมายถึง แบบจำลองระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแบบจำลองทางกายภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามมาตราส่วนที่ใกล้เคียงกับมาตราส่วนจริง และมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันระหว่างโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์อย่างถูกต้อง โดยใช้ชุดเฟืองเป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้สำหรับสรุปทบทวนให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์เกี่ยวกับโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วขึ้น ซึ่งประกอบด้วยหลอดไฟขนาด 500 วัตต์ ใช้แทนดวงอาทิตย์ลูกโลกจำลองขนาด 14 เซนติเมตร ใช้แทนโลก และลูกปิงปองขนาด 3.70 เซนติเมตร ใช้แทนดวงจันทร์

2. การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model หมายถึง การจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองร่วมกัน ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

- 2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
- 2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
- 2.3 ขั้นการอธิบายและสรุป (Explanation)
- 2.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
- 2.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation)

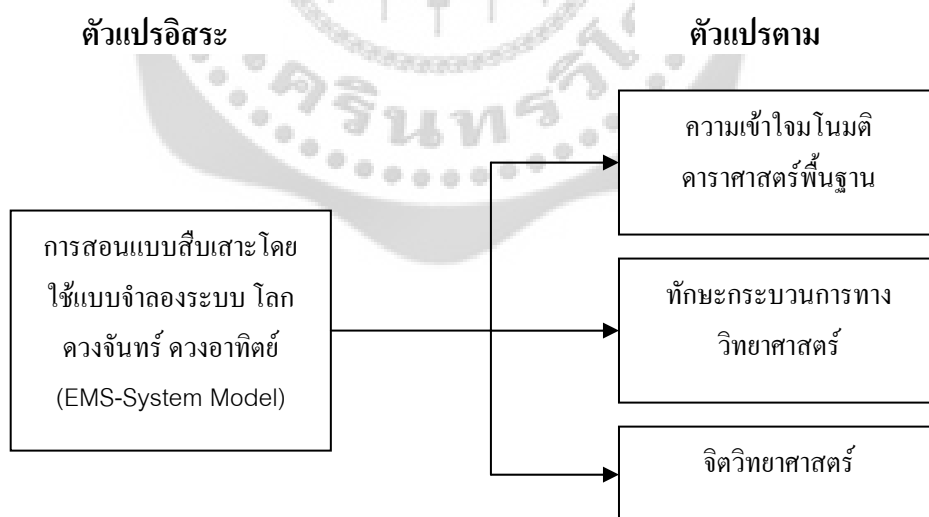
3. ความเข้าใจโมโนมิติดาราศาสตร์พื้นฐาน หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อความคิดรวบยอด เกี่ยวกับมาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ปรากฏการณ์การเกิดกลางวัน กลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ และอุปราคา โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนมิติดาราศาสตร์พื้นฐานที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และพิจารณาความเข้าใจเชิงลึกของนักเรียนจากการสัมภาษณ์

4. **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง กระบวนการในการค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงสรุป ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. **จิตวิทยาศาสตร์** หมายถึง คุณลักษณะนิสัย ความเชื่อ ความคิดของบุคคลบนพื้นฐานวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ และความใจกว้าง โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามในแบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้สาระดาราศาสตร์และอวกาศจากเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา รวมทั้งการศึกษาแนวคิดทฤษฎีทางการศึกษาสำหรับการใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างสมดุลทั้งทางด้านความเข้าใจ โนมตีที่ถูกต้อง ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านจิตวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง มีมาตราส่วนเหมาะสมและมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก (3.51)
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model มีความเข้าใจมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐานสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model มีจิตวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัยโดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระดาราศาสตร์และอวกาศ
2. ทฤษฎีสรณคณยม (Constructivism)
3. การสอนแบบสับสนเสาะ
4. สื่อการสอน
5. แบบจำลอง
6. ความเข้าใจมโนตดาราศาสตร์พื้นฐาน
7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
8. จิตวิทยาศาสตร์
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระดาราศาสตร์และอวกาศ

การจัดการศึกษาสาระดาราศาสตร์และอวกาศดำเนินการตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระ วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545)

หลังจากประสบปัญหาวิกฤตเศรษฐกิจในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากการจัดการศึกษาให้กับคนในชาติก้าวไม่ทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก ทำให้ทรัพยากรบุคคลมีศักยภาพไม่เพียงพอที่จะแข่งขันกับประชาคมโลก ภาครัฐจึงต้องทำการปฏิรูปการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิทยาศาสตร์ ดังที่กำหนดไว้ในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540 มาตรา 81 ว่า “ให้เร่งรัดพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศและพัฒนาวิชาชีพครู” (ราชกิจจานุเบกษา. 2540: 16) หลังจากนั้นจึงประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 โดยมีสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า นักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตาม

ธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ในส่วนของการจัดการเรียนรู้ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) มาตรา 24 ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545)

1) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของนักเรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

2) ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา

3) จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

4) จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงาม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

5) ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการสอน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและนักเรียนอาจจะเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอน และแหล่งวิทยาการประเภทต่างๆ

6) จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนานักเรียนตามศักยภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าว จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนการสอนทั้งของครูและนักเรียน กล่าวคือ ลดบทบาทของครูผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่า บรรยาย สาธิต เปลี่ยนเป็นผู้สนับสนุน วางแผนจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ กิจกรรมต่าง ๆ จะต้องเน้นที่บทบาทของนักเรียนตั้งแต่เริ่มคือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัดผล ประเมินผล และต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้น เน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ จากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้ เพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งองค์ความรู้

1.2 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนผลผลิตต่างๆ ที่ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและในการทำงานล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการ

พัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก ในทางกลับกัน เทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง

วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (knowledge base society) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาดูแลสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน และที่สำคัญยิ่งคือ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (กรมวิชาการ, 2545: 1-2)

1.3 ธรรมชาติและลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์

ความรู้วิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific process) ในการสืบเสาะหาความรู้ (scientific inquiry) การแก้ปัญหา โดยผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ และการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา ความรู้และกระบวนการดังกล่าวมีการถ่ายทอดต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน

ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ เพื่อนำมาใช้อ้างอิงทั้งในการสนับสนุนหรือโต้แย้งเมื่อมีการค้นพบข้อมูล หรือหลักฐานใหม่ หรือแม้แต่ข้อมูลเดิมเดียวกันก็อาจจะเกิดความขัดแย้งขึ้นได้ นักวิทยาศาสตร์แปลความหมายด้วยวิธีการหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน ความรู้วิทยาศาสตร์จึงอาจเปลี่ยนแปลงได้

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมได้ไม่ว่าจะอยู่ในส่วนใดของโลก วิทยาศาสตร์จึงเป็นผลจากการสร้างเสริมความรู้ของบุคคล การสื่อสารและการเผยแพร่ข้อมูลเพื่อให้เกิดความคิดในเชิงวิเคราะห์วิจารณ์ มีผลให้ความรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง และส่งผลต่อคนในสังคมและสิ่งแวดล้อม การศึกษาค้นคว้าและการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องอยู่ภายในขอบเขตคุณธรรม จริยธรรม เป็นที่ยอมรับของสังคม และเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี เทคโนโลยีเป็นกระบวนการในงานต่างๆ หรือกระบวนการพัฒนา ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยความรู้วิทยาศาสตร์ร่วมกับศาสตร์อื่นๆ ทักษะ ประสพการณ์ จินตนาการ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของมนุษย์ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะ

ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการและแก้ปัญหาของมวลมนุษย์ เทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับ ทรัพยากร กระบวนการ และระบบการจัดการ จึงต้องใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อสังคมและ สิ่งแวดล้อม (กรมวิชาการ. 2545: 2)

สมาคมพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (AAAS. 2001) ได้กำหนด มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนในด้านธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

- 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะถูกปรับปรุงเมื่อขัดแย้งกับข้อมูลใหม่จนนำไปสู่การสร้าง ทฤษฎีที่ดีกว่า และทฤษฎีใหม่นี้ก็นำไปสู่การสังเกตด้วยวิธีการใหม่ๆ [บทที่ 1, ตอน A, เกรด 6-8, มาตรฐานที่ 2]
- 2) นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานว่าเอกภพเป็นระบบที่กว้างใหญ่มาก ซึ่งกฎพื้นฐาน ทั้งหลายจะเป็นจริงเหมือนกันทุกที่ในเอกภพ [บทที่ 1, ตอน A, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 1]
- 3) อาจจะมีหลายทฤษฎีที่เหมาะสมกับผลการสังเกต ทฤษฎีใหม่อาจจะมีความเหมาะสม กว่า ดีกว่า หรืออธิบายผลการสังเกตได้กว้างกว่า ในวิชาวิทยาศาสตร์การทดสอบ การปรับปรุง การ ปฏิเสธทฤษฎีเก่าและยอมรับทฤษฎีใหม่เกิดขึ้นตลอดเวลาไม่มีที่สิ้นสุด กระบวนการที่เกิดขึ้นอย่าง ต่อเนื่องนี้นำไปสู่การเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติมากขึ้น แต่ความรู้ที่ได้มานี้ก็ไม่ใช่ความจริงที่ สมบูรณ์ หลักฐานที่ใช้ประเมินค่าความรู้เหล่านี้ได้มาจากการพัฒนาความสามารถในการเสนอคำอธิบาย ที่น่าเชื่อถือและสร้างการทำนายที่ถูกต้อง [บทที่ 1, ตอน A, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 3]
- 4) บางครั้งนักวิทยาศาสตร์สามารถควบคุมเงื่อนไขเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน แต่ถ้าไม่ สามารถควบคุมได้หรือเป็นเหตุผลทางศีลธรรม นักวิทยาศาสตร์ก็จะพยายามสังเกตปรากฏการณ์ ธรรมชาติให้ครอบคลุมและได้ข้อมูลมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อค้นหารูปแบบของข้อมูล [บทที่ 1, ตอน B, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 3]
- 5) ทฤษฎีจะได้รับการยอมรับหรือไม่ตัดสินจาก ทฤษฎีนั้นมีความสอดคล้องกับทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปหรือไม่ ขอบเขตของการสังเกตที่ทฤษฎีอธิบายได้ ทฤษฎี อธิบายผลการสังเกตได้ดีหรือไม่ และมีอำนาจในการทำนายข้อมูลใหม่ ๆ ที่ถูกค้นพบมาน้อยเพียงใด [บทที่ 1, ตอน B, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 6]

1.4 เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต สืบสวนตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิด และทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เป็นนักเรียนรู้และ ค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่เริ่มแรกก่อนเข้าเรียน

เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว การจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์มีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้ (กรมวิชาการ. 2545: 3)

- 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี

- 4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
- 5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 7) เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.5 มาตรฐานการเรียนรู้สาระ: ดาราศาสตร์และอวกาศ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยในสาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่อง ระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ โดยเน้นไปที่มาตรฐาน ว. 7.1 ที่กำหนดให้นักเรียนที่เรียนจบหลักสูตรแล้วต้อง “เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะและกาแล็กซี ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์” โดยกำหนดเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2545: 30)

- 1) สืบค้นข้อมูล สังเกต อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะที่ประกอบด้วยดวงอาทิตย์และดาวบริวาร (ช่วงชั้นที่ 2)
- 2) สังเกต อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ที่ทำให้เกิดกลางวันกลางคืน ทิศและปรากฏการณ์ขึ้นตกของดวงดาว ข้างขึ้นข้างแรม ฤดูกาล สุริยุปราคา จันทรุปราคา (ช่วงชั้นที่ 2)
- 3) สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบนโลก (ช่วงชั้นที่ 3)
- 4) สังเกต อภิปราย และอธิบายกลุ่มดาวฤกษ์ และการใช้ประโยชน์จากความรู้ (ช่วงชั้นที่ 3)

จากการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ 7.1 และหนังสือกิจกรรมสาระการเรียนรู้พื้นฐานเรื่อง โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547) สามารถแบ่งเนื้อหาเรื่องระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ ซึ่งเป็นเนื้อหาดาราศาสตร์พื้นฐาน ออกเป็น 6 มโนคติหลักๆ ดังนี้

- 1) มาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์
- 2) วัฏจักรกลางวันกลางคืน
- 3) ฤดูกาล
- 4) ข้างขึ้นข้างแรม
- 5) ด้านหน้าของดวงจันทร์
- 6) อุปราคา

นอกจากนี้สำนักงานมาตรฐานการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา (National Research Council 1996. 154-159) ได้แนะนำว่าเนื้อหาดาราศาสตร์พื้นฐานเป็นส่วนสำคัญที่นักเรียนทุกคนต้องเรียน เนื้อหาเหล่านี้ได้แก่ รูปร่างของโลกเป็นทรงกลม แรงโน้มถ่วง ข้างขึ้นข้างแรม จันทรุปราคา และสุริยุปราคา เป็นต้น และให้คำแนะนำในการจัดการเรียนรู้ว่าให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองด้วยการสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การบรรยาย และการค้นหารูปแบบ แล้วพยายามอธิบายความเข้าใจด้วยแบบจำลอง รวมทั้งยังแนะนำว่านักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายและระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (เกรด 5-8) นั้นโตพอที่จะอธิบายปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ตามแนวคิดที่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ได้

สมาคมพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (AAAS. 2001) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ ดังนี้

- 1) เนื่องจากโลกหมุนรอบแกนตัวเองวันละ 1 รอบ โดยที่แกนของโลกเอียงทำมุม 23.5 องศากับระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ส่งผลให้แสงอาทิตย์ตกกระทบผิวโลกส่วนต่าง ๆ ด้วยความเข้มแสงที่แตกต่างกันตลอดทั้งปี ความแตกต่างของความร้อนที่ผิวโลกทำให้เกิดฤดูกาล และรูปแบบของภูมิอากาศ [บทที่ 4, ตอน B, เกรด 6-8, มาตรฐานที่ 4]
- 2) ดวงจันทร์โคจรรอบโลกหนึ่งรอบใช้เวลาประมาณ 28 วัน เมื่อมองจากโลกทำให้เห็นปริมาณพื้นผิวของดวงจันทร์ที่สะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์มาเข้าสู่ตาเรามีการเปลี่ยนแปลง เราจึงเห็นรูปร่างของดวงจันทร์มีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยทุกคืน [บทที่ 4, ตอน B, เกรด 6-8, มาตรฐานที่ 5]
- 3) โลกคล้ายกับดาวเคราะห์อื่น ๆ คือมีรูปร่างเป็นทรงกลมโดยประมาณ โลกหมุนรอบแกนตัวเองรอบละ 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดวัฏจักรกลางวันกลางคืน ทำให้คนอยู่บนโลกรู้สึกมืดและสว่าง

การหมุนรอบตัวเองของโลกนี้ทำให้ดูเหมือนว่าดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ และดาวฤกษ์กำลังโคจรรอบโลกวันละหนึ่งรอบ [บทที่ 4, ตอน B, เกรด 3-5, มาตรฐานที่ 2]

4) การเคลื่อนที่ทุกชนิดจะต้องสัมพันธ์กับกรอบอ้างอิงที่เลือกไว้ จึงกำหนดกรอบอ้างอิงให้อยู่นิ่งเพื่อตัดสินการเคลื่อนที่ทั้งหลาย [บทที่ 4, ตอน F, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 2]

จะเห็นว่าหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ได้กำหนดแนวทางในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ ไว้อย่างครอบคลุมเช่นเดียวกับกับหลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรของประเทศทั้งสอง โดยนักเรียนที่จบช่วงชั้นที่ 1 ควรจะมีความคุ้นเคยกับปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ จากนั้นเมื่อนักเรียนเรียนจบช่วงชั้นที่ 2 ควรจะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ เช่น ปรากฏการณ์ขึ้นตกของดวงดาว การเกิดกลางวันกลางคืน ข้างขึ้นข้างแรม อุปราคา และฤดูกาล โดยใช้แบบจำลองได้ ส่วนนักเรียนที่เรียนจบช่วงชั้นที่ 3 ควรจะสามารถอธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกาก็มีจุดเน้นที่แตกต่างกันอยู่บ้างกล่าวคือเนื้อหาเกี่ยวกับระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์นั้นหลักสูตรของประเทศไทยจัดเนื้อหาส่วนใหญ่ให้นักเรียนเรียนในช่วงชั้นที่ 2 แต่หลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกาคจัดให้นักเรียนเรียนในช่วงชั้นที่ 3

ในความเห็นของผู้วิจัยคิดว่าเมื่อพิจารณาจากกิจกรรมการเรียนรู้ของแต่ละมโนคติจากหนังสือเรียนและคู่มือครู(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547) พบว่ากิจกรรมของแต่ละมโนคติมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อย ลักษณะของกิจกรรมมุ่งให้นักเรียนทดลองเพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์มากกว่าให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อตรวจสอบแนวคิดของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่ และการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ก็ยังไม่โดดเด่นเท่าที่ควร ทั้งที่มีการกำหนดไว้ในผลการเรียนรู้ที่คาดหวังอย่างชัดเจน นอกจากนี้มีการกล่าวถึงมโนคติมาตราส่วน (Scale) น้อยมาก ทั้งที่มโนคตินี้มีความสำคัญมาก โดยจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติอื่นๆ ได้ง่ายและถูกต้องยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสัรรคนิยม (Constructivism)

ทฤษฎีสัรรคนิยมคล้ายจะเป็นแนวคิดใหม่ แต่หากพิจารณาให้ละเอียดจะพบว่า แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นมีมาตั้งแต่มาตั้งแต่สมัยพุทธกาล ดังคำกล่าวในพระธรรมคุณ ที่ว่า ปจัตต เวทิตัพโพ วิญญูหิ ซึ่งพระธรรมปิฎก (2538:16) แปลว่า “พระธรรมอันวิญญูชนพึงรู้เฉพาะตน ผู้อื่นไม่พลอยรู้ตามเห็นด้วย เหมือนรสอาหารผู้บริโภคเท่านั้นจึงจะรู้รสผู้อื่นรู้รสด้วยไม่ได้” อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสัรรคนิยมเริ่มแพร่หลายในวงการศึกษาดังแต่ในช่วงปลายทศวรรษ 1980 เป็นต้นมา โดยมีนักการศึกษากลุ่มหนึ่งที่มีแนวคิดในการจัดการศึกษา

เปลี่ยนแปลงจากเดิมที่เน้นการศึกษาปัจจัยภายนอกมาเป็นการเน้นที่ปัจจัยภายใน ซึ่งได้แก่ ความรู้ความเข้าใจหรือกระบวนการรู้คิด ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปัจจัยภายในมีส่วนช่วยทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและความรู้เดิมมีส่วนเกี่ยวข้องและเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งข้อค้นพบนี้เป็นแนวคิดของทฤษฎีสรคณคม ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับยุคปฏิรูปการศึกษาที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Developmental Theory) ของเพียเจต์ (Piaget) และทฤษฎีวัฒนธรรมเชิงสังคม (Social Constructivism Theory) ของไวโกตสกี (Vygotsky) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Developmental Theory)

เพียเจต์ (Bulunuz, N. 2006: 25-27; อ้างอิงจาก Piaget. 1970) กล่าวว่า “นักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ของตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม” จะเห็นได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับสื่อจะช่วยนักเรียนในการสร้างและเรียนรู้ความคิดรวบยอดต่างๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ตัวอย่าง ถ้าครูสอนด้วยวิธีการบรรยายจากหนังสือเพียงอย่างเดียวเกี่ยวกับการเกิดช้างขึ้นช้างแรมนักเรียนอาจจะจำเพียงอย่างเดียวโดยปราศจากการพัฒนาความเข้าใจความคิดรวบยอด แต่ถ้าครูให้นักเรียนสังเกตรูปร่างของดวงจันทร์ในแต่ละคืนและติดตามการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์ จะทำให้นักเรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่สัมพันธ์ของโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์นี้ได้ เพียเจต์ยืนยันว่านักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ความคิดรวบยอดได้อย่างง่ายดายจากการบอกกล่าว แต่พวกเขาต้องพัฒนาความรู้โดยการสำรวจและการสืบเสาะ สอดคล้องกับเบอเกอร์และทอมป์สัน (Berger; & Thompson. 1996) ที่กล่าวว่า ทุกคนมีโครงสร้างทางปัญญาของตนเองสำหรับใช้ในการคิดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ตั้งแต่เกิดจนตาย วิธีการคิดของพวกเขาจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยการเปลี่ยนแปลงนี้แปรผันตรงกับการเจริญเติบโตทางร่างกายและสติปัญญา และเปลี่ยนแปลงจากการคิดง่ายๆ ไปสู่การคิดเชิงนามธรรม

ในการสร้างความคิดรวบยอดเพียเจต์ได้อธิบายกระบวนการที่เกี่ยวข้อง 2 กระบวนการ คือการจัดระบบโครงสร้างความรู้ และการปรับขยายโครงสร้างความรู้

1) การจัดระบบโครงสร้างความรู้ (Organization) เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้รวบรวมนำระบบ เรียบเรียงประสบการณ์และความคิดของตนเองอย่างอัตโนมัติและต่อเนื่องอย่างเป็นขั้นตอน

2) การปรับขยายโครงสร้างความรู้ (Adaptation) เป็นกระบวนการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์ด้วย เพียเจต์เชื่อว่าการปรับตัวของบุคคลประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการคือ

2.1) การดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและซึมซับความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับโครงสร้างความรู้เดิมของตนเอง

2.2) การปรับให้เหมาะ (Accommodation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและปรับโครงสร้างความรู้เดิมให้สอดคล้องกับข้อมูลที่รับรู้ใหม่ซึ่งขัดแย้งกับความรู้เดิมนั้น

ตามข้อคิดเห็นของ เพียเจต์ (Bulunuz, N. 2006: 25-26; อ้างอิงจาก Piaget. 1970) นักเรียนจะเกิดการการดูดซึมเมื่อปฏิสัมพันธ์กับประสบการณ์ใหม่ โดยนักเรียนจะต้องได้รับการกระตุ้นด้วยวัตถุหรือสื่อจากสิ่งแวดล้อม แล้วนักเรียนรวมความคิดรวบยอดใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่ ถ้าความรู้ใหม่ที่รับเข้ามาไม่สอดคล้องกับความรู้เดิมที่มีอยู่ นักเรียนก็จะเกิดภาวะไม่สมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อมีสิ่งไม่คาดฝันเกิดขึ้นในชีวิต สถานะนี้มีวิธีแก้ไขอยู่ 2 ทาง คือ คนอื่นอาจจะช่วยเราแก้ปัญหาโดยการให้ข้อมูลเพิ่มเติม หรือเราอาจจะหาข้อมูลเพิ่มเติมจากสื่อที่มีอยู่เพื่อแก้ปัญหา สถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดฝันด้วยตนเอง เพียเจต์เรียกกระบวนการนี้ว่า การปรับให้เหมาะ (Accommodation) ซึ่งเป็นการปรับความรู้ที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับประสบการณ์ใหม่ หลังจากกระบวนการนี้นักเรียนจะเข้าสู่ภาวะสมดุลทางปัญญา (Equilibrium) อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายของการปรับเปลี่ยนมโนคติ

เพียเจต์ (Piaget. 1964 อ้างถึงใน Bulunuz, N. 2006: 27) กล่าวว่า กระบวนการพัฒนาสติปัญญาของบุคคลขึ้นอยู่กับ 4 ปัจจัยที่แตกต่างกัน คือ 1) วุฒิภาวะ 2) ประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปธรรม 3) การถ่ายทอดทางสังคม และ 4) การปรับสมดุล โดยเขาเชื่อว่าความเป็นผู้ใหญ่่นั้นมีความสำคัญและจำเป็น การปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนมักจะต้องการสิ่งที่เป็นรูปธรรมในการเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่ๆ เพียเจต์ยังเห็นคุณค่าของการถ่ายทอดทางสังคม เช่น พ่อแม่ เพื่อน และครู ว่ามีความสำคัญต่อการเรียนรู้ความคิดรวบยอด และทฤษฎีใหม่ๆ ในขณะที่การปรับสมดุลเป็นกระบวนการที่รวมทั้งสามปัจจัยเข้าด้วยกัน

2.2 ทฤษฎีตรรกนิยมเชิงสังคม (Social Constructivism Theory)

ไวโกตสกี (Vygotsky. 1978: 85) ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาชาวรัสเซีย กล่าวว่า จากการเล่นชุกชนตามประสาเด็ก เด็กได้เริ่มสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ก่อนที่พวกเขาจะเข้าสู่โรงเรียน เด็กส่วนใหญ่เริ่มต้นจากการจำแนกประเภท การแบ่งพวก และการนับจำนวน ก่อนที่พวกเขาจะเข้าเรียนระดับอนุบาล หรือก่อนระดับประถมศึกษา เพื่อสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เบื้องต้น จากนั้นเมื่อนักเรียนเข้าเรียนระดับประถมศึกษา พวกเขาจะพัฒนาความคิดรวบยอดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยการต่อเติมความคิดรวบยอดที่พวกเขามีอยู่ก่อนเข้าโรงเรียน

ไวโกตสกีได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคล (Zone of proximal development) ไว้ว่า เป็นระยะห่างระหว่างงานที่ยากที่สุดที่นักเรียนสามารถทำได้ด้วยตัวนักเรียนเองกับงานที่ยากที่สุดที่นักเรียนสามารถทำได้เมื่อได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลอื่น (Vygotsky.

1978: 86-87) กล่าวคือ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของตนเองขึ้นได้ ด้วยการรับคำชี้แนะ หรือทำงานร่วมกับผู้ที่มีความชำนาญเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ มากกว่า นอกจากนี้ไวโกตสกี ยังให้ความสำคัญกับระดับพัฒนาการที่แท้จริง (Actual development) ของนักเรียน โดยกล่าวว่าเป็นระดับพัฒนาการของโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียน ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นหลังจากนักเรียนมีกระบวนการทางปัญญาที่สมบูรณ์แล้ว ตัวอย่าง ที่ระดับพัฒนาการหนึ่งนักเรียนสามารถเข้าใจโมเดลใหม่ได้อย่างง่ายดาย แต่ถ้าครูต้องการสอนแนวความคิดใหม่ที่ไม่สอดคล้องกับระดับพัฒนาการที่แท้จริงของนักเรียน นักเรียนก็ไม่สามารถเข้าใจโมเดลพิเศษนี้ได้ นอกเสียจากว่าได้รับการช่วยเหลือที่พิเศษจากผู้ใหญ่หรือเพื่อนๆ อย่างไรก็ตามในปีถัดไปนักเรียนอาจจะเข้าใจความคิดรวบยอดนี้ได้อย่างง่ายดาย แม้จะไม่ได้รับการช่วยเหลือจากผู้อื่น ตามแนวคิดของ ไวโกตสกี การสอนจะต้องนำหน้าระดับพัฒนาการเสมอ ดังที่เขากล่าวไว้ว่า “ระดับพัฒนาการไม่ควรอยู่ระดับเดียวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ แต่ระดับพัฒนาการควรจะมาหลังกระบวนการเรียนรู้” (Vygotsky. 1978: 90)

ไวโกตสกี ใช้คำว่า ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding) เพื่อบรรยายการช่วยเหลือของครูและเพื่อนๆ ต่อนักเรียน (Vygotsky. 1978: 86-87) ครูหรือเพื่อนสามารถช่วยนักเรียนให้เรียนโมเดลใหม่ๆ และสร้างความเข้าใจของตนเองจากการได้รับข้อมูลเพิ่มเติม แต่ถ้าการช่วยเหลือนั้นไม่เหมาะสมกับระดับพัฒนาการที่แท้จริงของนักเรียน การเรียนรู้ก็จะไม่เกิดขึ้น ไวโกตสกี กล่าวว่า ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social interaction) ระหว่างนักเรียนกับครู และกับเพื่อนๆ จะเป็นตัวช่วยส่งเสริมกระบวนการของฐานช่วยเหลือ สอดคล้องกับ มูนี (Mooney. 2000) ที่กล่าวว่าเด็กเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่จากการถามและตอบคำถาม โดยการเลียนแบบคนอื่น และได้รับการสอนจากผู้ใหญ่ที่บอกนักเรียนว่า จะต้องทำอย่างไร ภาษาเป็นปัจจัยสำคัญที่อธิบายผลของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างเด็กกับสิ่งแวดล้อมของเขา แม้ว่าพัฒนาการทางสติปัญญา (cognitive development) จะเกิดขึ้นก่อนที่เด็กจะพูดได้มาเป็นเวลานาน เด็กก็จะเรียนรู้และพัฒนาความคิดรวบยอดจากวิธีการอื่นๆ

แนวคิดของไวโกตสกีและเพียเจต์มีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกัน และแตกต่างกัน กล่าวคือทั้ง 2 คน เน้นให้ความสำคัญกับการค้นตัวในการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง และเน้นกระบวนการของการเรียนรู้มากกว่าผลที่ได้ ทั้งไวโกตสกีและเพียเจต์ เน้นความสำคัญของการมีปฏิสัมพันธ์ในลักษณะของความเท่าเทียมกัน (Peer) ประสบการณ์ของการเรียนรู้ในโลกแห่งความเป็นจริง เป็นประสบการณ์สำหรับนักเรียน และเป็นความต้องการสำหรับให้ครูใช้เป็นเหตุผลในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน แต่ก็มีมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน คือ เพียเจต์ อธิบายการเรียนรู้ในแง่ของกระบวนการซึ่งเกิดขึ้นภายในตัวของบุคคลว่า เมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมแล้วบุคคลเกิดการการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม การพัฒนากระบวนการทางปัญญาและความคิดของบุคคลเกิดขึ้นได้อย่างไร เพียเจต์เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ ในขณะที่ไวโกตสกีมองการเรียนรู้ว่าเกิดจากการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคมโดย

อาศัยสื่อกลางทางวัฒนธรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น การช่วยเหลือด้วยการชี้แนะและการทำงานร่วมกับผู้ที่มีความชำนาญมากกว่าจะช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ เพียเจต์และไวโกตสกีมีความเห็นที่คล้าย ๆ กันว่าประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักเรียนและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อการพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงต้องคำนึงถึงความพร้อมและประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นสำคัญ

สำหรับแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์และทฤษฎีวัฒนธรรมเชิงสังคมของไวโกตสกีนั้นได้มีนักการศึกษาเสนอแนะไว้พอสรุปได้ ดังนี้

1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้าง นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมสร้างความรู้และความเข้าใจต่อสิ่งที่รับรู้ใหม่อย่างกระตือรือร้น ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายมากกว่าการรับรู้และจดจำความรู้ที่จัดระเบียบไว้แล้ว (ทิสนา แชมมณี. 2548 : 94; Driver & Bell. 1986: 448; Wheatley. 1991: 10; Walker; & Lambert. 1995: 17)

2) การสร้างความรู้นักเรียนจะต้องนำตนเองและควบคุมตนเองในการสร้างตัวแทนหรือแบบจำลองในสมองขึ้นใหม่ด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม มีการประนีประนอมต่อรองความหมายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสร้างความรู้เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ส่งเสริมให้นักเรียนค้นเคยและเรียนรู้วัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์ซึ่งหมายถึงการเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรม การใช้วัฒนธรรมภาษา วัฒนธรรมการรับรู้ การสนทนา การอภิปราย และการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา ตรวจสอบโลกทัศน์และฝึกปฏิบัติแบบวิทยาศาสตร์ (ทิสนา แชมมณี. 2548 : 95; Wheatley. 1991: 13; Walker; & Lambert. 1995: 18)

3) กิจกรรมการเรียนรู้ควรจะทำให้นักเรียนได้รับและเข้าถึงประสบการณ์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนแปลความหมายประสบการณ์ ความรู้ความเข้าใจ และความเชื่อด้วยตนเองเพื่อสร้างความรู้ใหม่ (ทิสนา แชมมณี. 2548: 94; Walker; & Lambert. 1995: 17-18)

4) นักเรียนสร้างความหมายจากประสบการณ์ และจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม โดยบูรณาการข้อมูลและแนวคิดใหม่กับโครงสร้างความรู้เดิม (existing knowledge structures) เมื่อเกิดความไม่สมดุลระหว่างโครงสร้างความรู้เดิมและแนวคิดใหม่นักเรียนจะสังเคราะห์ความเชื่อของตนเองกับความคิดใหม่ ความเชื่อเดิมอาจจะถูกแทนที่หรือสร้างใหม่จากแนวคิดและข้อมูลใหม่ ผลผลิตคือ โครงสร้างความรู้เดิมที่อาจจะมีรายละเอียดเพิ่มเติม มีการเปลี่ยนมโนคติเดิมบางส่วนหรือเกิดมโนคติใหม่แทนที่มโนคติเดิม การเรียนรู้จึงเป็นการเพิ่มเติม ดัดแปลงโครงสร้างความรู้หรือเปลี่ยนมโนคติ (ทิสนา แชมมณี. 2548: 95; Wheatley. 1991: 10; Walker; & Lambert. 1995: 17)

5) การสร้างความหมายเป็นกระบวนการมีส่วนร่วมที่ต่อเนื่อง เริ่มต้นด้วยการสร้างสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐานและปรับเปลี่ยนแนวคิดในขณะที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับปรากฏการณ์และบุคคลอื่น (Driver; & Bell. 1986: 448)

6) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นและไตร่ตรองความรู้ความเข้าใจ (Metacognition) ใช้ทักษะการคิดเพื่อตรวจสอบ ทบทวนและประเมินสิ่งที่ตนเองเรียนรู้ และเข้าใจ (Driver; & Bell. 1986: 445; Walker; & Lambert. 1995: 18)

7) ผลผลิตการเรียนรู้เกิดจากการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนเพื่อสร้างความหมายตามคุณค่าและความเชื่อของนักเรียน ดังนั้น ผลผลิตการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงแตกต่างกันไปตามความสามารถ ความสนใจ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน (ทศนา เขมมณี. 2548: 95; Driver; & Bell. 1986: 445; Walker; & Lambert. 1995: 19)

3. การสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry Method)

การสอนแบบสืบเสาะเป็นวิธีการสอนที่เน้นบทบาทของนักเรียนเป็นสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ตามแนวคิดสรคณิคม และเป็นวิธีสอนที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะ

นักการศึกษาให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry Method) ไว้แตกต่างกัน ดังนี้
เฮอรอน (Herron. 1971: 171-181) ให้ความหมายว่า เป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีเงื่อนไขหรือกำหนดให้นักเรียนต้องรับรู้และกำหนดปัญหาซักถามเกี่ยวกับปัญหาเพื่อติดตามหาคำตอบ และรับรู้คำตอบของปัญหาดังกล่าว จะเป็นทั้งผลลัพธ์ที่ได้ และเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาต่อไป

กู๊ด (Good. 1973: 33) ได้ให้คำจำกัดความของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่ามีลักษณะเป็นแบบเดียวกับการสอนโดยวิธีแก้ปัญห (Problem Solving Approach) โดยระบุลักษณะสำคัญคือเป็นการเรียนจากกิจกรรมที่จัดขึ้น และนักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรม

คาริน (Carin. 1993: 86) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการที่เมื่อพบปัญหาแล้วมีการตั้งสมมติฐานหรือหาคำตอบที่เป็นไปได้ทดสอบสมมติฐานนั้นด้วยข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วพยายามที่จะประยุกต์ข้อสรุปนั้นมาเป็นความรู้ใหม่ โดยมีประเด็นหลักอยู่ที่กระบวนการ (process) มากกว่าผลผลิต (product)

แมททิว (Matthews. 1994: 146) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiry learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิธีการหลากหลายในการแสวงหาความรู้ เช่น การอภิปราย การสำรวจ ตรวจสอบ การบรรยาย หรือการได้วาที ครูทำหน้าที่เสนอประเด็นที่จะศึกษา สำรวจ และยอมรับความผิดพลาด ส่งเสริมให้นักเรียนฟัง สร้างความหมายและพัฒนาโน้มน้า กิจกรรมในชั้นเรียน ได้แก่ การทดลอง การสะท้อนความคิดเห็น การสร้างความหมาย และการประเมินซึ่งเป็นวิธีการที่สอดคล้องกับการสอนตามทฤษฎีสรคณิคม

มัวร์และเชอรี (Moore and Cheri. 1994: 212) ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นการเรียนรู้ที่มุ่งมั่นเพื่อแก้ปัญหา โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537: 123) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย

กรมวิชาการ (2544: 36) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะว่าเป็นการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ไขปัญหามุ่งเน้นการค้นคว้าด้วยตนเอง โดยครูตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เอง และสามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาแก้ปัญหาได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 56) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะว่าหมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายวิธีสืบเสาะหาความรู้จะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของการเรียน

ทิตินา แคมมณี (2548: 141) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะว่า เป็นการดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่างๆ แก่นักเรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

อาจสรุปได้ว่าการสอนแบบสืบเสาะ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่น่าสนใจ การวางแผนสืบค้น การทบทวนความรู้ที่มีอยู่เมื่อได้รับหลักฐานใหม่จากการทดลอง ใช้ความคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดเชิงเหตุผล การตรวจสอบคำอธิบายที่เป็นไปได้ ตลอดจนการเผยแพร่ผลการศึกษา เป็นต้น โดยเน้นนักเรียนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก

สำหรับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นกระบวนการหนึ่งของการสืบเสาะทั่วไป (General Inquiry) ที่มุ่งเน้นการหาความรู้-ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ โดยอาศัยความเชื่อ กรอบความคิด และข้อตกลงเบื้องต้นเป็นแนวทางในการศึกษา (Welch. 1981: 53 - 64) ส่วนสำนักงานมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (NSES) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง วิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาธรรมชาติ และเสนอคำอธิบายที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้มาจากการสังเกตของเขา

นอกจากนี้การสืบเสาะยังหมายถึงกิจกรรมต่างๆ ของนักเรียนที่พวกเขาใช้ในการพัฒนาความรู้และความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ของพวกเขาเอง รวมทั้งเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาธรรมชาติอย่างไร (National Research Council. 2000: 23)

3.2 เป้าหมายของการสอนแบบสืบเสาะ

สำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (NSES) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนชั้น ป.5-ม.2 (Grades 5-8) เมื่อผ่านการเรียนแบบสืบเสาะ ไว้ดังนี้ (National Research Council. 2000: 19)

- 1) บ่งชี้ถึงคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
- 2) ออกแบบและปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้
- 3) เลือกใช้เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูล
- 4) พัฒนาคำบรรยาย คำอธิบาย คำทำนาย และแบบจำลองโดยใช้หลักฐานที่มีอยู่
- 5) คิดวิพากษ์วิจารณ์อย่างสมเหตุสมผลเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำอธิบาย
- 6) วิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและทำนายผลได้
- 7) สื่อสารวิธีการและคำอธิบายต่อสมาชิกในห้อง

สำหรับประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนดการสืบเสาะไว้ในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยกำหนดมาตรฐาน ว8.1 ไว้ว่า ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน สำหรับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1- ม.3) ได้มีการกำหนดไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (กรมวิชาการ. 2545: 32-33)

- 1) ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็น หรือ ตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมเชื่อถือได้
- 2) สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆ วิธี
- 3) เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม
- 4) เก็บข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

5) วิเคราะห์ และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุปทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐานและความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

6) สร้างแบบจำลอง (Modeling) หรือ รูปแบบ (Pattern Representation) ที่อธิบายหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

7) สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

8) บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

9) จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และหรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

3.3 ลักษณะสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะ

ในการสอนแบบสืบเสาะมีรูปแบบหรือลักษณะการจัดกิจกรรมที่หลากหลายแตกต่างกันไป เช่น การใช้รูปแบบการสอนแบบแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การใช้รูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามสำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา(NSES) ได้วางหลักการพื้นฐานที่จะต้องคำนึงถึงไว้ดังนี้ (National Research Council. 1996: 31)

1) ปัญหาที่นำมาเสนอในชั้นเรียนเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง มีความหมายต่อนักเรียนและเรียนรู้ได้

2) ข้อมูลพื้นฐานเหมาะสมกับความสนใจ ความสามารถของนักเรียน การจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานอาจจะทำได้โดยการอภิปราย การอ่านสื่อสิ่งพิมพ์ ตำรา หรือการทดลอง

3) สื่อ วัสดุ และอุปกรณ์มีความเหมาะสมและเพียงพอ เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนใช้สื่อ และสามารถเลือกใช้สื่อตามความต้องการของตนเอง

4) การกำหนดคำถามที่แนะแนวทางการสืบเสาะ

5) สมมติฐานเกิดจากการอภิปรายและการใช้คำถาม

6) การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจะต้องอยู่ในสถานะที่มีแรงกดดันน้อย ยอมให้มีการผิดพลาดและทำซ้ำ และให้ความสำคัญกับการบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ

7) การสรุปบทเรียน สรุปผลสุดท้ายจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการอภิปรายผล

นอกจากนี้ คณะกรรมการพัฒนามาตรฐานการสอนวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (National Research Council. 2000: 24-27) ได้แนะนำลักษณะสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะไว้ 5 ประการ ดังนี้

1) นักเรียนตั้งคำถาม-ซักถาม คำถามที่นักเรียนเป็นผู้เริ่มเป็นคำถามเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งมีชีวิต และเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ โดยคำถามจะต้องมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์เสมอ และเป็นคำถามที่มีลักษณะเป็นเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Question) ซึ่งสามารถนำไปสู่การสืบค้นหาคำตอบที่เชื่อถือได้ โดยใช้กระบวนการสังเกต ทดลอง ลักษณะคำถามที่นำไปสู่การค้นหาคำตอบได้แก่ คำถามประเภททำไม (Why) เช่น ทำไมวัตถุจึงต้องตกลงสู่พื้นโลก ทำไมก้อนหินบางชนิดจึงมีผลึกเกิดขึ้น ทำไมหัวใจมนุษย์จึงต้องแบ่งเป็นห้อง เป็นต้น คำถามอีกประเภทได้แก่ “อย่างไร” (How) ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์เชิงหน้าที่หรือเชิงเหตุผล (Causal/ Functional Questions) เช่น แสงมีบทบาทช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างไร ผลึกเกิดขึ้นได้อย่างไร วิตามินซีช่วยลดการเกิดโรคมะเร็งได้อย่างไร โดยทั่วไปคำถามประเภท “ทำไม” จะตอบยาก และนักเรียนส่วนใหญ่ชอบถามคำถามประเภทนี้ ครูวิทยาศาสตร์จะต้องเปลี่ยนคำถาม “ทำไม” ไปสู่คำถาม “อย่างไร” ซึ่งจะนำไปสู่การหาคำตอบที่เชื่อถือได้เหมาะสมกว่า ครูวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความสามารถในการชี้แนะ การวินิจฉัยคำถามต่างๆ ที่นักเรียนถามให้เป็นคำถามที่มีประโยชน์นำไปสู่การสืบเสาะหาคำตอบ คำอธิบายได้ และให้มีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน จนกระทั่งนำไปสู่การลงมือปฏิบัติกิจกรรมหาคำตอบได้

2) นักเรียนเก็บรวบรวมหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างและประเมินคำอธิบาย หรือคำตอบของปัญหาอย่างสมเหตุสมผล เชื่อถือได้ วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างไปจากศาสตร์สาขาอื่นๆ ในการแสวงหาความรู้ก็คือมีการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) สำหรับเป็นพื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์เน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แม่นยำจากการสังเกต ปรากฏการณ์ต่างๆ โดยอาศัยการสังเกต และการวัดจริงตามธรรมชาติ หรือจากห้องปฏิบัติการทดลอง มีการใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพที่เชื่อถือได้ในการเก็บรวบรวมหลักฐานข้อมูลที่มนุษย์ไม่สามารถสัมผัสได้โดยตรง บางครั้งมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ เพื่อวัดเฉพาะตัวแปรที่สนใจศึกษา มีการรวบรวมข้อมูลในช่วงระยะเวลานาน มีการตรวจสอบหลักฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้แล้วโดยการวัดซ้ำ สังเกตซ้ำ เช่นเดียวกันในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการตั้งคำถาม สร้างคำอธิบาย หรือคำตอบของปัญหา จากนั้นนักเรียนจะสังเกตสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แล้วจดบันทึกไว้ บางครั้งมีการใช้เครื่องมือช่วยในการเก็บข้อมูล ครูอาจให้ข้อมูลหลักฐานเพิ่มเติม หรือให้นักเรียนศึกษาเอกสารต่างๆ หลักฐานเหล่านี้นำไปใช้ในการพิสูจน์ตรวจสอบยืนยันหรือปฏิเสธคำตอบคำอธิบายที่สร้างไว้ การเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายสิ่งต่างๆ โดยอาศัยจากการได้ยินจากผู้อื่น จากความเชื่อทางศาสนา ความเชื่อด้านสิ่งนอกเหนือธรรมชาติ หรือจากผู้อื่นๆ ถึงแม้คำอธิบายจากแหล่งเหล่านั้นจะเป็นประโยชน์ แต่ไม่เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากไม่มีหลักฐานที่เชื่อถือได้สนับสนุนนั่นเอง

3) นักเรียนสร้างคำอธิบาย (Explanation) จากหลักฐานข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวม ในการสืบเสาะเน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบาย หรือคำตอบของปัญหา การ

อธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีความสมเหตุสมผล โดยจะต้องมีหลักฐานจากการสังเกต และการทดลองสนับสนุนด้วย ดังนั้นการอธิบายจึงต้องสอดคล้องกับกฎเกณฑ์แห่งหลักฐาน เปิดกว้างสำหรับการวิพากษ์วิจารณ์ และต้องใช้กระบวนการทางสติปัญญา (Cognitive Processes) ที่หลากหลาย และสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดประเภท การวิเคราะห์ การพยากรณ์ การลงข้อสรุป และการใช้กระบวนการทั่วไป ได้แก่ การใช้เหตุผลเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Reasoning) การใช้หลักตรรกศาสตร์

4) นักเรียนประเมิน หรือตรวจสอบคำอธิบาย การประเมิน (Evaluation) ซึ่งอาจนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไข หรือยกเลิกคำอธิบาย เป็นลักษณะเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แตกต่างไปจากการสืบเสาะอื่นๆ ในการประเมินนิยมใช้คำถาม เช่น หลักฐานที่มีอยู่สนับสนุนคำอธิบายที่สร้างหรือไม่ อย่างไร คำอธิบายสามารถตอบคำถาม-ปัญหาได้ครอบคลุมเพียงพอหรือไม่ มีการใช้ความคิดเป็นส่วนตัวหรือไม่ มีคำอธิบายที่สมเหตุสมผลอื่นอีกหรือไม่จากหลักฐานที่มีอยู่ เป็นต้น ในการประเมินดังกล่าวทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบว่าคำอธิบายดังกล่าวมีความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในขณะนั้นมากน้อยเพียงใด

5) นักเรียนรายงานคำอธิบายอย่างสมเหตุสมผล เมื่อนักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายจะต้องรายงานให้ผู้รู้ในแวดวงวิทยาศาสตร์ทราบในลักษณะที่คนอื่นสามารถตรวจสอบได้ โดยจะต้องมีความเชื่อมโยงอย่างสมเหตุสมผลระหว่างคำถาม-ปัญหา กระบวนการ หลักฐานคำอธิบายที่เสนอ และการตรวจสอบคำอธิบายที่เป็นไปได้ การรายงานคำอธิบายลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดการตรวจสอบทบทวนข้อสงสัยต่างๆ และเปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นได้ใช้คำอธิบายนี้สำหรับคำถาม-ปัญหาใหม่ต่อไป

ในการสืบเสาะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างและประเมินคำอธิบาย นักเรียนจะได้มีโอกาสซักถาม ตรวจสอบหลักฐานการให้เหตุผลที่ผิดพลาด ชี้ให้เห็นถึงข้อความที่ไม่มีหลักฐานสนับสนุน ตลอดจนเสนอแนะคำอธิบายอื่นที่เหมาะสมกว่าโดยอาศัยหลักฐานเดิม เป็นต้น การมีส่วนร่วมในการรายงานคำอธิบายช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบการเชื่อมโยงที่สมเหตุสมผลของหลักฐาน และความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่เป็นที่ยอมรับอยู่ขณะนั้น คำอธิบายที่เสนอใหม่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้ง หรือข้อโต้แย้ง โดยใช้หลักฐานจากการสังเกต ทดลองสนับสนุน

3.4 ประเภทของการสอนแบบสืบเสาะ

ทาโฟยาและคณะ (Tafoya et. al. 1980: 43 - 48) ได้แบ่งการสอนแบบสืบเสาะที่อาศัยการทำปฏิบัติการ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) การสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง (Structure Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาให้กับนักเรียน กำหนดขั้นตอนในการทดลอง และการจัดกระทำข้อมูล นักเรียนเป็นผู้แปลความหมายและสรุปด้วยตนเอง

2) การสืบเสาะแบบนำ (Guided Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่ครูกำหนดปัญหาให้ ครูให้คำปรึกษาหารือ หรือแนะนำวิธีการทดลองและการจัดกระทำข้อมูลนักเรียน นักเรียนเป็นผู้แปลความหมาย และสรุปด้วยตนเอง

3) การสืบเสาะแบบเปิดกว้าง (Open Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วิธีการแก้ปัญหา การจัดกระทำข้อมูล ตลอดจนการแปลความหมายข้อมูลและสรุปด้วยตนเอง นักเรียนทำการสืบเสาะคล้ายกับการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์

คารินและซันด์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2544: 58-59 อ้างอิงจาก Carin; & Sun. 1970) ได้แบ่งประเภทของการสอนแบบสืบเสาะ โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้ คือ

แบบที่ 1 การค้นพบแบบผู้นำ (Guided discovery) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง วิธีนี้ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน วิธีนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือไว้เรียบร้อยแล้ว นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลองทำ กิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสืบสอบที่มีคำแนะนำ ปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป

แบบที่ 2 การค้นพบแบบกึ่งนำ (Less guided discovery) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้วางแผน วิธีนี้ครูมีบทบาทลดลงเมื่อเทียบกับวิธีที่ 1 นักเรียนมีบทบาทมากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาแต่ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลองทำ การทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่าวิธีสอนแบบไม่กำหนดแนวทาง

แบบที่ 3 การค้นพบแบบอิสระ (Free discovery) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเองวิธีนี้นักเรียนจะมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งเป็นวิธีที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูล ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลด้วยตนเอง วิธีนี้ให้อิสระกับนักเรียน ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น อาจเรียกว่า วิธีสืบสอบแบบอิสระ

วีรยุทธ วิเชียร โชติ (อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. 2545: 137) ได้แบ่งประเภทของการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) การสืบเสาะแบบทางเดียว (Passive Inquiry) การสอนแบบนี้ผู้สอนจะเป็นผู้ถามนำโดยมีนักเรียนเป็นฝ่ายตอบเป็นส่วนใหญ่แต่ผู้สอนก็จะพยายามกระตุ้นเตือนให้นักเรียนได้ตั้งคำถามอยู่เสมอสรุปคือ ผู้สอนจะเป็นผู้ตั้งคำถามร้อยละ 90 นักเรียนจะเป็นผู้ตั้งคำถามร้อยละ 10 การสอนประเภทนี้เหมาะสำหรับการเริ่มสอนแบบสืบสวนสอบสวนเป็นครั้งแรก หรือในช่วง 3 เดือนแรก เพราะนักเรียนในระบบการศึกษาไทยยังไม่คุ้นเคยกับการเป็นผู้ซักถาม

2) การสืบเสาะแบบผสมผสาน (Combined Inquiry) การสอนแบบนี้ทั้งผู้สอนและนักเรียนจะเป็นผู้ถามคำถาม คือผู้สอนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม 50% และนักเรียนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม 50% การสอนชนิดนี้ใช้ในโอกาสที่นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการซักถามผู้สอนมากขึ้น ซึ่งจะเป็นช่วงที่ผู้สอนได้ฝึกนักเรียนให้ตั้งคำถามแบบสืบสวนสอบสวนมานานประมาณ 3 เดือน ข้อควรระวังในการส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถาม คือให้นักเรียนคิดก่อนการถามผู้สอนและหลักสำคัญคือ ผู้สอนพยายามไม่ให้คำตอบแต่จะส่งเสริมหรือถามต่อเพื่อให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่

3) การสืบเสาะแบบกระตือรือร้น (Active Inquiry) การสอนแบบนี้นักเรียนจะเป็นผู้ถามและตอบเป็นส่วนใหญ่ ผู้สอนมีหน้าที่แนะแนวหรือเน้นจุดสำคัญที่นักเรียนมองข้ามไปโดยไม่ได้อธิบายอย่างเพียงพอ การสอนชนิดนี้นักเรียนมีความชำนาญในการใช้คำถามแบบสืบสวนสอบสวนแล้วนักเรียนจึงสามารถตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่

กล่าวโดยสรุปแล้วการสอนแบบสืบเสาะที่ใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ การสอนแบบสืบเสาะที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญ การสอนแบบสืบเสาะที่ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน และการสอนแบบสืบเสาะที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญ

3.5 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ

นักการศึกษาได้ใช้ลักษณะที่สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะและความหมายของการสอนแบบสืบเสาะแต่ละประเภท มาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอน (Teaching Model) ที่มีขั้นตอนแตกต่างกันมากมาย ดังนี้

ซุคแมน (Suchman, 1966: 90-113) ได้แบ่งขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขันเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ ผู้สอนจัดสร้างสถานการณ์ที่จะให้นักเรียนเผชิญเพื่อเป็นการกระตุ้นการสืบเสาะ อาจเป็นคำพูด คำถาม กิจกรรม หรือเป็นการทดลองก็ได้
- 2) ขันคิดค้นสืบเสาะ ขันนี้อาจใช้คำถาม คำตอบติดต่อกันไปหรือทำการทดลองใหม่ ศึกษาข้อมูลใหม่ หรือผสมผสานวิธีการต่างๆ เข้าด้วยกัน

3) ขั้นสรุปความคิดที่ค้นพบใหม่ เป็นการสรุปหรือขยายหรือสร้างความคิดรวบยอดขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นความรู้ที่พบขั้นสุดท้าย

สวัตศ์ นิยมคำ (2531: 125) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะที่มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ครูกำหนดปัญหา
- 2) เสนอแนะวิธีเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3) ให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูล
- 4) เมื่อรวบรวมข้อมูลเสร็จแล้ว นักเรียนจัดกระทำข้อมูลโดยใช้ตารางหรือกราฟตามที่ครู

บอก

5) ตั้งคำถามที่ต้องการไว้ แล้วให้นักเรียนตอบโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้น

6) ให้นักเรียนสรุปคำตอบของปัญหา แล้วอภิปรายหน้าชั้นเรียน

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530: 124-125) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ ที่แบ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและการตั้งสมมติฐาน (Orientation and Hypothesis) ปัญหาคือสิ่งที่ต้องศึกษาเพื่อให้ได้คำตอบ เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่ต้องจัดสถานการณ์ กิจกรรมหรือเงื่อนไขที่ทำให้เกิดปัญหาข้อขัดใจ (Conceptual Conflicts) ขึ้นในตัวนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนสืบเสาะต่อไปว่าจะอะไรคือปัญหา หรือปัญหานั้นจะอธิบายว่าอย่างไร ในขั้นนี้ต้องให้นักเรียนคิดพิจารณาหรือใช้ทักษะการสังเกตพิจารณาสภาพของปัญหา เพื่อให้นักเรียนรู้จักการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาในเบื้องต้น

2) ขั้นสำรวจค้นคว้าหรือขั้นปฏิบัติการ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องค้นหาเหตุผล หาข้อมูล เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้วิธีการหลายวิธีรวมทั้งการสอบถามจากผู้สอนด้วย ครูต้องไม่ตอบปัญหาหรือบรรยายให้ฟัง หากจำเป็นต้องตอบปัญหาโดยไม่มีทางเลือกให้ใช้วิธีรูกคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3) ขั้นอภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion) เมื่อรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ ค้นคว้าหรือปฏิบัติการแล้ว ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายถึงผลที่ได้เพื่อโยงไปสู่สมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าเป็นความจริงมากน้อยเพียงใด หากสมมติฐานนั้นเป็นจริงก็ให้สรุปเป็นหลักการต่อไป

4) ขั้นการนำไปใช้ (Application) เมื่อสรุปเป็นมโนคติหรือหลักการต่างๆแล้วผู้สอนจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดว่าสิ่งที่สืบเสาะได้นั้นจะนำไปใช้อย่างไร หรือนำไปผสมผสานกับความรู้อื่นๆ ที่ได้เรียนมาแล้วให้เป็นโครงสร้างของความรู้ใหม่ได้อย่างไร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอการสอนแบบสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างความรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีสรณนิคม ไว้ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2545 : 146-148)

1) **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากเรื่องที่สงสัย จากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้อแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2) **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ ศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วให้มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3) **ขั้นอธิบายและสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอต่อการสำรวจตรวจสอบ แล้ว จึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทางเช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากแสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5) **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

การนำความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหา หลักการ และทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

นอกจากนี้ สำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (NSES) ได้เสนอรูปแบบการสอนที่สอดคล้องกับลักษณะที่สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (National Research Council, 2000: 35)

- 1) นักเรียนถูกกระตุ้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่นักเรียนรู้อยู่แล้ว สร้างความขัดแย้งกับความเชื่อเดิมของนักเรียน และเสริมแรงให้นักเรียนค้นหาคำตอบ
- 2) นักเรียนสำรวจแนวความคิดด้วยการลงมือปฏิบัติ สร้างและทดสอบสมมติฐานแก้ปัญหา และสร้างคำอธิบายสำหรับสิ่งที่นักเรียนสังเกต
- 3) นักเรียนจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล สังเคราะห์แนวคิดของพวกเขาส่งเสริมแบบจำลอง จากนั้นทำความเข้าใจแนวคิดและคำอธิบายให้กระจ่างด้วยการอภิปรายกับครูและสมาชิกในห้อง รวมทั้งตรวจสอบกับแหล่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ
- 4) นักเรียนขยายความเข้าใจของพวกเขามากขึ้น และประยุกต์ใช้สิ่งที่พวกเขาเรียนรู้แล้วไปสู่สถานการณ์ใหม่ๆ
- 5) นักเรียนและครูร่วมกันทบทวนและประเมินสิ่งที่พวกเขาเกิดการเรียนรู้ และวิธีการที่พวกเขาเรียนรู้ปรากฏการณ์ธรรมชาติ

3.6 ลักษณะของครูที่สอนแบบสืบเสาะ

สำหรับลักษณะของครูสอนวิทยาศาสตร์ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะนั้นนักการศึกษาได้เสนอแนะไว้ ดังนี้

สำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (NSES) ได้บรรยายถึงสิ่งที่ครูวิทยาศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่อนุบาล จนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จะต้องทราบและปฏิบัติไว้ 6 ข้อ ดังนี้ (National Research Council, 1996 : 4)

- 1) การวางแผนจัดโปรแกรมการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ
- 2) การปฏิบัติหน้าที่แนะนำและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน
- 3) การประเมินผลการสอนและการเรียนรู้ของนักเรียน
- 4) การจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนวิทยาศาสตร์

5) การสร้างสังคมนักเรียนวิทยาศาสตร์

6) การวางแผนและพัฒนาโปรแกรมวิทยาศาสตร์สำหรับโรงเรียน

เลย์แมน (Layman. 1996: 34-35) ได้กล่าวถึงครูสอนวิทยาศาสตร์ที่สามารถสอนแบบสืบเสาะได้ จะต้องมียุทธศาสตร์ดังต่อไปนี้

- 1) กระตุ้นส่งเสริมและยอมรับความคิดริเริ่มและความเป็นอิสระของนักเรียน
- 2) ใช้ข้อมูลดิบและแหล่งความรู้ปฐมภูมิควบคู่ไปกับการใช้วัสดุที่ส่งเสริมให้มีการลงมือปฏิบัติ และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับอุปกรณ์ และนักเรียนกับนักเรียน
- 3) เมื่อกำหนดงานที่จะต้องปฏิบัติ สามารถใช้กิจกรรมทางสติปัญญาหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การจัดประเภท การวิเคราะห์ การพยากรณ์ ฯลฯ
- 4) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการตอบสนองที่หลากหลายในการทำกิจกรรม เปลี่ยนแปลงยุทธศาสตร์การสอน และปรับเปลี่ยนเนื้อหาได้
- 5) ทำความคุ้นเคยกับความเข้าใจแนวคิดต่างๆ ของนักเรียนก่อนที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นของตนเองในมโนคติต่างๆ เหล่านั้น
- 6) ส่งเสริม กระตุ้นให้นักเรียนเข้าร่วมการสนทนากับครู และเพื่อนนักเรียน
- 7) ส่งเสริม กระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมสืบเสาะ โดยตั้งปัญหา-คำถามปลายเปิดที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด และให้นักเรียนซักถามซึ่งกันและกัน
- 8) ค้นหาและใช้ประโยชน์จากการตอบสนองของนักเรียน
- 9) พัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการเสนอแนวทางที่ขัดแย้งกับสมมติฐานที่เสนอไว้ แล้วนำไปสู่การอภิปรายร่วมกัน
- 10) ให้เวลาสำหรับนักเรียนศึกษาคำตอบหลังจากได้รับคำถามของครู
- 11) ให้เวลาสำหรับนักเรียนในการสร้างความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ตลอดจนสร้างคำอธิบายต่างๆ
- 12) ส่งเสริมและรักษาความอยากรู้อยากเห็นโดยธรรมชาติของนักเรียน

กาลลาฮานและคณะ (Callanhan et al. 1998: 261-262) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- 1) ครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำกับนักเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม
- 2) ครูตั้งคำถามเลือกประเด็นที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและพยายามค้นหาคำตอบ
- 3) ในขณะที่นักเรียนค้นหาคำตอบ ครูควรแนะนำในการค้นหาและช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจน

4) ครูสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมการสร้างข้อคิดเห็น การตั้งข้อสงสัย และการคิดแก้ปัญหา

5) สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานด้วยตนเอง

6) ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเองโดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายในชั้นเรียน และพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดหาคำอธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์

โดยสรุปผู้วิจัยเห็นว่าครูวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจะต้องมีความสามารถในการแนะนำและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ดังนี้

1) เน้นและสนับสนุนให้นักเรียนปฏิบัติการสืบเสาะ ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม
2) กระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์
3) กระตุ้น ท้าทาย สนับสนุนให้นักเรียนยอมรับคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตน

4) ยอมรับและตอบสนองความคิดที่หลากหลายของนักเรียนอย่างมีเหตุผล
5) อำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมอุปกรณ์ ให้คำแนะนำในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

6) เป็นแบบอย่างของการมีทักษะในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีจิตวิทยาศาสตร์ เช่น ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้างยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น ความช่างสงสัย เป็นต้น และกระตุ้นให้นักเรียนมีทักษะและเจตคติดังกล่าว

3.7 ตัวบ่งชี้แสดงถึงการสอนแบบสืบเสาะ

เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้พัฒนาตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงการสอนแบบสืบเสาะที่ดีไว้คล้ายๆ กัน ดังนี้

พิมพันธ์ เฉชะคุปต์ (2544: 58) ได้สรุปตัวบ่งชี้คุณภาพของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1) สร้างสถานการณ์หรือปัญหาให้สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอน โดยกระตุ้น สนทนา สาธิต และใช้อุปกรณ์ประกอบการสอน เพื่อนำไปสู่ประเด็นให้มีการอภิปรายเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน

2) ครูอธิบายวัตถุประสงค์ของเรื่องที่จะศึกษา โดยเฉพาะกรณีที่ครูกำหนดปัญหาและวางแผนการทดลองให้ สำหรับกรณีที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง ครูควรอธิบายวัตถุประสงค์ทั่วไปของเรื่องที่จะศึกษา

3) ครูใช้เทคนิคการถามคำถาม เพื่อให้ได้มีการอภิปรายหาคำตอบที่จะเป็นแนวทางการตั้งสมมติฐานตลอดจนการสรุปผล

4) กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม หรือพยายามเชื่อมโยงคำตอบของนักเรียนไปสู่คำถามใหม่เพื่อช่วยขยายแนวคิด หรือขยายคำตอบเดิมให้ชัดเจนและสมบูรณ์ขึ้น

5) ระหว่างนักเรียนทำการทดลอง ครูควรสังเกตให้ความช่วยเหลือ

6) ครูพยายามกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาหลายวิธี และใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ช่วยในการแก้ปัญหา

7) วิธีการแนะนำของครูในการแก้ปัญหาด้วยนักเรียนเอง เริ่มจากวิธีง่ายไปยังวิธีการที่ซับซ้อนขึ้น

8) การใช้วิธีให้นักเรียนสืบสอบเองนั้นเหมาะสมกับประสบการณ์เดิม และความสามารถของนักเรียน

9) ครูใช้เทคนิคการสอนอื่นๆ เช่น การเสริมแรง การสร้างความสนใจ สื่อการสอน กระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากสืบเสาะหาความรู้

ทิสนา แวมมณี (2548: 141) ได้สรุปตัวบ่งชี้ของการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

1) ผู้สอนมีกระบวนการสอน/กิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเองได้

2) ผู้สอนมีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่นักเรียนสามารถใช้ประกอบการคิดวิเคราะห์ หรือการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องที่เรียน

3) นักเรียนมีการศึกษาค้นคว้าหาความรู้/คำตอบ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ที่เหมาะสม

4) ผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการศึกษาวิเคราะห์ และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวนักเรียน เช่น ทักษะการสืบค้นหาแหล่งความรู้/แหล่งข้อมูล การอ่าน การวิเคราะห์สิ่งที่อ่าน การสังเคราะห์ข้อมูล การสรุปข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การอภิปราย และได้แย้งทางวิชาการ และการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

5) ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งทางด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการสืบสอบความรู้

แอช และคลูเกอร์ (ปิยะรัตน์ คัญทัพ. 2545: 42-43; อ้างอิงจาก Ash and Kluger Bell. 1999) ได้สรุปลักษณะของห้องเรียนที่มีลักษณะส่งเสริมให้เกิดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะว่าต้องประกอบด้วยตัวบ่งชี้ (Indicators) ที่สำคัญ 3 ด้าน คือ ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับ ครู สภาพแวดล้อม และนักเรียน

1) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับครู

1.1) ครูเป็นแบบอย่างที่ดีในกระบวนการสืบเสาะ

1.2) ครูช่วยเหลือนักเรียนในด้านเนื้อหาที่จำเป็นในกระบวนการสืบเสาะ

1.3) ครูมีวิธีการประเมินที่หลากหลาย

1.4) ครูคอยเป็นผู้อำนวยความสะดวกตลอดกระบวนการ

2) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในการเรียน

2.1) ห้องเรียนมีการจัดสถานที่ที่เอื้ออำนวยต่อการทำงานเป็นกลุ่มย่อย และมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการค้นคว้า และมีสถานที่พอเพียงให้นักเรียนได้จัดแสดงสิ่งที่ค้นพบ เพื่อการนำเสนอ

2.2) การจัดการเรียนการสอน เน้นที่การสื่อสารสิ่งที่นักเรียนค้นพบกับเพื่อนร่วมชั้น อาจเป็นการทำงานเป็นคู่ งานกลุ่ม หรืองานทั้งชั้นเรียน ตามความเหมาะสม

2.3) ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ให้ผลป้อนกลับ (Feedback) กับงานของเพื่อน และในขณะเดียวกันก็ยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนร่วมชั้นที่มีต่องานของตนเช่นกัน

3) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับนักเรียน

3.1) นักเรียนเป็นผู้อยากรู้อยากเห็น และสามารถตั้งคำถามที่นำไปสู่กระบวนการสืบเสาะได้

3.2) นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต

3.3) นักเรียนลงมือกระทำการสืบเสาะและค้นคว้าด้วยตนเอง

3.4) นักเรียนมีความพร้อมที่จะสำรวจ ตามแนวความคิดของตนเองอยู่ตลอดเวลา

3.5) นักเรียนสามารถวางแผนการสืบเสาะและลงมือสืบเสาะด้วยตนเอง

3.6) นักเรียนนำเสนอสิ่งที่ค้นพบด้วยวิธีที่หลากหลาย

3.7) นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่ค้นพบ และเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา

3.8) นักเรียนสามารถประเมินการทำงานและผลงานของตนได้

3.8 การประเมินผลการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ

การวัดและประเมินผลระดับชั้นเรียน มีจุดหมายสำคัญ คือ มุ่งหาคำตอบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ คุณธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์ อันเป็นผลเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือไม่/เพียงใด ดังนั้น การวัดและประเมินจึงต้องใช้วิธีการที่หลากหลาย เน้นการปฏิบัติให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน และสามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปในกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยประเมินความประพฤติ พฤติกรรม การเรียน การร่วมกิจกรรม และผลงานจากโครงการหรือแฟ้มสะสมผลงาน ผู้ใช้ผลการประเมินในระดับ ชั้นเรียนที่สำคัญ คือตัวนักเรียน ผู้สอน และพ่อแม่ผู้ปกครอง จำเป็นต้องมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมาย วิธีการ และค้นหาข้อมูลเกณฑ์ต่างๆ ที่จะทำให้อะไรที่สะท้อนให้เห็นภาพสัมฤทธิ์ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะทราบระดับความก้าวหน้า ความสำเร็จของตน

ผู้สอนจะเข้าใจความต้องการของนักเรียนแต่ละคน แต่ละกลุ่มสามารถให้ระดับคะแนนหรือจัดกลุ่มนักเรียน รวมทั้งประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของตนเองได้ ขณะที่พ่อแม่ ผู้ปกครอง จะได้ทราบระดับความสำเร็จของนักเรียน (กรมวิชาการ. 2544: 28-29)

สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเอง จำเป็นต้องมีการวัด-ประเมินผล ความก้าวหน้าของนักเรียนแต่ละคนว่าเกิดสัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้อย่างน้อย 3 ประการเหล่านั้นหรือไม่ คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้และมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมสืบเสาะ และความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะ ซึ่งในการวัดและประเมินผลดังกล่าวไม่สามารถใช้รูปแบบหรือกระบวนการวัด-ประเมินผลแบบเดิมได้เพราะการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ การตอบคำถามสั้นๆ หรือแบบเติมคำเป็นการวัดเฉพาะความรู้เกี่ยวกับความจริง หรือคำศัพท์เท่านั้น ซึ่งแบบทดสอบประเภทนี้วัดเนื้อหาได้ครอบคลุมแต่วัดการคิดเชิงเหตุผลได้เพียงเล็กน้อย หรือวัดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้เพียงผิวเผินเท่านั้น เพราะแบบทดสอบส่วนมากต้องการความสามารถในการจดจำหรือระลึกได้ของสิ่งที่เรียนรู้มากกว่าการวัดการให้เหตุผล และการนำมโนคติ หลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างลึกซึ้ง ยิ่งกว่านั้นรูปแบบการออกข้อสอบดังกล่าวนิยมใช้กันมากในการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทุกโรงเรียนใช้แบบทดสอบแบบปรนัยกันอย่างแพร่หลาย (Rauzen and Kaser. 1989: 718-722)

ดังนั้นในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ควรจะต้องเน้นวัดความสามารถของนักเรียนในการตั้งคำถาม การทำความเข้าใจในคำถาม สร้างคำอธิบาย ออกแบบและทำการทดลอง ใช้ข้อมูลเป็นหลักฐานในการสนับสนุนหรือปฏิเสธคำอธิบายของตนเอง หรืออาจจะกล่าวได้ว่าจะต้องวัด-ประเมินความสามารถของนักเรียนในการประเมินชนิดของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบค้นคำตอบ เข้าใจวัตถุประสงค์ของการสืบเสาะ ประเมินคุณภาพข้อมูล คำอธิบาย และข้อขัดแย้ง-ข้อสนับสนุนต่างๆ

รูปแบบการประเมินทำได้หลายแบบ ตั้งแต่การใช้คำถามในการสอน-เรียน จนถึงการสอบเมื่อเรียนจบบทหนึ่งๆ ผลการประเมินจะได้นำไปใช้ในการวางแผนบทเรียน แนะนำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ การตัดสินใจผลการเรียนตลอดจนการประเมินคุณภาพของหลักสูตรและการสอน ครูวิทยาศาสตร์ ต้องใช้การประเมินแบบปรับปรุง (Formative Evaluation) ซึ่งครูสามารถใช้ได้ทุกโอกาส และใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อจัดประสบการณ์เรียนรู้เฉพาะให้สอดคล้องกับความสนใจและความต้องการของนักเรียน แล้วใช้การประเมินเพื่อตัดสินผล (Summative Evaluation) ซึ่งกระทำเมื่อเรียนจบกิจกรรมการเรียนรู้หนึ่งๆ เพื่อกำหนดผลกระทบที่มีต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้ทราบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด สมควรจะได้ผลการเรียนระดับใด เป็นต้น ในการประเมินนั้นนอกจากให้ครูเป็นผู้ประเมินแล้ว ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วน

ร่วมในการประเมินด้วย เช่น การประเมินความคิดของตนเอง ประเมินผลการปฏิบัติงานของตนเอง การประเมินผลการปฏิบัติงานของเพื่อนสมาชิกในห้อง ฯลฯ

นอกจากนี้ แบล็คและวิลเลียม (ปิยะรัตน์ คัญทัพ. 2545; อ้างอิงจาก Black; & William. 1998) ได้เสนอแนวทางในการประเมินความเข้าใจ ทักษะ และทัศนคติของนักเรียนในระหว่างจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ไว้ดังนี้

1) ประเมินความเข้าใจจากการให้นักเรียนทำกรณีศึกษา (Case study) โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน และให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน และสรุปผลโดยมีหลักฐานประกอบ

2) ประเมินทักษะกระบวนการต่อไปนี้

- 2.1) สังเกต (Observing)
- 2.2) การอธิบาย และตั้งสมมติฐาน (Explaining and hypothesizing)
- 2.3) การทำนาย (Predicting)
- 2.4) การตั้งคำถาม (Raising questions)
- 2.5) การวางแผน และดำเนินการสำรวจ (Planning and conducting investigations)
- 2.6) การตีความหลักฐานต่างๆที่พบ (Interpreting evidence)
- 2.7) การสื่อสารสิ่งที่พบ (Communicating)

3) ประเมินทัศนคติต่อไปนี้

- 3.1) ยอมรับในหลักฐานที่พบ และพยายามหาหลักฐานให้ได้มากที่สุด
- 3.2) มีความยืดหยุ่น เปลี่ยนแปลงความคิดไปตามหลักฐานที่ได้รับ
- 3.3) ยอมรับที่จะทบทวนกระบวนการทั้งหมดเพื่อหาข้อผิดพลาดใดๆ

3.9 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะ

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะ

นักการศึกษาได้เสนอแนะข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะไว้คล้ายคลึงกัน 6 ประการ ดังนี้

1) ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านสติปัญญา เนื่องจากการเรียนแบบสืบเสาะนักเรียนต้องเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน (Bruner. 1961: 30) ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยากเห็นตลอดเวลา (สุโขทัยธรรมาราช. 2526: 53-54; ภพ เลหาไพบุลย์. 2537: 126) สอดคล้องกับ ขอบบ กีนาวงศ์ (2533: 37-38) ที่กล่าวว่าวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ช่วยฝึกให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอันเป็นการส่งเสริมความสามารถทางด้านสติปัญญาของนักเรียน เพราะพัฒนาการทางด้านสติปัญญาจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อนักเรียนมีโอกาสคิดด้วยตนเอง ไม่ใช่ฟังแต่ครูบอกเพียงอย่างเดียว

2) ส่งเสริมการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายใน เนื่องจากนักเรียนจะมุ่งอยู่ที่ความสำเร็จของการแก้ปัญหา จนกระทั่งได้รับความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ไม่คำนึงถึงเรื่องราววัลและการลงโทษ สามารถพัฒนาความมีวินัยในตนเองได้ (Bruner. 1961: 30) นอกจากนี้การที่นักเรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง นักเรียนจึงมีแรงจูงใจที่กระหายอยากรู้ อยากเรียนตลอดเวลา (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2526: 53-54, ขอบ กินาวงศ์. 2533: 37-38)

3) เป็นการเรียนรู้ยุทธศาสตร์ในการเรียน เนื่องจากการเรียนแบบสืบเสาะนักเรียนจะได้รับการฝึกฝนวิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนการใช้ความพยายามในด้านการค้นพบความรู้ ยุทธวิธีในการสืบเสาะที่ใช้กันมาก ได้แก่ กระบวนการใช้คำถาม กระบวนการจัดกระทำข้อมูล ซึ่งรวมถึงการบันทึกการวิเคราะห์ การประเมินผล และการปรับปรุงแก้ไข (Bruner. 1961: 30) การที่นักเรียนมีโอกาสคิดและกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2526: 53-54) สอดคล้องกับขอบ กินาวงศ์ (2533: 37-38) ที่กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นการฝึกทักษะในกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนได้มีโอกาสฝึกฝนกระบวนการตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทดลอง การทดลองพิสูจน์และสรุปผลเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง

4) ส่งเสริมการจดจำความรู้ เนื่องจากการเรียนแบบสืบเสาะนั้นเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายสิ่งที่เรียนรู้จะถูกเก็บไว้ และสามารถเรียกมาใช้ได้ตลอดเวลา ความรู้จึงคงทนไม่ถูกลืม (Bruner. 1961: 30) และถ่ายโยงความรู้ได้ดี (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2526: 53-54) การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและค้นคว้าด้วยตนเองจะทำให้เราเข้าใจลึกซึ้งและจำได้นานกว่าเนื้อหาวิชาที่เราเรียนรู้จากการบรรยายหรือคำบอกเล่าของครูแต่เพียงอย่างเดียว (ขอบ กินาวงศ์. 2533: 37-38)

5) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2526: 53-54; ภพ เลหาไพบูลย์. 2537: 126)

6) นักเรียนจะเป็นผู้มีโอกาสที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2526: 53-54; ภพ เลหาไพบูลย์. 2537: 126)

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะ

นักการศึกษาได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะอันเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ด้านเวลา การสอนแบบสืบเสาะต้องใช้เวลามากในการเตรียมวัสดุอุปกรณ์การสอน และการจัดกิจกรรมเรียนรู้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนเนื้อหาได้ทันตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151; สุโขทัยธรรมมาธิราช. 2526: 53-54, ขอบ กินาวงศ์. 2533: 37-38; ภพ เลหาไพบูลย์. 2537: 126)

2) ด้านพื้นฐานการอ่านของนักเรียน นักเรียนที่มีความสามารถในการอ่านต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ นักเรียนจะไม่สามารถสืบเสาะจากการอ่านหนังสือและตำรา เพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาด้วยตนเองได้ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151)

3) ด้านความเสี่ยง การสอนสืบเสาะอาจทำให้ผู้บริหารเข้าใจว่า ครูไม่ได้สอนนักเรียน เนื่องจากในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม จะมีความไม่เป็นระเบียบ นักเรียนเดินไป – มาในห้องเรียน พูดคุยกันตลอดเวลา นอกจากนี้ ผู้บริหารยังไม่แน่ใจว่าเมื่อสอนจบแล้ว นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่กำหนดหรือไม่ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151)

4) ด้านรูปแบบการจัดชั้นเรียน เนื่องจากโรงเรียนนิยมจัดนักเรียนเก่งไว้ในห้องเดียวกัน และจัดเด็กอ่อนและเด็กปานกลางคละกัน ทำให้เด็กที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลางและอ่อนเรียนแบบสืบเสาะไม่ค่อยได้ผล (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151) สอดคล้องกับ ขอบ กินาวส์ (2533: 37-38) ที่กล่าวว่า การสอนโดยวิธีสืบเสาะจะได้ผลดีกับเด็กเก่งเท่านั้น ส่วนเด็กอ่อนจะประสบกับความยุ่งยากและในที่สุดเขาจะละทิ้งงานนั้น แต่ครูอาจจะแก้ไขได้โดยวิธีการสอนแบบครูช่วยแนะมากขึ้น โดยการเตรียมกิจกรรมสำเร็จรูปไว้ให้นักเรียนเลือกตามความสามารถ

5) ด้านวุฒิภาวะของนักเรียน นักเรียนส่วนมากขาดวุฒิภาวะ ขาดวินัยในตนเอง ขาดความรับผิดชอบ ทำให้เสียเวลากว่าที่จะเรียนจบในแต่ละครั้ง จึงไม่สามารถทำกิจกรรมแล้วเสร็จในเวลาที่กำหนดได้ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson 1986: 151) นอกจากนี้ นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาค่อนข้างต่ำหรือได้รับแรงกระตุ้นไม่มากพอจะไม่สามารถเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ได้ หากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ชวนสงสัยหรือไม่น่าสนใจจะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและไม่อยากเรียนด้วยวิธีนี้ (สุโขทัยธรรมาธิราช. 2526: 53-54; กพ เลขาไพบูลย์. 2537: 126) เช่นเดียวกับ ขอบ กินาวส์ (2533: 37-38) ที่กล่าวว่า การสอนโดยวิธีสืบเสาะยังไม่เหมาะกับเด็กที่มีวัยต่ำกว่า 9 ขวบ เพราะความสามารถทางสติปัญญาของเขายังไม่ถึงระดับที่จะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงๆ ที่ยุ่งยากซับซ้อนได้

6) ด้านการเรียงลำดับเนื้อหา ตำราที่สอนแบบสืบเสาะ กำหนดลำดับของกิจกรรมไว้ตายตัวไม่สามารถสอนข้ามกิจกรรมได้ เนื่องจากกิจกรรมแรก ๆ เป็นพื้นฐานของความเข้าใจในกิจกรรมถัดมา (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151) ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาวิชา อาจจะทำให้ให้นักเรียนไม่อาจจะศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้กว้างเท่าที่ควร (สุโขทัยธรรมาธิราช. 2526: 53-54) นอกจากนี้เนื้อหาวิชาบางอย่างไม่เหมาะสมที่จะใช้วิธีการสอนแบบนี้ (ขอบ กินาวส์. 2533: 37-38)

7) ด้านความเคยชินของครู ครูส่วนมากมีความเคยชินกับการสอนที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางทางการเรียน โดยการบรรยายให้อ่านหนังสือ การสาธิต หรือมอบหมายงานให้ทำ ครูไม่ยอม

เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอน (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151) และถ้าครูควบคุมพฤติกรรมในห้องเรียนของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้ให้นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะด้วยตนเอง (สุโขทัยธรรมาราช. 2526: 53-54, กพ เลขาไพฑูรย์. 2537: 126)

8) ด้านความอึดอัดใจ ครูส่วนมากมีความไม่สบายใจที่ไม่สามารถมีบทบาทในการควบคุมดูแลนักเรียนได้ตามปกติ เนื่องจากการสืบเสาะต้องการให้นักเรียนมีวินัยในตนเอง มีความรับผิดชอบในการเรียน และในขณะเดียวกันก็มีนักเรียนจำนวนมากไม่ชอบเรียนวิธีนี้ กลัวจะมีความรู้ไม่เพียงพอที่จะไปสอบเรียนต่อ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151)

9) ด้านค่าใช้จ่าย การสอบแบบสืบเสาะ ต้องให้งบประมาณมากในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์แต่โรงเรียนส่วนมากมีงบประมาณในการจัดซื้อไม่เพียงพอ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson. 1986: 151)

นอกจากนี้ ยังพบว่าครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะ 5 ประการ ดังนี้ (National Research Council. 2000: 35-37)

1) เนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องสามารถสอนแบบสืบเสาะได้ ซึ่งไม่เป็นความจริง การสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้รูปแบบการสอนหรือยุทธวิธีการสอนที่หลากหลาย ไม่มีทางเป็นไปได้ที่จะสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทุกเรื่องด้วยการสอนแบบสืบเสาะ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการอย่างเดียวยกเวลา ไม่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพหรืออย่างมีความหมายได้ หรือเกิดการเรียนรู้ได้ทุกชนิดตามที่ต้องการ และทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนได้

2) การสืบเสาะที่แท้จริงเกิดขึ้นได้เมื่อนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือคำถาม และทำการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองเท่านั้น ในการสืบเสาะนั้นมีหลายระดับ การเกิดปัญหาหรือการตั้งคำถามสามารถทำได้ทั้งแบบครูเป็นผู้กำหนดให้ หรือนักเรียนเป็นผู้กำหนดขึ้นมาเอง การจะกำหนดปัญหาหรือตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบค้นคำตอบได้ จะต้องได้รับการฝึกฝนการตั้งคำถามมาก่อน แต่ถ้าครูใช้การสอนแบบบรรยายหรือการสอนที่บอกความรู้ให้กับนักเรียน นักเรียนจะขาดโอกาสในการฝึกทักษะการตั้งคำถาม และขาดโอกาสในการสืบค้นคำตอบของปัญหา ดังนั้น ครูวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นแบบอย่างในการใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา เมื่อนักเรียนมีทักษะมากขึ้นก็จะสามารถสร้างคำถามหรือกำหนดปัญหาได้ด้วยตนเอง และดำเนินการทำกิจกรรมเพื่อค้นหาคำตอบดังกล่าวได้

3) การสอนแบบสืบเสาะเกิดขึ้นได้อย่างง่าย ๆ โดยใช้ชุดการสอนที่กำหนดรูปแบบการสืบเสาะไว้แล้ว เนื่องจากการสืบเสาะตามชุดการสอน จะทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการคิด การใช้เหตุผลที่ถูกต้อง ได้ความรู้ที่ถูกต้อง ทำให้เกิดการเรียนเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม

รูปแบบการสอนที่ดีที่สุดที่กำหนดให้นักเรียนสืบเสาะ ไม่มีหลักประกันว่าเมื่อเรียนแล้วนักเรียนจะได้ทำการสืบเสาะที่สมบูรณ์หรือทำให้นักเรียนได้ผลการเรียนรู้ตามที่คาดหวังไว้ อันที่จริงแล้วครูที่มีทักษะในการสอนแบบสืบเสาะยังเป็นบุคคลสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะอย่างมีประสิทธิภาพ ให้เหมาะสมสอดคล้องกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน

4) เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง จะทำให้เกิดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะในความเป็นจริงการเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมหรือทำปฏิกิริยานั้น บางกิจกรรมเป็นการปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบหรือพิสูจน์ยืนยันสิ่งที่ทราบมาก่อนแล้วจากการสอนหรือการอ่านตำรา ทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกการใช้ความคิด การให้เหตุผล ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะ

5) การเรียนการสอนแบบสืบเสาะไม่จำเป็นต้องใส่ใจกับเนื้อหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในทศวรรษที่ 60 ซึ่งเป็นยุคที่เน้นการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะทางสติปัญญา โดยเชื่อว่าเมื่อนักเรียนมีทักษะดังกล่าวแล้วก็สามารถสร้าง “ความรู้” ได้เองหรือแม้แต่ในปัจจุบันก็ยังมึนกับการศึกษาจำนวนไม่น้อยเชื่อว่าถ้านักเรียน เรียนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถใช้กระบวนการเหล่านี้สร้างความรู้ทุกอย่างได้ แต่ทฤษฎีสรรคณิคมระบุว่านักเรียนจะต้องมีกรอบความรู้ ความคิด ความเชื่อ ข้อตกลงเบื้องต้นที่มีอยู่ก่อนแล้วเป็นสิ่งที่ชี้นำให้เกิดปัญหา อันจะนำไปสู่การสืบเสาะ และเกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่

4. สื่อการสอน

4.1 ความหมายของสื่อการสอน

นักวิชาการและนักเทคโนโลยีการศึกษา ได้ให้ความหมายของ “สื่อการสอน” ไว้หลายท่าน พอสรุปได้ ดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526: 141) ให้ความหมายคำว่า สื่อการสอน หมายถึง บุคคล วัสดุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนได้รับความรู้ ทักษะ ทศนคติ ครู หนังสือ และสิ่งแวดล้อมของโรงเรียนจัดเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น

พิมพ์พรรณ เทพสุมาธานนท์ (2531: 29) ให้ความหมายคำว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสื่อสารของครูกับนักเรียน และทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ผู้สอนวางไว้เป็นอย่างดี

วาสนา ชาวหา (2533: 8) ให้ความหมายคำว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งใดก็ตาม ที่เป็นตัวกลางหรือพาหะ หรือพาหะนำความรู้ไปสู่ผู้เรียน และทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี

กิดานันท์ มะลิทอง (2543: 89) ให้ความหมายคำว่า สื่อการสอน หมายถึง เทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยุ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ฯลฯ ซึ่งบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน สิ่งเหล่านี้เป็นวัสดุทางกายภาพที่นำมาใช้ในเทคโนโลยีการศึกษาเป็นสิ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับผู้สอนส่งไปถึงนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ผู้สอนวางไว้เป็นอย่างดี

ดังนั้นพอสรุปได้ว่าสื่อการสอน หมายถึง วัสดุ เครื่องมือและเทคนิควิธีการที่นำมาใช้เป็นสื่อกลางหรือช่องทางสำหรับสื่อสารความเข้าใจในเรื่องต่างๆ จากครูหรือผู้เชี่ยวชาญไปสู่ผู้เรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ประเภทของสื่อการสอน

สื่อการสอนนั้นมีมากมายและได้พัฒนาให้เกิดขึ้นใหม่อยู่เสมอตามความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงสามารถแบ่งได้หลายประเภท ตามลักษณะและวิธีการใช้ นักวิชาการ และนักเทคโนโลยีทางการศึกษา จำแนกประเภทของสื่อการสอน ดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526: 4) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะรูปร่างของสื่อไว้ 4 ประเภท คือ

- 1) สื่อประเภทเครื่องมือ หมายถึง สื่อที่ได้จากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เช่นเครื่องฉายต่าง ๆ เครื่องเสียง วิทยุและโทรทัศน์ รวมทั้งแผ่นป้าย
- 2) สื่อประเภทวัสดุ หมายถึง สื่อที่ได้จากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เป็นวัสดุที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเช่นแผนที่ แผนภูมิ แผนสถิติ ภาพโฆษณา รูปภาพ แบบจำลอง ของจริงและอื่น ๆ
- 3) สื่อประเภทวิธีการ หมายถึง สื่อประเภทเทคนิค กระบวนการต่าง ๆ เช่น การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ การทดลอง การแสดงละคร และนิทรรศการ เป็นต้น
- 4) สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อประเภทต่างๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือวัสดุและวิธีการมาใช้ร่วมกันอย่างสัมพันธ์กันในลักษณะที่สื่อแต่ละอย่างส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน เช่น บทเรียน โปรแกรม ชุดการสอน การจัดการเรียนการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ เป็นต้น

ฉลองชัย สุวัฒนบุรณ (2541: 56-58) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะทางกายภาพไว้ 6 ประเภท ดังนี้

- 1) ภาพนิ่ง เป็นการบันทึกวัตถุสิ่งของและเหตุการณ์เป็นลักษณะภาพนิ่งไม่มีลักษณะเคลื่อนไหวอาจเป็นภาพประกอบในหนังสือ ภาพประกอบการจัดป้ายนิเทศ เป็นสไลด์ ฟิล์ม หรือแผ่นภาพโปรงใสก็ได้

2) วัสดุประเภทเสียง ได้แก่ การบันทึกเสียงในเทปบันทึกเสียง แผ่นเสียง หรือระบบเสียงในฟิล์มภาพยนตร์ วัสดุอุปกรณ์ประเภทเสียงมีลักษณะเป็นนามธรรมมาก เครื่องเสียงใช้สำหรับการเรียนเป็นรายบุคคล การสอนเป็นกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่ หรือใช้กับวิทยุกระจายเสียง หรือระบบการกระจายเสียงภายในก็ได้

3) ภาพยนตร์และวีดิทัศน์ เป็นภาพที่มีลักษณะการเคลื่อนไหว อาจเป็นภาพสีหรือขาวดำก็ได้ ผลิตจากการแสดงสดหรือใช้เทคนิคงานกราฟิกก็ได้ อาจจะทำให้เห็นลักษณะอาการปกติ หรือช้ากว่าปกติ หรือหยุดภาพชั่วขณะ อาจจะมีการตัดต่อ เพื่อให้เข้าใจเรื่องราวได้ชัดเจน หรือทำให้เรื่องราวน่าสนใจยิ่งขึ้น จะมีเสียงหรือไม่มีเสียงประกอบก็ได้ ที่มีเสียงประกอบจะใช้เสียงธรรมชาติ การบรรยาย การพากย์ประกอบ หรือใช้เสียงประดิษฐ์ประกอบด้วยก็ได้

4) โทรทัศน์ ภาพและเสียง จะปรากฏบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ ภาพจะเป็นรายการสดจากสถานีส่งหรือจากวีดิทัศน์ หรือจากภาพยนตร์ก็ได้ จะเป็นการส่งแบบวงจรปิดหรือการส่งออกอากาศหรือผ่านสัญญาณดาวเทียม โดยมีเครื่องรับโทรทัศน์เปิดชมรายการ

5) ของจริง สถานการณ์จำลองและหุ่นจำลอง สื่อการสอนประเภทนี้ได้แก่บุคคล เหตุการณ์วัตถุสิ่งของ และการสาธิต

6) บทเรียนโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction) บทเรียนโปรแกรม จะเน้นทักษะการสื่อความหมายของนักเรียน เพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการเรียนโดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่มีประสิทธิภาพ บทเรียนแบบโปรแกรมมีหลายรูปแบบ เพราะสามารถใช้สื่อต่างๆ เสนอเนื้อหาหรือข้อสนเทศต่าง ๆ เช่นอาจจะเป็นรูปหนังสือ สไลด์ ฟิล์มสตริป ภาพยนตร์ วีดิทัศน์ เครื่องช่วยสอน และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

4.3 การนำสื่อการสอนไปใช้ในห้องเรียน

การใช้สื่อในระบบการเรียนการสอนก็เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการใช้สื่อการสอนจะได้ผลดีไม่ใช่ว่าจะขึ้นอยู่กับทัศนคติและทักษะของผู้สอนแต่ละคนเท่านั้น แต่การใช้สื่อการเรียนการสอนจะดีเพียงไรจะขึ้นอยู่กับนักเรียนด้วย หลัก 6 ประการเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้สื่อการสอนต่อไปนี้เป็นแนวคิดสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษาและผู้สอนได้เป็นอย่างดี (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533: 88-91)

1) นักเรียนแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะตัว หลักการข้อนี้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนแต่ละคนจะมีสมรรถภาพของการรับรู้และการตอบสนองของตนเองแตกต่างกัน ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ระบบสื่อจึงควรพิจารณาเรื่องต่อไปนี้ด้วย

1.1) ความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน รวมทั้งลักษณะการจัดกลุ่มหรือกิจกรรมการเรียนและอื่น ๆ

1.2) สภาพการจัดการเรียนการสอนควรยืดหยุ่นได้

1.3) ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีส่วนร่วม และได้ตอบสนอง

2) การรับรู้เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ นักเรียนที่มีประสบการณ์ มีความรู้ความเข้าใจและมีมโนทัศน์ในเรื่องต่าง ๆ อย่างกว้างขวางย่อมมีวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่า นอกจากนั้นนักเรียนที่มีความพอใจในสิ่งที่รับรู้ผ่านเข้ามาทางประสาทสัมผัส ย่อมเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการต่าง ๆ ในเรื่องนั้นได้ง่ายกว่า ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้ในสถานการณ์ใด ๆ ก็ตาม จากคำกล่าวนั้นทำให้ทราบว่า การรับรู้กับความคิด และการรับรู้กับเจตคติ มีความประสานกัน หรือกล่าวง่าย ๆ ได้ว่า การรับรู้มีอิทธิพลต่อการคิดและเจตคติในการเรียนรู้

3) นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมในการเรียน หลักการข้อนี้เป็นที่ยอมรับกันอยู่แล้วว่า นักเรียนจะประสบความสำเร็จในการเรียนสูงถ้านักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสื่ออื่น ๆ ในกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย

4) ประสบการณ์การเรียนรู้ต้องเหมาะสมกับนักเรียน ด้วยเหตุที่สื่อการเรียนการสอนเป็นประสบการณ์การเรียนรู้โดยผ่านการรับรู้ สื่อการสอนจึงไม่ใช่แต่เพียงนำเสนอเนื้อหาการเรียนเท่านั้น แต่สื่อยังจะให้ประสบการณ์การเรียนรู้แก่นักเรียนอย่างกว้างขวาง ดังนั้น การจัดสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรจัดให้เหมาะสมกับนักเรียน

5) เทคนิคการสอนและการนำเสนอสื่อต้องเหมาะสม หมายถึง ควรจัดสื่อและระบบการเรียนการสอนให้สัมพันธ์กันกับยุทธศาสตร์ เทคนิคและวิธีการ

6) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนคือ จุดมุ่งหมายการเรียนการสอน หลักการข้อนี้มุ่งเน้นให้ผู้สอนตระหนักอยู่เสมอว่า ในกระบวนการการเรียนการสอนนั้นไม่ได้เพียงแต่ให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจสิ่งที่เรียนมาเท่านั้น แต่กิจกรรมการเรียนการสอนควรมุ่งให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ด้วย ดังนั้นการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอนของผู้สอน จึงควรพิจารณาให้รอบด้านและรอบคอบว่า สื่อนั้นนอกจากจะเป็นพาหนะนำความรู้แล้ว สื่อนั้นได้จูงใจให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ด้านใดหรือไม่ อย่างไร

4.4 การออกแบบสื่อการสอน

จะเห็นว่าการใช้สื่อการเรียนการสอนที่ได้ผลจะต้องพิจารณาในเรื่องสำคัญหลายประการ เช่น นักเรียน จุดมุ่งหมาย กระบวนการเรียนการสอน วิธีการสอนและสื่อ โดย สุภาภรณ์ ยิ่งยวด ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของการออกแบบสื่อการสอนไว้ 7 ประการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้ (สุภาภรณ์ ยิ่งยวด. 2547: 20-21)

1) การวิเคราะห์นักเรียน เป็นการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการออกแบบระบบการใช้สื่อการสอนที่สำคัญได้แก่ การวิเคราะห์พฤติกรรมเบื้องต้นและความต้องการของนักเรียน ดังนั้นการออกแบบระบบการใช้สื่อการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนจะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับนักเรียนอย่างเพียงพอทั้งในด้านข้อมูลเฉพาะทั่วไป เช่น เพศ อายุ ระดับชั้นหรือระดับการศึกษา เจตคติ ระบบสังคมและวัฒนธรรม ฯลฯ และข้อมูลเฉพาะ ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเรียนการสอน เช่น นักเรียนมีประสบการณ์เดิม ทักษะ ความรู้พื้นฐาน และความสามารถในบทเรียนนั้นเพียงใด ตลอดจนพิจารณาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาที่จะเรียน รวมทั้งความต้องการของนักเรียนและอื่น ๆ ที่จำเป็นการวิเคราะห์จะช่วยให้ผู้สอนและนักเทคโนโลยีการศึกษาสามารถตัดสินใจเลือกสื่อและจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

2) การกำหนดจุดมุ่งหมาย เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายการเรียนจากสื่อการเรียนการสอนเมื่อนักเรียนได้เรียนจากระบบสื่อต่างๆ จนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนควรจะมีความรู้ ความสามารถ และเจตคติด้านใดบ้าง จุดมุ่งหมายการเรียนจะช่วยชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบว่าต้องเรียนรู้อะไรบ้าง ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะและเจตคติก็ตาม

3) การกำหนดสื่อการเรียนการสอน การพิจารณาจัดหาสื่อมาเพื่อใช้ประกอบการสอนนั้นอาจดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 ประการดังนี้ คือ การเลือกใช้สื่อที่มีอยู่แล้ว ดัดแปลงจากสื่อวัสดุที่มีอยู่แล้ว และการออกแบบสื่อใหม่

4) กิจกรรมการใช้สื่อการเรียนการสอน จะขึ้นอยู่กับเทคนิคและวิธีการเรียนของนักเรียนกับวิธีสอนที่ออกแบบวางแผนไว้ในระบบการสอน แต่มีสิ่งหนึ่งที่ผู้สอนไม่ควรมองข้ามไปก็คือ การมีส่วนร่วมของนักเรียน การใช้สื่อการเรียนการสอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมหรือได้ลงมือกระทำร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุด

5) การกำหนดพฤติกรรมตอบสนองของนักเรียน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดนั้น นักเรียนจะต้องมีปฏิกิริยาตอบสนองและมีการเสริมแรงสำหรับพฤติกรรมกาตอบสนองที่ถูกต้องอยู่เสมอ การให้นักเรียนได้ตอบสนองต่อสถานการณ์การเรียนอาจทำได้ด้วยวิธีต่างๆ ไปจนถึงวิธีการที่ซับซ้อน เช่น การให้สังเกต ไปจนถึงการให้ทำโครงการหรือออกแบบสิ่งของต่าง ๆ การอภิปราย การทดสอบย่อย การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น

6) การประเมิน การประเมินการเรียนการสอนโดยทั่วไป มักจะเป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนว่านักเรียนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายเพียงใด แต่การประเมินการใช้สื่อการเรียนการสอนควรพิจารณาทั้ง 3 ด้านคือ การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การประเมินสื่อและวิธีใช้ และการประเมินกระบวนการเรียนการสอน

7) การปรับปรุงแก้ไข เป็นการนำผลที่ได้จากการประเมินมาตรวจสอบการใช้สื่อเพื่อปรับปรุงและพัฒนาสื่อการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในเรื่องนี้ผู้สอนจะต้องไม่ลืมว่า ไม่มีระบบการสอนใดที่จะกำหนดได้แน่ชัดว่าเป็นวิธีการและสื่อที่ดีที่สุด

4.5 การประเมินสื่อการสอน

ไชยศ เรื่องสุวรรณ (2533: 126-130) การประเมินสื่อการเรียนการสอนเป็นการพิจารณาประสิทธิภาพและคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน ดังนั้น การประเมินสื่อ จึงเริ่มด้วยการกำหนดปัญหาหรือคำถาม เช่นเดียวกันกับการวิจัย เช่น สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ มีประสิทธิผลเพียงใด จะสามารถปรับปรุงการสอนได้ดีเพียงใด คำนวณในแง่ผลการเรียนรู้หรือไม่ ต้องใช้เวลาในการใช้สื่อมากเพียงใด เป็นต้น การประเมินสื่ออาจทำได้หลายวิธี ที่นิยมกันมี 5 วิธี คือ

1) การประเมินโดยผู้สอน ผู้สอนที่ควรจะได้รับคัดเลือกให้เป็นผู้ประเมินสื่อควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอน เคยได้รับการฝึกอบรมจนมีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับการผลิตและมีประสบการณ์ในการใช้สื่อการเรียนการสอนมาเป็นอย่างดี ผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับสื่อและวิธีสอน อาจจัดเป็นผู้ชำนาญได้

2) การประเมินโดยผู้ชำนาญ ผู้ชำนาญในที่นี้หมายถึงผู้ที่ชำนาญด้านสื่อการเรียนการสอนและมีประสบการณ์ในการประเมินด้วย ผู้ชำนาญอาจเป็นผู้สอน เป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยที่เปิดสอนในสาขาวิชาสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา รวมถึงคณาจารย์ด้านการวัดผลและการประเมินผลที่มีความรู้ความสามารถด้านสื่อการเรียนการสอน เป็นต้น

3) การประเมินโดยคณะกรรมการเฉพาะกิจ คณะกรรมการเฉพาะกิจเพื่อประเมินสื่อการสอนเป็นกลุ่มบุคคลที่หน่วยงานแต่งตั้งขึ้นมาประเมินสื่อ ลักษณะของคณะกรรมการชุดนี้คล้ายคลึงกับกรรมการตรวจรับวัสดุครุภัณฑ์ ซึ่งจะมุ่งประเมินเฉพาะในด้านกายภาพที่กำหนดขึ้นมาก่อนการจัดซื้อ แต่กรรมการประเมินสื่อประเมินคุณลักษณะประสิทธิภาพการใช้ และคุณลักษณะด้านอื่น ๆ ของสื่อการเรียนการสอนด้วย

4) การประเมินโดยนักเรียน นักเรียนเป็นผู้รับรู้และเรียนรู้จากสื่อ ดังนั้นการที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสประเมินสื่อจึงช่วยให้ได้ข้อคิดในการประเมินสื่ออย่างเหมาะสมกับนักเรียน การประเมินสื่อโดยนักเรียนควรจัดทำขึ้นทันทีเมื่อใช้สื่อแล้ว และให้ประเมินเฉพาะตัวสื่อไม่ให้เอาวิธีสอนของผู้สอนเข้ามาเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการประเมินสื่อโดยนักเรียนอาจมีปัญหาอยู่บ้างในแง่ที่นักเรียนอาจมีประสบการณ์น้อย ผู้สอนควรชี้แจงเกณฑ์หรือหัวข้อการประเมินให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะทำการประเมิน

5) การประเมินประสิทธิภาพของสื่อ สื่อที่จะต้องได้รับการประเมินประสิทธิภาพส่วนใหญ่จะเป็นสื่อที่ผลิตขึ้นมาตามหลักการสอนแบบโปรแกรม เช่น บทเรียนโปรแกรมชุดการสอน โมดูล และสไลด์ทัศนูปกรณ์โปรแกรม เป็นต้น การประเมินสื่อวิธีนี้จะต้องคำนึงถึงจุดมุ่งหมายของสื่อการเรียน

การสอน และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังจากที่เรียนจากสื่อ นั้นวิธีการประเมินประสิทธิภาพสื่อ ทำได้ 2 วิธี คือ

5.1) ประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ เช่น การประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรม จะอาศัยเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 (90/90 Standard) โดย 90 ตัวแรก หมายถึงคะแนนรวมของผลทดสอบที่นักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูกโดยนำมารวมเข้าแล้วคิดเป็นร้อยละ ควรได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 และ 90 ตัวหลังหมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อมีนักเรียนทำถูกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 ถ้าข้อใดมีนักเรียนทำได้ต่ำกว่าร้อยละ 90 ต้องปรับปรุงแก้ไขบทเรียนโปรแกรมนั้น แล้วทำการทดลองซ้ำอีกจนกว่าจะได้คะแนนถึงเกณฑ์มาตรฐาน 90/90

สำหรับการประเมินสื่อชุดการสอนนั้น เป็นการตรวจสอบหรือประเมินประสิทธิภาพของชุดการสอนที่นิยมประเมินเป็นชุดการสอนสำหรับกลุ่มกิจกรรม หรือชุดการสอนที่ใช้ในศูนย์การเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 เป็นเกณฑ์ประเมินสำหรับเนื้อหาประเภทความรู้และความจำ และใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 สำหรับเนื้อหาที่เป็นทักษะ

5.2) ประเมินโดยไม่ตั้งเกณฑ์ไว้ล่วงหน้า เป็นการประเมินประสิทธิภาพของสื่อด้วยการเปรียบเทียบผลการสอบของนักเรียนภายหลังจากที่ได้เรียนจากสื่อ นั้นแล้ว (Posttest) ว่าสูงกว่าผลสอบก่อนเรียน (Pretest) อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หากผลการเปรียบเทียบพบว่านักเรียนได้คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ก็แสดงว่าสื่อ นั้นมีประสิทธิภาพ

4.6 ประโยชน์ของสื่อการสอน

กิดานันท์ มะลิทอง (2543: 98) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนทั้งกับนักเรียนและผู้สอน ดังนี้

1) ประโยชน์ต่อนักเรียน

1.1) สื่อเป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ย่างยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.2) สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับนักเรียน ทำให้เกิดความสุขและไม่รู้สึกลำบากในการเรียน

1.3) การใช้สื่อจะทำให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจตรงกันและเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียน

1.4) ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีในระหว่างนักเรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนด้วย

1.5) ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

1.6) ช่วยแก้ปัญหาเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยการจัดให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล

2) ประโยชน์ต่อผู้สอน

2.1) การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสนุกสนานในการสอนมากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2.2) สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

2.3) เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็สื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้ที่น่าสนใจยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม สื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อผู้สอนได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้น ก่อนที่จะนำสื่อแต่ละอย่างไปใช้ ผู้สอนจึงควรจะได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อการสอน ข้อดีและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับตัวสื่อ และการใช้สื่อแต่ละอย่าง ตลอดจนการผลิตและการใช้สื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การจัดกิจกรรมการสอนบรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ที่วางไว้

5. แบบจำลอง (Model)

แบบจำลองจัดว่าเป็นสื่อการสอนประเภทหนึ่ง ที่มีประสิทธิภาพสูงในการช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ถูกต้องและรวดเร็ว จึงทำให้แบบจำลองมีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาทั้งในอดีตและปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง ดังรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไป

5.1 ความสำคัญของแบบจำลอง

นับตั้งแต่สมัยโบราณมาแล้วที่แบบจำลองมีอิทธิพลต่อการทำความเข้าใจและการให้เหตุผลของมนุษย์ เป็นเวลาหลายศตวรรษแล้วที่ผู้คนหลงใหลอยากเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ อยากเข้าใจความสัมพันธ์ของระบบและกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติ และต้องการเข้าใจสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เหล่านั้น ดังนั้นมนุษย์จึงสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ ในปัจจุบันแบบจำลองเป็นสิ่งสำคัญต่อการทำความเข้าใจธรรมชาติของพวกเรา และการทำงานทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับความเห็นของ แคทโลว์ (Cullin, 2004: 1 อ้างอิงจาก Catlow, 2000) ที่กล่าวว่า มนุษย์จำเป็นต้องใช้แบบจำลองในการทำเข้าใจโลกที่ซับซ้อน ซึ่งพวก

เราอาศัยอยู่ เช่นเดียวกับจิงเกลและคอลเลย์ (Cullin. 2004: 2; อ้างอิงจาก Jungele; & Calley. 1985) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ แบบจำลองช่วยในการสร้างคำอธิบาย ช่วยการแปลความหมาย ช่วยในการทำความเข้าใจ ช่วยให้เกิดการค้นพบ และช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สร้างการพยากรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ นักวิทยาศาสตร์เกือบทั้งหมดในปัจจุบันใช้แบบจำลองเพื่อการแสดงแทน (Represent) การทำซ้ำ การทำความเข้าใจ การสังเกต และการทดสอบแนวคิด สมมติฐาน และทฤษฎีของพวกเขา กระบวนการสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมการจินตนาการของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่มีลักษณะเป็นนามธรรม หรือมีความซับซ้อน ในการให้เหตุผลโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้ศึกษาแทนปรากฏการณ์จริงที่บางครั้งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง การเรียนรู้จากแบบจำลองนั้นแบบจำลองจะต้องแสดงลักษณะที่สำคัญของปรากฏการณ์เป้าหมายได้อย่างถูกต้อง (Cullin. 2004: 2; อ้างอิงจาก Schank; & Duncan. 1997)

แบบจำลองนอกจากจะมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์แล้วยังมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้เพราะการเรียนรู้และการสอนวิทยาศาสตร์ไม่สามารถแยกออกจากวิทยาศาสตร์และผลผลิตของวิทยาศาสตร์ ซึ่งก็คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ แม้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะแตกต่างจากการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ และความลึกซึ้งของความรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมากสำหรับการเรียนการสอนในแต่ละระดับ คุณค่าของแบบจำลองและการใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ก็ได้รับความสนใจมากขึ้น ทั้งหมดนี้เป็นเพราะว่าแบบจำลองมักจะถูกใช้ในการสนทนาในชีวิตประจำวัน การเรียน การทดลอง และการทำนาย ดังนั้นการสร้างแบบจำลองและการใช้แบบจำลองจึงเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ (Gilbert; & Ireton. 2003)

แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองแสดงบทบาทสำคัญในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนก็สามารถเรียนรู้คล้ายคลึงกับการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ได้ โดยการเข้าร่วมทำกิจกรรมในลักษณะคล้ายๆ กัน การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจความหมายของการเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Gilbert; & Boulter. 2000: 619) นักเรียนสามารถเรียนรู้วิธีการใช้แบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติให้ดูสมเหตุสมผลด้วยตัวเอง กล่าวโดยสรุปแล้วการสร้างแบบจำลองได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงยุทธวิธีการคิดที่สำคัญได้จัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Wells, Hestenes; & Swackhammer. 1995; Harrison; & Treagust. 2000) สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นเพียงด้านความรู้ นั้นถูกวิจารณ์ว่าวิทยาศาสตร์เป็นเพียงข้อสรุปที่สวยหรู ซึ่งนำเสนอข้อเท็จจริงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่าแสดงให้นักเรียนเห็นถึงกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Loper. 2005: 1; อ้างอิงจาก Schwab. 1962: 24)

สมาคมชาวอเมริกันเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ (AAAS.1993: 267) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการศึกษามากขึ้น มีการแนะนำให้ใช้แบบจำลองเป็นสื่อการสอนประกอบหลักสูตร และควรจะพัฒนาความเข้าใจบทบาทของแบบจำลองในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น นอกจากนี้สำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (NSES) ได้ชี้ให้เห็นถึงคุณค่าของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้หน่วยบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนทุกระดับชั้น (NRC. 1996: 104)

แม้ว่านักการศึกษาจะมีความพยายามสนับสนุนให้มีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แต่ช่องว่างระหว่างการปฏิบัติกับสิ่งที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของหลักสูตรเกี่ยวกับการนำแบบจำลองไปใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างไรกันมาก (Gilbert; & Ireton. 2003) มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าครูไม่สามารถประยุกต์ทฤษฎีไปสู่การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ (Gobert; & Buckley. 2000; Aktan, M.B. 2005) นักวิจัยหลายคนแนะนำว่าการสร้างแบบจำลองควรจะเป็นส่วนแกนของการศึกษาวิทยาศาสตร์เพราะมันเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติและความซับซ้อนของปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Justi; & Gilbert. 2002a, 2002b; Van Driel; & Verloop. 2002) ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาความเข้าใจของพวกเราเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเข้าใจบทบาทของแบบจำลองในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยควบคู่กันไปอย่างสมดุล

5.2 ความหมายของแบบจำลอง

แม้จะพบว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นที่น่าสนใจ แต่ก็ยังมีบางอย่างที่ยังสับสนอยู่ ความสับสนที่สำคัญที่สุดคือการใช้คำว่าแบบจำลองในความหมายต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer model) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) แบบจำลองในสมอง (Mental model) เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนจึงควรจะนิยามคำว่าแบบจำลองให้ชัดเจนก่อนที่จะให้ครุ่นไปออกแบบหลักสูตรและจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลอง เป็นคำมาจากภาษาอังกฤษว่า “Model” ภาษาไทยมีคำแปลหลายคำ เท่าที่ปรากฏก็เช่น ตัวแบบ แบบจำลอง แบบแผน รูปแบบ หุ่นจำลอง รูปหุ่น แบบตุ๊กตา เป็นต้น แต่บางคนก็ใช้ทับศัพท์ว่า โมเดล มีการใช้คำว่าแบบจำลองทั้งในทางศิลปะและวิทยาศาสตร์ ในทางศิลปะแบบจำลองอาจจะเป็นบุคคลหรือรูปปั้น ในทางวิทยาศาสตร์แบบจำลองอาจจะหมายถึงแนวคิด วัตถุ หรือระบบ ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้แตกต่างกัน ดังนี้

เฮสทีเนส (Hestenes. 1987: 441) กล่าวว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนความคิดรวบยอดของสิ่งที่มีอยู่จริง

สมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1990: 168) ได้ให้คำนิยามกว้างๆ ว่า “แบบจำลองของสิ่งต่างๆ คือสิ่งที่เลียนแบบของจริงอย่างง่าย โดยมีการคาดหวังว่าแบบจำลองจะช่วยให้เราเข้าใจของจริงได้ดีขึ้น แบบจำลองอาจจะเป็นอุปกรณ์ แผนการ ภาพวาด สมการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่ภาพในใจ แบบจำลองอาจจะเป็นสิ่งที่มีตัวตน สมการทางคณิตศาสตร์ หรือแนวคิด”

คาเทียร์ (Cartier. 2001: Abstract) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ชุดของแนวคิดที่บรรยายกระบวนการธรรมชาติ และอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ตามความหมายนี้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นทั้งผลผลิตของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และมีประโยชน์ในการนำไปสู่การวิจัยในอนาคต

กิลเบิร์ต และเอริตัน (Gilbert; & Ireton. 2003: 1) กล่าวว่า “แบบจำลองคือระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่แสดงบางด้านของระบบอื่นที่เป็นเป้าหมายของมัน เพื่อการสื่อสาร การเรียนรู้ และการพยากรณ์”

จัสติ และกิลเบิร์ต (Justi; & Gilbert. 2003) กล่าวว่า แบบจำลองคือสิ่งที่ใช้แทนแนวคิด เหตุการณ์ วัตถุ กระบวนการ และอื่นๆ แบบจำลองสามารถใช้ในจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันหลายอย่าง เช่น เพื่อการสร้างสรรค์ เพื่อการทดสอบ เพื่อการทำนาย เพื่อสนับสนุน และเพื่อใช้แทนแนวคิด สุดท้ายแบบจำลองก็จะถูกยอมรับและเชื่อถือจากคนบางคนที่เป็กลุ่มของนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525: 227) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า “แบบจำลอง” หมายถึง ถ่ายแบบ การจำลองจากของจริงหรือแทนของจริง เช่น ท้องฟ้าจำลอง เป็นต้น

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการนำคำว่าแบบจำลองไปใช้ในความหมายที่แตกต่างกันมากมาย เช่น แบบจำลองวัตถุ แบบจำลองระบบ แบบจำลองปรากฏการณ์ แบบจำลองกระบวนการ แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ แบบจำลองในสมอง แบบจำลองทางกายภาพ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้ก็ยังมีลักษณะที่สำคัญเหมือนกัน คือ ใช้แสดงแทนของจริง หรือแสดงบางองค์ประกอบของของจริง เพื่อสะดวกในการศึกษา หรือทำนายปรากฏการณ์ที่เป็นเป้าหมาย

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนิยามแบบจำลองว่าเป็นแบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) ซึ่งเป็นแบบจำลองของสถานการณ์จริง สามารถสัมผัส ยกหรือถือไปยังที่ต่างๆ ได้ แบบจำลองทางกายภาพถูกนำไปใช้ได้หลายบริบทแตกต่างกันเพื่อหมายถึงสิ่งที่ใช้แสดงแทนของบางอย่าง ของสิ่งนั้นอาจจะเป็นวัตถุชิ้นเดียว เช่น รถยนต์ หรือระบบใหญ่ เช่น ระบบสุริยะ แบบจำลองทางกายภาพในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยให้เราเห็นภาพบางอย่างของสิ่งที่แบบจำลองนั้นแสดงแทน นั่นคือแบบจำลองที่แสดงลักษณะทางกายภาพของสิ่งใดก็จะมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกับสิ่งนั้นหรือระบบนั้น หากพิจารณาของเล่นที่อยู่รอบตัวเราก็จะเห็นว่าของเล่นสามารถใช้เป็นแบบจำลองทางกายภาพของสิ่งต่างๆ ในโลกได้ เช่น รถยนต์เด็กเล่นสามารถแสดงองค์ประกอบที่

สำคัญและการเคลื่อนที่ของรถยนต์จริงได้ หรือแบบจำลองทางกายภาพของระบบสุริยะสามารถแสดง แทน ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ทั้ง 8 ดวง ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งการแสดงแบบจำลองของระบบสุริยะนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น ให้นักเรียนปั้นดินน้ำมันแทนดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ หรือ ใช้หลอดไฟแทนดวงอาทิตย์ ลูกโลกจำลองแทนโลก และลูกปิงปองแทนดวงจันทร์

5.3 ลักษณะของแบบจำลองที่ดี

เมเยอร์ (Mayer, 1989: 50) กำหนดไว้ว่าแบบจำลองที่ดีจะต้องมีองค์ประกอบทั้ง 6 ด้านดังต่อไปนี้

- 1) มีความสมบูรณ์ในเชิงโครงสร้าง กล่าวคือ แสดงองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมดของแนวคิดที่ต้องการอธิบายได้
- 2) มีความสอดคล้องและเหมาะสมในระดับของรายละเอียดที่ต้องการอธิบาย
- 3) มีความเหมาะสมของภาษาและรูปแบบการนำเสนอ
- 4) มีความเป็นรูปธรรมในการนำเสนอ เห็นความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบของแบบจำลองอย่างชัดเจน
- 5) ให้คำอธิบายโมเดลที่ชัดเจน และสามารถอธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้
- 6) ชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่แบบจำลองสามารถอธิบายได้ถูกต้อง และข้อจำกัดของแบบจำลอง

แอคตัน (Aktan, M. B. 2005: 11) กล่าวว่าลักษณะทั่วไปของแบบจำลองอาจจะแตกต่างกันบ้างแต่ลักษณะทั่วไปยังคงเหมือนกันทุกแบบจำลอง และได้กำหนดลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

- 1) แบบจำลองมักจะสัมพันธ์กับเป้าหมาย สอดคล้องกับความเป็นจริงตามธรรมชาติ และแบบจำลองมีรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมายของมัน
- 2) แบบจำลองสอดคล้องกับหลักฐาน ซึ่งได้รับการสังเกตปรากฏการณ์โดยตรงและทางอ้อม
- 3) แบบจำลองมีความสมเหตุสมผล และแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของเป้าหมายกับปรากฏการณ์
- 4) แบบจำลองใช้รูปแบบความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (นั่นคือ มีความสมเหตุสมผลและมีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างโครงสร้างของแบบจำลองแต่ละส่วน) ทำหน้าที่แทนสิ่งของ ความคิด ทฤษฎี หรือเลียนแบบของจริง
- 5) แบบจำลองต้องเป็นตัวแทน แบบจำลองสามารถปรับปรุงได้ แบบจำลองอาจจะได้รับการยอมรับหรือถูกละทิ้งก็ได้

คาเทียร์ (Cartier, 2001: 2-5) ได้บรรยายลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ ดังนี้

- 1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นชุดของแนวคิดที่บรรยายกระบวนการทางธรรมชาติ
- 2) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นจากการสังเกตวัตถุและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง
- 3) แบบจำลองต้องสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้
- 4) แบบจำลองต้องมีความสอดคล้องกับผลการสังเกตและหลักการเบื้องต้น
- 5) แบบจำลองมีประโยชน์ในการเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

นอกจากนี้ เสรี ชัดแจ้ง (2538: 51) กล่าวไว้ว่าแบบจำลองที่ดีควรมีคุณลักษณะดังนี้

- 1) แบบจำลองควรประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างตัวแปรมากกว่าที่จะเน้นความสัมพันธ์แบบรวมๆ
- 2) แบบจำลองควรนำไปสู่การทำนายผลที่ตามมา ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยเมื่อทดสอบแบบจำลองแล้ว ถ้าปรากฏว่าแบบจำลองไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แบบจำลองนั้นก็ต้องถูกยกเลิกไป
- 3) แบบจำลองควรอธิบายโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของเรื่องที่ศึกษาได้
- 4) แบบจำลองควรนำไปสู่การสร้างแนวความคิดใหม่ของเรื่องที่ศึกษาได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยผู้วิจัยพบว่า การให้ความเห็นเกี่ยวกับลักษณะของแบบจำลองของแต่ละคนมีความแตกต่างกันบ้าง แต่ทุกแนวคิดก็แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปที่เหมือนกัน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของแบบจำลองที่ดี เพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้

- 1) แบบจำลองต้องสอดคล้องกับข้อมูลจากการสังเกต และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้
- 2) แบบจำลองจะต้องสอดคล้องกับหลักการ กฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์
- 3) แบบจำลองจะต้องมีอำนาจในการทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง
- 4) แบบจำลองจะต้องมีความเรียบง่าย

5.4 เป้าหมายของการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองได้รับความสนใจมากขึ้นในงานวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา โดยเป้าหมายสำคัญของการใช้แบบจำลองพัฒนานักเรียนมีอยู่ 3 ด้านหลักๆ ดังนี้

5.4.1 เป้าหมายด้านมโนคติ (Conceptual Goals)

แบบจำลอง มีประโยชน์มากในการทำความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ท้าทาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ปรากฏการณ์นั้นยากต่อการสังเกต ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะว่าสิ่งที่ศึกษามี

ขนาดเล็กมากๆ เช่น อะตอม หรือสิ่งที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงช้ามากๆ เช่น การคัดเลือกตามธรรมชาติ หรือสิ่งที่ศึกษามีขนาดใหญ่มากๆ เช่น ระบบสุริยะ เป็นต้น สอดคล้องกับ ไวท์ (White. 1993b.) ที่กล่าวว่าแบบจำลองเป็นสะพานเชื่อมที่สำคัญระหว่างสิ่งที่เป็รูปธรรมกับสิ่งที่เป็รนามธรรม เรียกว่าการสอนแบบจำลอง (Teaching Models) ซึ่งไม่เพียงแต่ใช้กับปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ แต่ยังใช้ได้กับสิ่งอื่นที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แบบจำลองสามารถที่จะได้รับการออกแบบให้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ หรือเน้นให้แสดงเฉพาะบางด้านที่สำคัญของปรากฏการณ์ธรรมชาติก็ได้

5.4.2 เป้าหมายด้านการให้เหตุผล (Reasoning Goals)

นักวิจัยพบว่าการเรียนด้วยการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองช่วยส่งเสริมการคิดของนักเรียน เช่น การคิดอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างมีเหตุผล ความสามารถในการใช้ทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ๆ และการสอนด้วยแบบจำลองสามารถสนับสนุนนักเรียนให้เกิดการคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับธรรมชาติ (Loper. 2005: 5; อ้างอิงจาก Bliss. 1994; Resnick. 1996; White; & Frederiksen. 1998; White; & Schwarz. 1999; Wilensky. 1999)

5.4.3 เป้าหมายด้านญาณวิทยา (Epistemological Goals)

การได้ฝึกฝนการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองอย่างสม่ำเสมอสามารถจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองช่วยให้เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ ไดรเวอร์และคณะ (Driver; et al. 1994: 5) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตจากการสร้างความหมายของมนุษย์ โดยใช้กระบวนการทางสังคมที่เป็นสังคมวิทยาศาสตร์ดำเนินการเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อตกลงร่วมกัน และความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว และมักจะมีการปรับปรุง ไดรเวอร์และคณะกล่าวว่า อุปสรรคที่ฝังแน่นของนักเรียนในการเข้าใจวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการขาดความเข้าใจวิธีการสร้างแบบจำลองและยุทธวิธีการสืบเสาะที่สนับสนุนวิธีการเหล่านี้

อันที่จริงแล้วนักเรียนควรจะเรียนรู้วิธีการพัฒนาและทดสอบแบบจำลองของพวกเขาด้วยตนเอง เช่นเดียวกันกับพัฒนาความประทับใจในบทบาทของแบบจำลองในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ และวิจารณ์เพื่อประเมินแบบจำลองได้ นักเรียนควรจะคุ้นเคยกับวิธีการสร้างและทราบบเป้าหมายของแบบจำลองประเภทต่างๆ ทราบประโยชน์และความสัมพันธ์ของแบบจำลองหนึ่งกับแบบจำลองอื่นๆ (White; & Frederiksen. 1998; Justi; & Gilbert. 2003)

ถ้าเป้าหมายหลักของการศึกษามีเพียงการเรียนรู้โน้มนำ นักเรียนก็อาจจะไม่จำเป็นต้องสามารถสร้างและปรับปรุงแบบจำลอง เพียงแค่แนะนำแบบจำลองไปใช้ก็เพียงพอแล้ว แต่ถ้าเน้นเป้าหมายด้านญาณวิทยาและการให้เหตุผล การสร้างและใช้แบบจำลองก็อาจจะมีความสำคัญในการพัฒนา นักเรียน

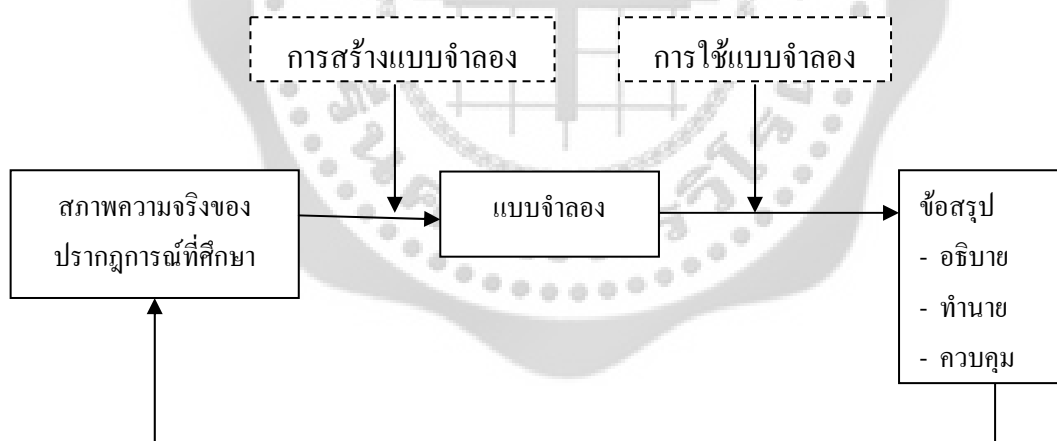
5.5 การสร้างและการทดสอบแบบจำลอง

ในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองนักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองควบคู่กันไป เพื่อพัฒนาความเข้าใจ และสร้างคำอธิบายเป็นของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา

5.5.1 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองก็มีจุดประสงค์เช่นเดียวกับการตั้งสมมติฐานของการวิจัย คือ ใช้เป็นแนวทางในการศึกษา หรือวิจัยในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ดังนั้น การเขียนแบบจำลองจึงต้องวิเคราะห์แนวความคิดหรือทฤษฎีออกมาเป็นองค์ประกอบหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และเขียนโยงองค์ประกอบหรือ ตัวแปรออกมาเป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ โดยองค์ประกอบหรือตัวแปรเหล่านี้อาจได้มาจากการสังเกตการณ์ของผู้ศึกษา การเทียบเคียงตามหลักการของอุปมาอุปไมย ผลการศึกษาวิจัยที่ทำไว้หรือจากทฤษฎีที่มีอยู่แล้วก็ได้

การศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือสังคมเรื่องใดเรื่องหนึ่งเราอาจจะไม่สามารถศึกษาปรากฏการณ์เรื่องนั้นโดยตรงก็ได้ แต่เราศึกษาโดยวิธีการสร้างแบบจำลอง เพื่อหาข้อสรุปที่สามารถนำไปอธิบาย ทำนาย หรือควบคุมปรากฏการณ์ ดังรายละเอียดในภาพประกอบ 2 (เสรี ชัดแจ้ง. 2538 : 54-55; อ้างอิงจาก ทาดาโอะ มียากาวะ)



ภาพประกอบ 2 แสดงการศึกษาปรากฏการณ์โดยวิธีการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองที่ใช้ศึกษาค้นคว้าปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการที่หนึ่ง มีลักษณะสอดคล้องกับสภาพความจริงของปรากฏการณ์ของเรื่องที่ศึกษา และประการที่สอง สามารถนำไปใช้หาข้อสรุปเพื่ออธิบาย ทำนาย หรือควบคุมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง

คุณสมบัติของแบบจำลองทั้ง 2 ประการนี้ มีลักษณะขัดแย้งกันเอง กล่าวคือ ถ้าเราสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพความจริงของปรากฏการณ์มากเท่าใด แบบจำลองก็จะซับซ้อนมากขึ้น ทำให้การนำแบบจำลองไปใช้มีความยุ่งยาก ในทางตรงกันข้ามถ้าเราเน้นความสะดวกในการนำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ ก็ต้องเขียนแบบจำลองให้มีความเรียบง่าย แบบจำลองจึงไม่ค่อยจะสอดคล้องกับสภาพความจริงของปรากฏการณ์มากนัก ทำให้การนำแบบจำลองไปใช้อธิบาย ทำนาย หรือควบคุมปรากฏการณ์เป็นไปอย่างจำกัด ดังนั้นการสร้างแบบจำลองจึงต้องพยายามสร้างให้สอดคล้องกับสภาพความจริงของปรากฏการณ์ให้มากที่สุดและในขณะเดียวกันก็สามารถนำไปใช้หาข้อสรุปเพื่ออธิบาย ทำนาย หรือควบคุมปรากฏการณ์นั้นๆ ให้ได้มากที่สุดด้วย โดยเราอาจเลือกศึกษาเฉพาะองค์ประกอบหรือตัวแปรสำคัญๆ ของปรากฏการณ์นั้น

แบบจำลองคล้ายกับทฤษฎี ที่ส่วนใหญ่สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ค้นพบและถ้าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดีจนเป็นที่ยอมรับแล้วจะเรียกแบบจำลองว่า ทฤษฎี (ธงชัย ชิวปรีชา; และคณะ. 2527: 246) ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าในการสอนวิทยาศาสตร์ทุกครั้งที่มีการสร้างข้อสรุป หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่างๆ และควรเริ่มต้นจากการลองใช้แบบจำลองที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วมาอธิบาย ถ้าอธิบายไม่ได้ก็ลองให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองใหม่ขึ้นมาอธิบาย ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะต้องให้มีความหมายที่กว้างขวางครอบคลุมปรากฏการณ์ของเรื่องที่ศึกษานั้นๆ ซึ่งข้อความดังกล่าวมักจะประกอบด้วยชุดของหลักการ หรือข้อตกลงที่เกี่ยวกับส่วนประกอบหรือพฤติกรรมของธรรมชาติในเรื่องนั้นๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนได้ศึกษาปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน และทราบว่ากลางวันมี 12 ชั่วโมง กลางคืนมี 12 ชั่วโมง เห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก นักเรียนแต่ละคนอาจจะสร้างแบบจำลองอธิบายได้แตกต่างกันไป เช่น ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกรอบละ 24 ชั่วโมง หรือโลกหมุนรอบตัวเองรอบละ 24 ชั่วโมง เป็นต้น จากนั้นเราก็ทดสอบดูว่าแบบจำลองของเราอธิบายปรากฏการณ์ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ต้องปรับปรุงแบบจำลอง ในกรณีที่อธิบายได้ขั้นตอนต่อไปก็ต้องตรวจสอบดูว่าเราสามารถใช่แบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้กว้างขวางเพียงใด เช่น การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การเกิดจันทรุปราคา การเกิดสุริยุปราคา และการเกิดฤดูกาล เป็นต้น ถ้าแบบจำลองนั้นอธิบายไม่ได้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไข หรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่

5.5.2 การทดสอบแบบจำลอง

ขั้นตอนที่สำคัญของการสร้างแบบจำลองก็คือการทดสอบหรือตรวจสอบแบบจำลองนั้นด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงควรมีความชัดเจนและเหมาะสมกับวิธีการทดสอบในทางตรงกันข้ามแบบจำลองก็สามารถใช้อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ด้วย (เสรี ชัดเข้ม. 2538: 56)

การสร้างแบบจำลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการทดสอบแบบจำลอง เป็นกิจกรรมที่ต้องบูรณาการเข้าด้วยกัน เนื่องจากโครงสร้างของแบบจำลองจะเป็นตัวกำหนดวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จะนำไปใช้ทดสอบแบบจำลอง ผลของการทดสอบแบบจำลองย่อมนำไปสู่การยอมรับหรือปฏิเสธแบบจำลองนั้น

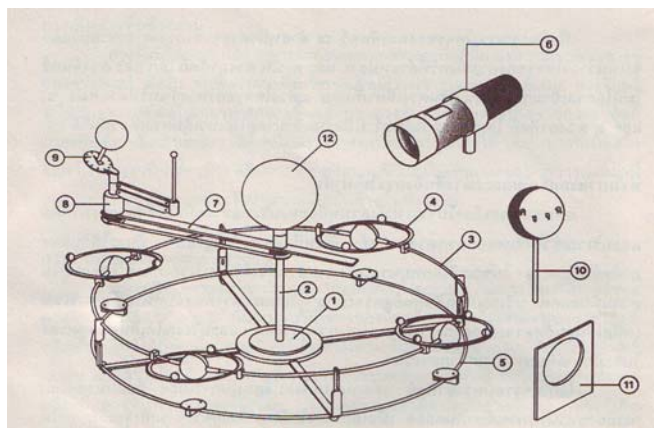
การทดสอบแบบจำลองนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากของการสร้างแบบจำลอง ถ้าไม่มีการทดสอบแบบจำลอง แบบจำลองที่สร้างขึ้นก็ไม่เกิดประโยชน์อะไรมากนัก เพราะเป็นเพียงการพิจารณาความสอดคล้องของแบบจำลองกับสภาพความเป็นจริงของปรากฏการณ์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถพัฒนาแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปสู่การเป็นทฤษฎีได้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนและผู้สอนจะทดสอบแบบจำลองโดยพิจารณาจากองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านของแบบจำลอง คือ ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการอธิบายปรากฏการณ์ ความสอดคล้องกับกฎเกณฑ์อื่นๆ ความสามารถในการทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง และความเรียบง่ายของแบบจำลอง นอกจากนี้ครูต้องแนะนำนักเรียนว่าไม่ควรสร้างแบบจำลองเฉพาะสำหรับปรากฏการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เดิมที่ศึกษามาแล้ว แต่ควรปรับปรุงแบบจำลองเดิมให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้

5.6 แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์

โลกของเรามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12,756 กิโลเมตร ดวงจันทร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3,476 กิโลเมตร อยู่ห่างจากโลก 384,000 กิโลเมตร และดวงอาทิตย์มีขนาด 1,392,000 กิโลเมตร อยู่ห่างจากโลก 149.6 ล้านกิโลเมตร ดังนั้นแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ที่มีมาตราส่วนถูกต้องนั้น ถ้าใช้โลกขนาด 14 เซนติเมตร ดวงจันทร์ควรจะมีขนาด 3.8 เซนติเมตร และ ดวงอาทิตย์มีขนาด 15.27 เมตร โดยดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลก 4.2 เมตร และโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 1.64 กิโลเมตร นอกจากนี้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องนั้น เมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง 27.321 รอบ จะทำให้ดวงจันทร์โคจรรอบโลกครบ 1 รอบ และเมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง 365.25 รอบ จะทำให้โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบ 1 รอบ แต่แบบจำลองที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในโรงเรียนปัจจุบันมีข้อจำกัดหลายอย่าง แตกต่างกันไป ดังนี้

5.6.1 แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของสสวท. ชุด 1 เป็นแบบจำลองที่ออกแบบโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) และผลิตโดยองค์การค่าครูสภา วางขายในท้องตลาดราคาชุดละ 1,000 บาท แบบจำลองชุดนี้ใช้ลูกบอลพลาสติกสีแดงขนาด 12 เซนติเมตร แทนดวงอาทิตย์ ใช้ลูกโลกจำลองขนาด 5 เซนติเมตร แทนโลก ใช้ลูกบอลพลาสติกสีเหลืองขนาด 1.25 เซนติเมตร แทนดวงจันทร์ จะเห็นว่ามาตราส่วนระหว่างโลกกับดวงจันทร์ถูกต้อง แต่มาตราส่วนของดวงอาทิตย์ไม่ถูกต้อง และระยะห่างระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ น้อยกว่า

มาตราส่วนจริงมาก ที่สำคัญโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ไม่ได้เคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของ สสวท. ชุดที่ 1

5.6.2 แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของสสวท. ชุด 2 เป็นแบบจำลองที่ออกแบบโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ใช้สำหรับจัดอบรมให้ความรู้กับครูและนักเรียน แต่ไม่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด แบบจำลองชุดนี้ใช้ไฟฉาย แทนดวงอาทิตย์ ใช้ลูกโลกจำลองขนาด 10 เซนติเมตร แทนโลก ใช้ลูกปิงปองสีเหลืองขนาด 2.5 เซนติเมตร แทนดวงจันทร์ จะเห็นว่ามาตราส่วนระหว่างโลกกับดวงจันทร์ถูกต้อง แต่มาตราส่วนของดวงอาทิตย์ไม่ถูกต้อง และระยะห่างระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ น้อยกว่ามาตราส่วนจริงมาก ถึงแม้ว่าโลกกับดวงจันทร์จะมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน แต่ก็ไม่ได้ถูกต้องตามความเป็นจริง กล่าวคือ ถ้าดวงจันทร์จะโคจรรอบโลกครบ 1 รอบ โลกจะต้องหมุนรอบตัวเอง 30 รอบ (30 วัน) ซึ่งคลาดเคลื่อนไปประมาณ 2.5 วัน/เดือน และโลกก็ไม่ได้โคจรรอบดวงอาทิตย์ในขณะที่หมุนรอบตัวเอง ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของ สสวท. ชุดที่ 2

5.6.3 แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของต่างประเทศ เป็นแบบจำลองที่ประกาศขายในอินเทอร์เน็ต ราคาชุดละ 5,000 บาท แบบจำลองชุดนี้ใช้หลอดไฟแทนดวงอาทิตย์ ใช้ลูกโลกจำลองขนาด 10 เซนติเมตร แทนโลก ใช้ลูกบอลสีขาวขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร แทนดวงจันทร์ จะเห็นว่ามาตราส่วนระหว่างโลกกับดวงจันทร์ไม่ถูกต้อง และระยะห่างระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ น้อยกว่ามาตราส่วนจริงมาก แม้ว่าโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์จะมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง แต่แบบจำลองชุดนี้ใช้สายพานในการขับเคลื่อนให้โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีโอกาสสั่นไถล ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย และแกนของดวงจันทร์สั้นมาก ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งของแบบจำลองชุดนี้คือมีราคาแพง รายละเอียดของแบบจำลองชุดนี้แสดงดังภาพประกอบ 5

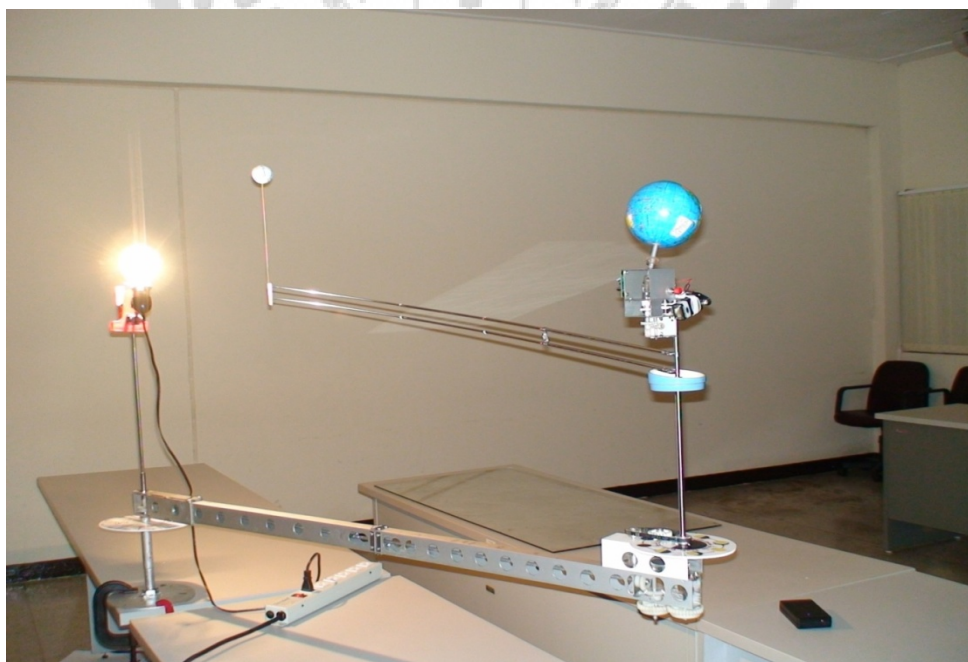


ภาพประกอบ 5 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ของต่างประเทศ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าแบบจำลองเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญหลายอย่าง ทำให้ไม่สามารถแสดงการเกิดปรากฏการณ์กลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ และการเกิดอุปราคาได้สอดคล้องกับที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ

5.6.4 แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ และมีมาตราส่วนที่เหมาะสม โดยใช้หลอดไฟขนาด 500 วัตต์ แทนดวงอาทิตย์ ใช้ลูกโลกจำลองขนาด 14 เซนติเมตร แทนโลก ใช้ลูกปิงปองขนาด 3.7 เซนติเมตรแทนดวงจันทร์ และใช้เฟืองชุดบนที่มีอัตราทด 27.321 เป็นตัวขับเคลื่อนดวงจันทร์โคจรรอบโลกในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง ใช้เฟืองชุดล่างที่มีอัตราทด 12.367 ขับเคลื่อนโลกและดวงจันทร์ให้โคจรรอบดวงอาทิตย์ในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง กล่าวคือเมื่อทำให้โลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบ (1 วัน) ดวงจันทร์จะโคจรรอบโลกไปประมาณ 13.17 องศา และในขณะเดียวกันโลกก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ไปประมาณ 1 องศา ดังนั้นถ้าโลกหมุนรอบตัวเอง ประมาณ 27.321 รอบ (27.321 วัน) ดวงจันทร์ก็จะโคจรรอบโลกครบรอบพอดี แต่เราจะเห็นดวงจันทร์มีรูปร่าง

เหมือนเดิมโลกต้องหมุนรอบตัวเองประมาณ 29.53 รอบ (1 เดือน) ทั้งนี้เพราะในขณะที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ทั้งโลกและดวงจันทร์ก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วย และถ้าโลกหมุนรอบตัวเองประมาณ 365.25 รอบ (365.25 วัน) โลกก็จะโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบหนึ่งรอบพอดี (1 ปี) และดวงจันทร์ก็จะโคจรรอบโลกประมาณ 12.368 รอบ (ดวงจันทร์เปลี่ยนแปลงรูปร่างไป 12.368 รอบ) รวมทั้งในขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์จะมีเฟืองคู่หนึ่งบังคับให้แกนของโลกชี้ที่ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับความจริงที่ว่าตลอดทั้งปีที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์แกนของโลกชี้ที่ดาวเหนือตลอดเวลา นอกจากนี้แบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นยังคำนึงถึงมาตราส่วนที่ใกล้เคียงกับมาตราส่วนจริงของระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อีกด้วย กล่าวคือ ตามมาตราส่วนจริง ถ้ากำหนดให้โลกมีขนาด 14 เซนติเมตร จะต้องใช้ดวงจันทร์มีขนาด 3.8 เซนติเมตร อยู่ห่างจากโลก 4.2 เมตร และดวงอาทิตย์มีขนาด 15.27 เมตร อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1.64 กิโลเมตร ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถสร้างแบบจำลองให้มีมาตราส่วนถูกต้องได้ ผู้วิจัยจึงสร้างได้เพียงแบบจำลองที่มีมาตราส่วนเหมาะสม โดยใช้โลกมีขนาด 14 เซนติเมตร ดวงจันทร์มีขนาด 3.7 เซนติเมตร อยู่ห่างจากโลก 1.2 เมตร (แกนยึดดวงจันทร์สามารถยืดหดปรับความยาวได้มากที่สุด 1.2 เมตร) และใช้หลอดไฟ ขนาด 500 วัตต์ แทนดวงอาทิตย์ อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1.3 เมตร (ปรับความยาวได้ 2 ระดับ) อย่างไรก็ตามการที่มาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ข้างเล็กน้อยเนื่องจากแสงที่มาจากหลอดไฟไม่เป็นแสงขนาน เช่น เฟสของดวงจันทร์เอียงเล็กน้อย เงาของดวงจันทร์ขณะเกิดอุปราคาไถก ว่าความเป็นจริง เป็นต้น รายละเอียดของ EMS-System Model แสดงดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model)

กล่าวโดยสรุปแล้ว EMS-System Model มีข้อได้เปรียบกว่าแบบจำลองอื่นตรงที่ใช้ระบบเฟืองเป็นตัวขับเคลื่อนทำให้โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องแม่นยำกว่าแบบจำลองอื่นๆ คือคลาดเคลื่อนเพียงแค่ 0.6 วันต่อปี รวมทั้งแกนของโลกก็ชี้ที่ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา ในขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี มาตรการส่วนระหว่างขนาดของโลกกับดวงจันทร์ก็ถูกต้องตามความเป็นจริง และยังสามารถปรับระยะห่างระหว่างดวงจันทร์กับโลกได้ นอกจากนี้ยังมีตุ๊กตาแทนผู้สังเกตและทรงกลมทองฟ้าติดไว้บนลูกโลกด้วยซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องการเกิดกลางวันกลางคืนได้ง่ายยิ่งขึ้น

5.7 การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสอดคล้องกับทฤษฎีสมรรถนิยม (Lesh; & Doerr. 2003) และมีข้อได้เปรียบกว่าการสอนตามทฤษฎีการปรับเปลี่ยนมโนคติเพียงอย่างเดียวอยู่ 3 ประการ ดังนี้ ประการแรก การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยอมรับวิธีการให้เหตุผลที่หลากหลาย ผ่านการใช้ภาพประกอบ รูปภาพ แบบจำลอง (Shin; & Lemon. 2003) ประการที่สอง การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไม่เพียงแต่บรรยายกลไกของการปรับเปลี่ยนมโนคติ แต่ยังเสนอยุทธวิธีการสอนสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้โนคติทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Hestenes. 1987) ประการที่สาม การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เน้นบทบาทของนักเรียนเป็นสำคัญในการใช้และสร้างแบบจำลองและพิจารณาทางเลือกอื่นๆ ระหว่างกระบวนการสร้างแบบจำลองนักเรียนจะประทับใจในอำนาจของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Schwartz; & Lederman. 2005) และฝึกฝนการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการของตนเอง (Doerr. 1996)

จุดประสงค์ของการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ก็เพื่อพัฒนายุทธวิธีสอนที่ส่งเสริมการสร้าง การวิจารณ์ และการปรับเปลี่ยนความคิดรวบยอด ในปัจจุบันการวิจัยทางการศึกษาพิจารณาว่าการสร้างแบบจำลองเป็นวิถีทางสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์ (Gobert. 2000) จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยพบว่าการนำการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้แตกต่างกัน เช่น การประเมินสาเหตุและผลของแบบจำลอง (White; & Frederiksen. 1998) การจัดการเรียนรู้ด้วยแบบจำลองรูปธรรม (Concrete Model) (Gilbert; & Irton. 2003) และการปรับปรุงแบบจำลองรูปธรรม (Concrete Model) (Stewart; & Hafner. 1991) การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ (Buckley. 2000) กระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนวิจารณ์แบบจำลองกับเพื่อน (Gobert; et al. 2002) เป็นต้น โดยสรุปแล้วการประยุกต์ใช้การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถแบ่งได้ออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ 1) นักเรียนใช้สำรวจปรากฏการณ์ด้วยแบบจำลอง 2) นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองที่แตกต่างกันเพื่อหาจุดแตกต่าง 3) นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง และจากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่านักเรียนมี

ความเข้าใจโมเดลสูงขึ้น เช่น กระแสไฟฟ้า การหายใจของเซลล์และสิ่งมีชีวิต นิเวศวิทยา การเคลื่อนของแผ่นเปลือกโลก เป็นต้น (Rea-Ramirez. 1998; Clement; & Steinberg. 2002; Gobert; et al. 2002)

คลอฟเฟอร์ (พิศาล สร้อยชูหรี. 2525: 20-27; อ้างอิงจาก Klover. 1970) กล่าวว่ากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยการสร้างและทดสอบแบบจำลองเป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง โดย คลอฟเฟอร์ เชื่อว่าการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากว่า นักเรียนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปที่มีความคิดยังไม่ฝังแน่นอยู่กับทฤษฎีต่างๆ นั้น ถ้าได้รับการศึกษาที่จัดให้อย่างรอบคอบไม่ด่วนยึดยึดทฤษฎีทั้งหลายให้ยอมรับกันง่ายๆ แล้วก็จะมีโอกาสได้เข้าร่วมในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างและทดสอบแบบจำลองแบบต่างๆ และจะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากพฤติกรรมที่แสดงออกดังนี้

- 1) การตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องมีแบบจำลอง หมายถึง การยอมรับว่าการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการหนึ่งของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2) การสร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม หมายถึงนักเรียนจะต้องพยายามสร้างข้อความที่มีความหมายกว้างขวางครอบคลุมถึงปรากฏการณ์ทั้งปวงที่อยู่ในขอบข่ายเรื่องที่ศึกษานั้นๆ
- 3) การระบุถึงปรากฏการณ์และหลักการต่างๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง หมายถึง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อสรุปในรูปของกฎเกณฑ์หรือหลักการต่างๆ และผลการสังเกตอย่างรอบคอบ
- 4) การสร้างสมมติฐานใหม่จากแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนจะต้องใช้เหตุผลในการสร้างสมมติฐานขึ้นมาโดยอาศัยแบบจำลองเป็นแนวทางและทำการทดลองทดสอบสมมติฐาน
- 5) การแปลความหมายและประเมินผลการทดลองเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนจะต้องหาทางวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่พบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และพิจารณาตัดสินว่าแบบจำลองที่วางไว้เหมาะสมหรือไม่
- 6) การปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลองเมื่อมีการค้นพบปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎใหม่ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่มีอยู่เดิม ก็จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้นๆ

นอกจากนี้ เทเลอร์ และคณะ (Taylor; et al. 2003: 1212) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นถ้าจัดกิจกรรมตามลำดับดังแนวทางที่กำหนดไว้ 4 ข้อ ต่อไปนี้

- 1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองในสมองที่มีอยู่ก่อนเรียนและให้นักเรียนวิจารณ์แบบจำลองเหล่านี้ซ้ำๆ เมื่อได้รับข้อมูลเพิ่มขึ้น จนแบบจำลองเหล่านี้อธิบายข้อมูลได้ถูกต้องสอดคล้องกับ เฮสเซ (Hesse. 2000) ที่กล่าวว่าคนที่วิจารณ์แบบจำลองควรเป็นนักเรียนไม่ใช่ครู

นอกจากนี้ควรให้นักเรียนได้รู้ถึงแบบจำลองในสมองแบบต่างๆ ที่เพื่อนๆ ในห้องเสนอ และครูควรแนะนำนักเรียนถึงวิธีการในการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด

2) เชิญชวนให้นักเรียนเลือกแบบจำลองที่มีอำนาจในการอธิบายสูงที่สุดและประยุกต์แบบจำลองไปใช้แก้ปัญหาใหม่ๆ ซึ่งช่วยให้แบบจำลองในสมองของนักเรียนมีความมั่นคงโดยการนำแบบจำลองไปอธิบายและทำนายผลการสังเกต

3) กระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและประเมินการค้นพบของพวกเขากับคนอื่นๆ โดยให้รายงานผลหน้าชั้นเรียน แล้วตอบคำถามของเพื่อนๆ ในห้องเพื่อปกป้องแบบจำลองของตน

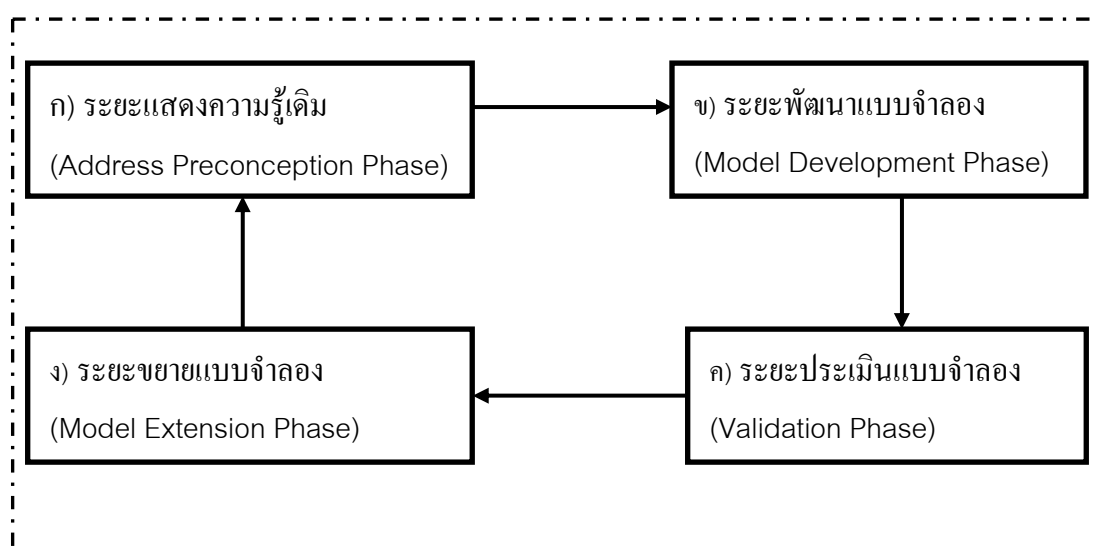
4) ตรวจสอบและตีความมุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่แบบจำลองแสดงและเปรียบเทียบมุมมองของนักเรียนเหล่านี้กับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง นั่นคือ มีหลายวิธีที่จะแสดงแบบจำลองในสมอง และแบบจำลองนั้นสามารถช่วยในกระบวนการสร้างและการทดสอบแบบจำลองในสมองได้

จากแนวทางที่กำหนด เทเลอร์และคณะได้พัฒนาเป็นยุทธวิธีการสร้างแบบจำลองในสมอง (Mental model) ที่ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสตรัคินิยม โดยสามขั้นตอนแรกของยุทธวิธีการสร้างแบบจำลองในสมองเหมือนกับขั้นเน้น (Focus) ขั้นท้าทาย (Challenge) และขั้นประยุกต์ใช้ (Application) ของการสอนตามรูปแบบการสร้างความรู้ของนักเรียน (GLM) (Osborne; & Wittrock. 1983: 492-493) ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นกระบวนการวิจารณ์แบบจำลองในสมองที่เสนอโดยเฮสเซ (Hesse. 2000) นั้นมีความสอดคล้องกับวิธีการเรียนรู้ตามทฤษฎีสตรัคินิยมเชิงสังคม (Social Constructivism) ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้น คือ

- 1) ขั้นพิจารณาแบบจำลองในสมองที่มีก่อนเรียน (Focus on the mental models)
- 2) ขั้นสร้างและวิจารณ์แบบจำลอง (Mental model building and critiquing)
- 3) ขั้นประยุกต์ใช้แบบจำลอง (Using mental model to solve problems)
- 4) ขั้นประเมินและวิจารณ์แบบจำลองโดยเพื่อน (Reflection)

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาอีกหลายท่านที่พัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการสอนสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

คลีเมนต์ (Steer. 2005: 416 อ้างอิงจาก Clement. 2000) ได้เสนอกรอบแนวคิดในการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนมโนคติ 4 ระยะ ดังรายละเอียดในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของคลีเมนต์

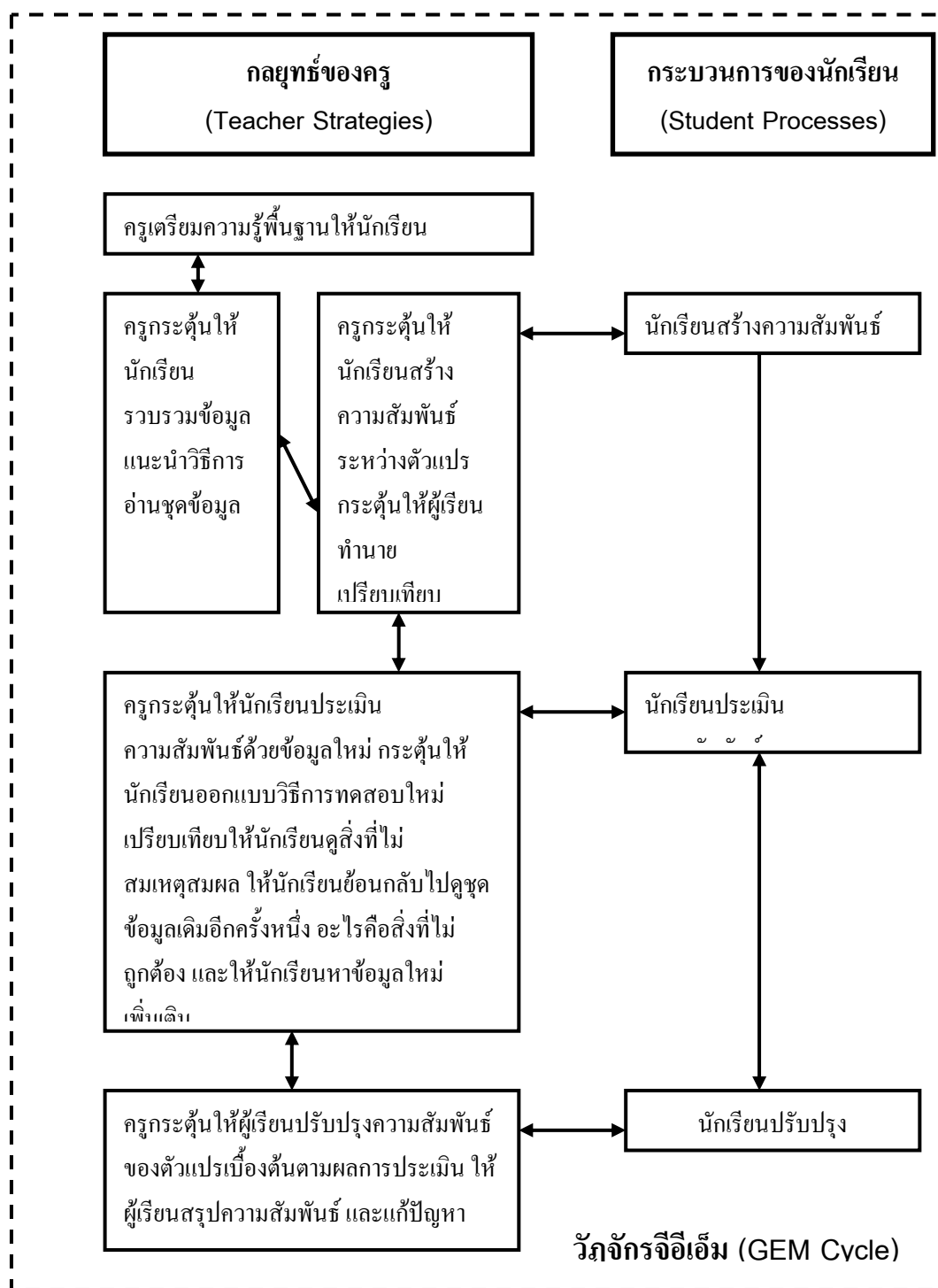
ระยะแสดงความรู้เดิม (Address Preconception Phase) นักเรียนควรสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ศึกษา และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างและความถูกต้องของแบบจำลอง

ระยะพัฒนาแบบจำลอง (Model Development Phase) จากนั้นให้ข้อมูลที่ขัดแย้งกับความเชื่อที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนเพื่อต้องการให้นักเรียนประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของพวกเขา แนะนำการปรับปรุงแบบจำลองจากการประเมินขึ้นต้นด้วยตนเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ แบบจำลองที่พัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญจะถูกใช้เพื่อประเมินความถูกต้อง (หรืออภิปรายข้อจำกัด) ของแบบจำลองของนักเรียน

ระยะประเมินแบบจำลอง (Validation Phase) ยังคงเกี่ยวข้องกับการสะท้อนความคิดเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองของนักเรียนกับแบบจำลองที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ

ระยะขยายแบบจำลอง (Model Extension phase) เป็นขั้นที่นักเรียนประยุกต์ใช้แบบจำลองกับสถานการณ์อื่นๆ

นอกจากนี้ คาน (Khan, 2007: 894) ได้เสนอรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาเคมี เรียกว่าวิธีการสอนด้วยวัฏจักร GEM (GEM cycle instructional approach) ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ดังรายละเอียดในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงวิธีการสอนด้วยวัฏจักร GEM (GEM cycle instructional approach)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสัมพันธ์ (Generate relationship) ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูล แสดงวิธีการอ่านชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ครูกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แนะนำให้นักเรียนทำนาย เปรียบเทียบ และอธิบาย

ขั้นที่ 2 ขั้นประเมินความสัมพันธ์ (Evaluate the relationship) ครูกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความสัมพันธ์ด้วยข้อมูลใหม่ แนะนำให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดสอบใหม่ เปรียบเทียบ ให้นักเรียนดูสิ่งที่ไม่สมเหตุสมผล ให้นักเรียนย้อนกลับไปดูชุดข้อมูลเดิมอีกครั้งหนึ่ง อะไรคือสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และให้นักเรียนหาข้อมูลใหม่เพิ่มเติม

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับปรุงความสัมพันธ์ (Modify the relationship) ครูกระตุ้นให้นักเรียนปรับปรุงความสัมพันธ์ของตัวแปรตามผลการประเมิน ให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ และแก้ปัญหาคณิตใหม่

จากแนวคิดทฤษฎีและรูปแบบการสอนของนักการศึกษาในอดีตสามารถนำมาสรุปเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ ดังนี้

- 1) ต้องให้ความสำคัญกับแนวคิดและประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อนเรียนของนักเรียน เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนจัดกิจกรรมให้เหมาะสม
- 2) ต้องให้นักเรียนได้รับข้อมูล หรือประสบการณ์ที่ขัดแย้งกับความเชื่อที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดภาวะไม่สมดุลทางปัญญา อันเป็นขั้นตอนสำคัญที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนมโนคติ
- 3) ต้องให้นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้าง ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนทดสอบความเข้าใจของตนเองและฝึกการคิดอย่างมีเหตุผล
- 4) ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิพากษ์วิจารณ์แบบจำลองของสมาชิกในห้องคนอื่นๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น อันเป็นกระบวนการสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตรณนิยม และฝึกให้นักเรียนยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- 5) ต้องส่งเสริมให้นักเรียนนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมโนคติต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม และศึกษาอำนาจการทำนายของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

5.8 การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรม EMS –Model

วิธีการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรม EMS-System Model เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองด้วย เพื่อพัฒนานักเรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูนำ EMS-System Model ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปแสดงให้นักเรียนดูหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ หรือครูอาจจะกล่าวถึงเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่มีอยู่ จนนำไปสู่การจัดแย้งทางความคิดที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย ตั้งคำถาม และกำหนดประเด็นที่จะศึกษา เมื่อนักเรียนเสนอคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา ครูและนักเรียนจะต้องร่วมกันกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

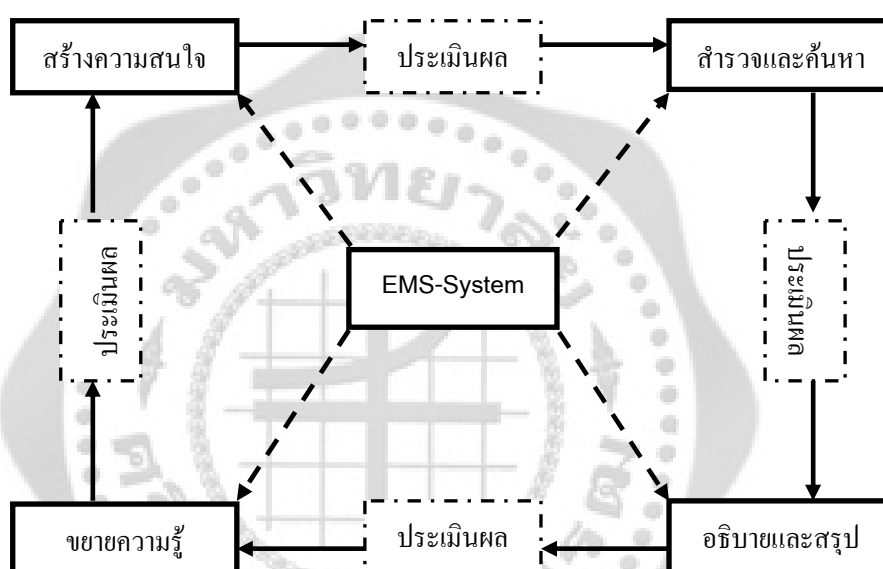
2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ จากนั้นนักเรียนลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาจาก EMS-System Model ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยครูทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ EMS-System Model ให้แสดงปรากฏการณ์ที่ศึกษา และคอยกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต บันทึกข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้อธิบายปรากฏการณ์ นอกจากนี้นักเรียนจะได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาจาก หนังสือเรียน และใบความรู้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3) ขั้นการอธิบายและสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลและข้อสังเกตที่เก็บรวบรวมได้มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย เพื่อให้นักเรียนมองเห็นรูปแบบของข้อมูลที่สัมพันธ์กัน จากนั้นนักเรียนในกลุ่มร่วมกันแปลความหมายข้อมูล และสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์(บรรยาย วาดภาพ หรือสร้างแบบจำลองอย่างง่าย) แล้วนำเสนอคำอธิบายของกลุ่มต่อสมาชิกในห้อง พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้สมาชิกในห้องที่เหลืร่วมแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์ โดยครูจะต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนหาหลักฐานมาสนับสนุนแนวคิดของตนเอง เมื่อนักเรียนนำเสนอเสร็จครูไม่ควรจะบอกว่าการอธิบายใดถูกคำอธิบายใดผิด แต่ควรจะถามนักเรียนที่นั่งอยู่ว่าเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด นอกจากนี้ครูอาจจะใช้ EMS-System Model สาธิตปรากฏการณ์ซ้ำอีกครั้งหนึ่งในประเด็นที่นักเรียนมีความเห็นขัดแย้งกันอย่างชัดเจนและหาข้อตกลงร่วมกันไม่ได้ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องตรงกันและเป็นการประหยัดเวลา สุดท้ายครูและนักเรียนทั้งห้องร่วมกันสรุปและปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม โดยนักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายและทำนายเหตุการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา แล้วให้นักเรียนอภิปรายหาข้อสรุปร่วมกัน โดยครูใช้ EMS-System Model อธิบายเหตุการณ์ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบคำอธิบายและพิสูจน์คำทำนายของนักเรียน พร้อมทั้งเชื่อมโยงเหตุการณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความรู้กว้างขวางยิ่งขึ้น

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ครูผู้ช่วยวิจัย และผู้วิจัยประเมินนักเรียนตลอดทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินกระบวนการสืบเสาะของสมาชิกในห้องและประเมินตนเอง

การนำความรู้ไปอธิบายและประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน ในชั้นขยายความรู้จะนำไปสู่ข้อโต้แย้ง หรือประเด็นปัญหาใหม่ๆ ที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ สามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model

6. ความเข้าใจมโนติดาราศาสตร์พื้นฐาน

6.1 ความหมายของมโนมติ (Concept)

มโนมติ แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นคำศัพท์ภาษาไทยและนิยมใช้แตกต่างกันหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ มโนภาพ มโนคติ สังคัป และแนวความคิด การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “มโนมติ” ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของคำว่ามโนมติไว้ดังนี้

ฟิลด์แมน (Fieldman. 1987: 210) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนมติไว้ว่า “มโนมติเป็นการจัดกลุ่มสิ่งของ เหตุการณ์ หรือคนที่มีคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน การใช้มโนมติทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มโนมติทำให้เราสามารถจัดทำสิ่งใหม่ ๆ ที่เราพบให้อยู่ในรูปที่เราสามารถเข้าใจได้ตามประสบการณ์ที่ผ่านมาของเรา”

โรเทนเบิร์ก (Rothenberg, 1985: 500) ได้ให้ความหมายของคำว่า โนมตีในเชิงปรัชญาและจิตวิทยา ดังนี้ “มโนมตีในเชิงปรัชญาหมายถึง ความคิดที่ประกอบด้วยแนวคิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะพิเศษ และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล ส่วนมโนมตีในความหมายทางจิตวิทยาไม่ได้เป็นเพียงการรับรู้ แต่เป็นผลสรุปที่ได้มาจากการกลั่นกรองการรับรู้ไปแล้ว”

ปริยาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534: 103) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนมตีหรือ มโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์เป็นผลสรุปจากการรับรู้ของเราที่มีต่อสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะร่วมกันอยู่เป็นการรวบรวมสิ่งที่คล้ายคลึงกันเข้ามารวมกันเป็นรูปแบบเดียวกัน เช่น หนังสือ ก็รวมตั้งแต่พจนานุกรมจนถึงหนังสือการ์ตูน เป็นต้น”

สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์ (2538: 106) ได้สรุปความหมายของคำว่า โนมตีไว้ว่า “คือข้อความที่แสดงถึงแก่นหรือเป้าหมายของสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งสามารถจำแนกแยกแยะความแตกต่าง (Discrimination) ขององค์ประกอบย่อย ๆ ออกไปหรือรวบรวมองค์ประกอบย่อย ๆ ซึ่งลักษณะคล้ายคลึงเข้ามาสรุปรวมเป็นกลุ่ม (Generalization) หรือพวกเดียวกันได้”

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546: 2) ได้ให้ความหมายของมโนมตีไว้ว่า มโนมตี หมายถึงหมวดหมู่ของวัตถุเหตุการณ์ หรือแนวความคิดที่มีองค์ประกอบพื้นฐานใกล้เคียงกันหมวดหมู่หนึ่ง แต่ละสิ่งในหมวดหมู่นั้นอาจมีความแตกต่าง หลากหลาย แต่มีลักษณะใกล้เคียงกันมากพอที่จะบอกได้ว่า สิ่งนั้นคืออะไร ซึ่งแต่ละมโนมตีมักจะแทนด้วยคำพูดที่เข้าใจร่วมกันของคนในสังคม เช่น เมื่อพูดว่า ต้นไม้จะมีภาพร่างของต้นไม้ในความคิดของเราทันที ทำให้เราเข้าใจได้ว่าหมายถึงอะไร

สุวิทย์ มูลคำ (2547: 10) ได้ให้ความหมายของมโนมตีไว้ว่าเป็นความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่มีลักษณะที่คล้ายกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นมโนมตีจะทำให้สามารถจำแนกสิ่งใหม่ๆ และเข้าใจได้รวดเร็วตามประสบการณ์ที่ได้สัมผัสมา

จากความหมายต่าง ๆ ดังกล่าวสรุปได้ว่า มโนมตี หมายถึง กลุ่มของแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่แสดงถึงความหมาย หรือลักษณะร่วมกันของสิ่งเหล่านั้น อันเป็นผลเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป หรือลักษณะร่วมที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น

สำหรับมโนมตีทางวิทยาศาสตร์นั้นได้มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังจะกล่าวถึงต่อไปนี้

สุวัณก์ นิยมคำ (2531: 116) กล่าวว่า มโนมตีทางวิทยาศาสตร์หมายถึง รูปแบบความรู้ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มหรือการจัดประเภทของสิ่งที่ได้จากการสังเกตหลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน

มังกร ทองสุพรรณ (2535: 63) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความคิดสำคัญหรือข้อสรุปของความคิดที่เราได้รับรู้มาจากสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของมนุษย์

มาร์ติน (Martin. 1997: 40) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงหลายๆ ข้อเท็จจริง หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลายๆ ครั้งต่างวาระต่างเวลากัน

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542: 4) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมโนคติต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคลนั้นๆ

จากความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาสรุปได้ว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่ได้จากการสังเกตหลายๆ ครั้งแล้วสร้างเป็นข้อสรุป ซึ่งมีทั้งลักษณะที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม

6.2 ความเข้าใจมโนคติ (Conceptual Understanding)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546ข: 150) กล่าวว่า ความเข้าใจมโนคติ หมายถึง ความสามารถด้านความรู้ความคิดในระดับของพฤติกรรมที่แสดงออกด้วยการอธิบายชี้แจง แปลความ ตีความ ขยายความ เปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิ หรือภาพประกอบต่างๆ

อลาว และกัทรี (Alao; & Guthrie. 1999) กล่าวว่าความเข้าใจในมโนคตินั้นสามารถอธิบายได้ในแง่ของความเข้าใจในมโนคติโดยทั่ว ๆ ว่าถ้านักเรียนคนใดทราบเกี่ยวกับนิยาม และความหมายของมโนคตินั้น ๆ นักเรียนจะสามารถแสดงความรู้ออกมาให้เห็นในส่วนสำคัญที่เป็นมโนคติหลักได้อย่างถูกต้อง เช่น นักเรียนมีความคิดหรือความเข้าใจต่อความคิดรวบยอดต่างๆ ที่เกี่ยวกับ เรื่องระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อันเกิดจากการสร้างความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อมโนคตินั้น ๆ ของนักเรียน

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

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete understanding: CU) หมายถึง คำตอบของ

นักเรียนถูกต้องใกล้เคียงกับคำอธิบายทางทฤษฎีที่มีอยู่ในหนังสือเรียน เช่น นักเรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองจากตะวันตกไปตะวันออก จึงทำให้เห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ขึ้นทางทิศตะวันออกแล้วตกทางทิศตะวันตก โลกด้านที่หันเข้าสู่ดวงอาทิตย์จะเป็นเวลากลางวันส่วนโลกด้านที่หันไปอยู่ตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ก็จะเป็นเวลากลางคืน เป็นต้น

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง แต่ขาดข้อมูลที่จำเป็นบางส่วนที่จะทำให้เข้าใจอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามจะต้องไม่มีข้อมูลที่ถูกต้องปรากฏอยู่ในคำตอบของนักเรียน เช่น นักเรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองในทิศทวนเข็มนาฬิกา สังเกตได้จากดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก เป็นต้น

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนประกอบด้วยข้อมูลที่ถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่แสดงให้เห็นถึงมโนคติที่คลาดเคลื่อนในบางประเด็น เช่น นักเรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองจากตะวันออกไปตะวันตก สังเกตได้จากดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก เป็นต้น

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างชัดเจน (Specific misconception : SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในมโนคตินั้นอย่างสมบูรณ์ เช่น นักเรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกจากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกทำให้เห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกแล้วตกทางทิศตะวันตก เป็นต้น

5) ความไม่เข้าใจ (No understanding : N) หมายถึง นักเรียนตอบว่าไม่รู้ ตอบทวนคำถาม เว้นว่างไว้ไม่ตอบคำถาม หรือตอบไม่ตรงคำถาม เช่น เมื่อถามว่าข้างขึ้นข้างแรมมีสาเหตุมาจากอะไร นักเรียนตอบว่ากลางวันไม่สามารถเห็นดวงจันทร์ได้เพราะดวงอาทิตย์สว่างกว่าดวงจันทร์มาก เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช. 2550: 48; อ้างอิงจาก สวทช. 2532) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและวิเคราะห์ความเข้าใจมโนคติของนักเรียนเป็นแบบทดสอบเลือกตอบและแสดงเหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วนำคำตอบและเหตุผลนั้นมาจัดแบ่งความเข้าใจมโนคติของนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด

2) แนวความคิดไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด

3) แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง แต่การให้เหตุผลมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

4) ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

รวัชชัย คงนุ่ม ได้สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนคติของนักเรียน เป็นข้อสอบเลือกตอบ และส่วนของการให้เหตุผล โดยแบ่งความเข้าใจมโนคติของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

- 1) ความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ หมายความว่านักเรียนตอบถูกทั้งส่วนของคำถามและส่วนของเหตุผล ให้ 2 คะแนน
- 2) ความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน หมายความว่า นักเรียนตอบถูกเฉพาะส่วนของคำถามหรือส่วนของเหตุผลให้ 1 คะแนน
- 3) ไม่เข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ หมายความว่า นักเรียนตอบไม่ถูกทั้งส่วนคำถามและส่วนเหตุผล หรือไม่ตอบเลยให้ 0 คะแนน

6.3 ความเข้าใจในมิติที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

มโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นปัญหาสำคัญในการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษามากกว่า 2 ทศวรรษแล้ว จึงมีนักวิจัยที่ทำการศึกษาและให้ความสำคัญเกี่ยวกับความเข้าใจในมิติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอย่างแพร่หลาย

คำว่ามโนคติที่คลาดเคลื่อนมีคำที่ใช้แตกต่างกันออกไปทั้งภาษาไทยอังกฤษ 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. 1996) preinstructional knowledge (Champagne; et. Al. 1980) informal ideas (Windschitl; & Andre. 1998) เหล่านี้เป็นต้น อ้างอิงจาก นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548: 13) สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้คำว่า “Misconception” ซึ่งตรงกับคำศัพท์ภาษาไทยว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน การวิจัยในครั้งนี้จะใช้คำว่า “มโนคติที่คลาดเคลื่อน” โดยมีผู้ให้ความหมายของคำว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

รอน (Ron. 1983: 154) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง โครงสร้างทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

ออสบอนและวิตรอก (Osborne;& Wittrock. 1983: 59-87) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิด ความคาดหวัง และคำอธิบายของเด็กเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เด็กพัฒนามโนทัศน์เกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวจากประสบการณ์และเปลี่ยนไปเมื่อเด็กเติบโตขึ้น บ่อยครั้งที่ความเข้าใจโลกรอบตัวไม่สอดคล้องกับการอธิบายตามแนววิทยาศาสตร์

วันเดอร์ซี (Wondersee. 1986: 581) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง มโนคติที่เกิดจากการตีความไปในความหมายที่ไม่ได้รับการยอมรับ ซึ่งในบางครั้งการตีความนั้นไม่ถึงกับผิด

สมควร ขนชัยภูมิ (2545: 8) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวความคิดที่แตกต่างไปจากแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน เนื่องมาจากนักเรียนแปลความหมายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือข้อสังเกตตามความเชื่อและกรอบความรู้เดิมของตนซึ่งขัดแย้งกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

สุวิมล เขียวแก้ว (2540: 54) ได้สรุปความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

- 1) ความคิดของนักเรียนหลังจากการสอน ซึ่งจะแตกต่างจากแนวความคิดที่วงการวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้
- 2) ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ส่วนบุคคล ซึ่งไม่สอดคล้องกับสิ่งที่ได้ระบุไว้ในทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- 3) ความแตกต่างระหว่างความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับแนวความคิดที่ยอมรับกันในแวดวงวิทยาศาสตร์

จากความหมายของคำว่าความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวข้างต้นนั้น สรุปได้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจภายในของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยความรู้ ความเชื่อที่บุคคลสร้างขึ้นนั้นมีการแปลความหมายที่แตกต่าง หรือผิดไปจากแนวความคิดอันเป็นที่ยอมรับกันของสังคมวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลานั้น

6.4 สาเหตุของความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านได้ศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน ไว้ดังนี้

ไพน์และเวสต์ (Pines; & West. 1986) แบ่งความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนตามลักษณะของสถานการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- 1) ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนอันเกิดจากสถานการณ์ที่ขัดแย้งกัน แบ่งตามขั้นตอนของการเกิดมโนคติได้ 3 ระยะ คือ

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

2) ความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่น การขยายคำไปสู่ความหมายใหม่ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหมายของคำ ซึ่งมีผลให้เกิดความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนได้

3) ความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่ให้ความรู้โดยใช้ภาษาสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์มาสัมพันธ์กับความรู้ที่เกิดขึ้นจริงได้

สมควร ขนชัยภูมิ (2545: 9) ได้กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนว่าเกิดมาจากสาเหตุใหญ่ ๆ อยู่ 4 ประการ คือ

- 1) เกิดจากตัวนักเรียนเองอันเนื่องมาจากการแปลความหมายหรือสรุปความไม่ถูกต้อง
- 2) เกิดจากความเชื่ออย่างฝังใจของตัวนักเรียนเอง
- 3) เกิดจากคำราลสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่เสนอไม่ถูกต้องหรือไม่ชัดเจน
- 4) เกิดจากบุคคลอื่น ๆ เช่น ครูผู้สอน นักปรัชญา นักการศึกษา ที่นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง

สุวิมล เขียวแก้ว (2540: 55-56) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิดโมติที่คลาดเคลื่อนไว้ดังต่อไปนี้

- 1) มีความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ครูสอนกับสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้ เช่น ความรู้ที่ครูคิดว่านักเรียนมีอยู่ก่อนเรียนแตกต่างจากที่นักเรียนมีอยู่จริง หรือกิจกรรมที่ครูต้องการให้นักเรียนทำแตกต่างกับที่นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น
- 2) คำว่าเป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน
- 3) ระดับพัฒนาการของนักเรียนไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน
- 4) ภาษาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกับภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน
- 5) ครูมีความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อนตามไปด้วย

6.5 ความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาดาราศาสตร์

หลายทศวรรษที่ผ่านมา นักดาราศาสตร์ นักจิตวิทยาและวิทยาศาสตร์ศึกษาได้วิจัยเพื่อนำไปสู่ข้อความรู้นักเรียนเรียนรู้ดาราศาสตร์อย่างไร วิธีการศึกษานักการศึกษาทั้งหลายนั้นได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อที่จะทำการสอบสวนความเข้าใจโมติต่าง ๆ ตามธรรมชาติของนักเรียน และเพื่อที่จะได้ค้นพบความหมายต่าง ๆ ของนักเรียน โดยเป็นคำพูดที่นักเรียนใช้ในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก โดยมากแล้ววิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นการสัมภาษณ์นักเรียนเชิงลึก (Osborne; & wittrock. 1983 : 489) นอกจากนั้นยังมีวิธีการใช้แบบทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อทดสอบความเข้าใจโมติของนักเรียน

วิชาดาราศาสตร์ได้รับการเห็นพ้องโดยทั่วกันแล้วว่าเป็นวิชาหนึ่งที่มีความยุ่งยาก เนื่องจากเนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรม จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นเกี่ยวกับวิชาดาราศาสตร์พื้นฐาน เรื่องระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ แยกตามมโนคติต่างๆ ได้ดังนี้

1) มาตราส่วนระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นได้แก่ นักเรียนมักจะประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกมากกว่าความเป็นจริง และนักเรียนจำนวนมากเข้าใจว่าโลกมีขนาดใกล้เคียงกับดวงจันทร์ นอกจากนี้ นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์อยู่ใกล้กันมากกว่าความเป็นจริง (Zeilik; et al. 1998; Sadler. 1992; Fanetti. 2001; Trumper. 2001; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

2) การเกิดกลางวันกลางคืน มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นได้แก่ โลกไม่ได้หมุนรอบตัวเอง การเกิดกลางวันกลางคืนเป็นผลมาจากดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกวันละ 1 รอบ ดวงจันทร์ โคจรรอบโลกวันละ 1 รอบ โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์วันละ 1 รอบ และนักเรียนสับสนระหว่างคำว่าโคจร (Revolve) กับหมุนรอบตัวเอง (Rotate) (Lightman; & Sadler. 1993; Zeilik; et al. 1998; Trumper. 2001; Dove, J. 2002; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

3) ฤดูกาล มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นได้แก่ การเกิดฤดูกาลมีสาเหตุมาจากระยะห่างจากโลกถึงดวงอาทิตย์ ฤดูร้อนดวงอาทิตย์อยู่ใกล้โลกมากที่สุดและฤดูหนาวดวงอาทิตย์อยู่ไกลโลกมากที่สุด ตำแหน่งขึ้นสูงสุดของดวงอาทิตย์ไม่แตกต่างกันในแต่ละวัน ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกที่ตำแหน่งเดิมทุกวัน ซีกโลกเหนือกับซีกโลกใต้มีฤดูกาลที่เหมือนกัน (Lightman; & Sadler. 1993; Zeilik; et al. 1998; Trumper. 2001; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

4) ข้างขึ้นข้างแรม มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นได้แก่ เมฆปกคลุมบางส่วนของดวงจันทร์ เงาของดาวเคราะห์บังดวงจันทร์บางส่วนไว้ เงาของดวงอาทิตย์บังดวงจันทร์บางส่วนไว้ ทำให้เราเห็นสว่างเพียงบางส่วน การเกิดข้างขึ้นข้างแรมมีสาเหตุมาจากเงาของโลกบังดวงจันทร์ นักเรียนสับสนระหว่างการเกิดข้างขึ้นข้างแรมกับอุปราคา (Schoon. 1992; Lightman; & Sadler. 1993; Taylor. 1996) ดวงจันทร์ไม่ได้หมุนรอบแกนตัวเอง (Zeilik; et al. 1998; Trumper. 2001; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

5) ด้านหน้าของดวงจันทร์ มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นได้แก่ ดวงจันทร์ไม่ได้หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา ดวงจันทร์ไม่ได้หมุนรอบตัวเอง และในคืนเดียวกันคนบนโลกเห็นดวงจันทร์ไม่เหมือนกัน (Trumper. 2001; Taylor; et al. 2003; Feral Organ-Bekiroglu. 2007; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

6) จันทรุปราคาและสุริยุปราคา มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่มักจะเกิดขึ้น ได้แก่ สุริยุปราคา และจันทรุปราคาเกิดขึ้นได้ทุกเดือน ทุกคนบนโลกสามารถเห็นสุริยุปราคาได้พร้อมกัน (Lightman; & Sadler. 1993; Zeilik; et al. 1998; Trumper. 2001; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

ผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยในส่วนนี้สรุปได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับดาราศาสตร์พื้นฐานทุกมโนคติ คือ การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม และการเกิดอุปราคา ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความเข้าใจมโนคติที่มีอยู่เดิม (Preconception) ของนักเรียน ไม่สอดคล้องกับข้อความรู้หรือแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับกันทางวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบัน รวมทั้งคุณลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของวิชาดาราศาสตร์ ซึ่งความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกคนทุกระดับ โดยมีปัจจัยต่าง ๆ เช่น ตัวนักเรียน คำบรรยาย และผู้สอน เป็นต้น เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเกิดความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน และความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ยังเป็นสิ่งที่ฝังแน่นในตัวบุคคลและยากต่อการแก้ไขปรับปรุงหากไม่มีกลยุทธ์หรือวิธีการที่เหมาะสมต่อการปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้

6.6 การสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์

จ้านง พรายเข้มแข (2516: 49-50) ได้เสนอแนะการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

- 1) ในการสอนสิ่งหนึ่งสิ่งใดก็ตามต้องมีตัวอย่างประกอบให้มากๆ รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ประกอบการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนนั้นๆ
- 2) พยายามให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงให้มากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย เช่น พาเด็กไปศึกษานอกห้องเรียนกับสิ่งที่จะเรียนรู้โดยตรงจริงๆ กับต้นพืช สัตว์ สิ่งของ หรือเรื่องดิน หิน แร่ เป็นต้น
- 3) ในขณะเดียวกันสืบเนื่องจากข้อที่ 2 บางครั้งจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์รองมาใช้ในการเรียนบ้าง เพื่อให้เด็กเกิดประสบการณ์กับสิ่งทดแทนของจริงบ้าง เช่น หุ่นจำลอง รูปภาพ หรือสัญลักษณ์แทนสิ่งของต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริงๆ ที่คนเราไม่สามารถสัมผัสกับของจริงได้ตลอดเวลา อาจพบแต่รูปภาพหรือหุ่นจำลอง ก็สามารถที่จะเรียนรู้ได้ด้วยวิธีทำให้เกิดความสัมพันธ์ทางความคิดขึ้นเอง
- 4) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม หรือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองให้มากที่สุด
- 5) ส่งเสริมให้เด็กรู้จักใช้ความคิดในการหาเหตุผลอยู่เสมอ โดยรู้จักสังเกตและแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งต่างๆ ออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน

6) พยายามจัดวิธีบอกหรือบรรยายด้วยปากเปล่าออกไปให้มากที่สุด เพราะอาจจะทำให้เด็กเกิดมโนภาพเพื่อสร้างมโนคติอย่างผิดๆ ได้ง่าย ซึ่งเราจะพบเห็นอยู่เสมอว่าผู้ฟังปาฐกถามักจะสรุปหัวข้อสำคัญได้ไม่ค่อยจะตรงกัน ในกรณีของการสอนก็เช่นกัน

นาคยา ปิรันธนานนท์ (2542: 15) ได้เสนอวิธีสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนคติไว้ 2 วิธี คือการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติแบบนิรนัย (Deductive) และการสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนคติแบบอุปนัย (Inductive) แต่ละวิธีมีขั้นตอนดังนี้

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติแบบนิรนัย

- 1) กำหนดมโนคติที่จะสอนและแจ้งให้ผู้เรียนทราบ
- 2) อธิบายความหมายของมโนคติที่จะสอน
- 3) ให้ผู้เรียนดูและคัดเลือกสิ่งที่เป็นตัวอย่าง และที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนคติที่จะสอน
- 4) ให้ผู้เรียนเสนอตัวอย่างใหม่เพิ่มเติมที่เป็นตัวอย่างของมโนคติที่จะสอน
- 5) ให้ผู้เรียนสรุป อธิบายอีกครั้งหนึ่งว่ามโนคตินั้นเป็นอย่างไร

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติแบบอุปนัย

- 1) ผู้สอนไม่บอกมโนคติและอธิบายความหมายของมโนคติที่จะสอนแก่ผู้เรียน
- 2) ให้ผู้เรียนดูตัวอย่าง แล้วให้เลือกว่าตัวอย่างเหล่านั้นมีอะไรเป็นกลุ่มเดียวกันได้และอะไรที่ไม่เข้ากลุ่มกัน
- 3) ให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะที่มีอยู่ร่วมกันในตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้น
- 4) ให้ผู้เรียนติดตั้งชื่อหรือกลุ่มคำจากตัวอย่างเหล่านั้น
- 5) ให้ผู้เรียนสรุปอธิบายความหมายของคำหรือกลุ่มคำที่ตั้งขึ้นว่าหมายความว่าอย่างไร

มาร์ติน (Martin, 1997: 41) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

- 1) ครูเป็นผู้กำหนดเหตุการณ์ ปัญหา หรือเนื้อหาที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้
- 2) ให้นักเรียนได้วางแผนการแก้ปัญหา การสำรวจ การทดลอง หรือวิธีการที่จะได้ข้อมูลมาเพื่ออธิบายเหตุการณ์ ปัญหา หรือเนื้อหาที่ศึกษา
- 3) ให้นักเรียนได้เป็นเจ้าของความรู้เอง โดยให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้เอง
- 4) ครูให้คำแนะนำและตรวจสอบถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้มโนคติที่ถูกต้อง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากเหตุการณ์จริง หรือเรียนรู้จากแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับของจริง โดยนักเรียนควรจะได้ลงมือปฏิบัติจริง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างความรู้ด้วยตนเอง

7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ถ้านักเรียนมีความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้จะช่วยให้ นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถที่จะแสวงหาความรู้ในระดับสูงขึ้นไปได้

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะมีความสำคัญต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังมีความสำคัญต่อกิจกรรมในด้านต่างๆ ดังนี้ (สมชัย โกมล. 2535)

- 1) เป็นกระบวนการพื้นฐานสำคัญในการแสวงหาข้อมูลหรือความรู้ในวิชาต่างๆ
- 2) เป็นเครื่องมือในการแสวงหา จัดกระทำ ตรวจสอบ และสื่อความหมายข้อมูล

ตลอดจนข่าวสารต่างๆ

- 3) เป็นกระบวนการที่ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน
- 4) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน
- 5) เป็นเครื่องมือสำหรับครูที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะได้นำเสนอความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่บ่งชี้ว่านักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคำถามที่ส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

7.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะการทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นนั้นจะประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละคน มีผู้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังต่อไปนี้

กาเย่ (Gagne', 1965: 3) กล่าวถึงลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

- 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางด้านสติปัญญา และเป็นกระบวนการแก้ปัญหาเฉพาะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ
- 2) แต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แยกได้จากพฤติกรรมนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้กระบวนการนี้ได้ เพื่อให้สามารถหาความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 3) สามารถถ่ายโอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละกระบวนการจากวิทยาศาสตร์ไปยังสาขาอื่นๆ ได้ และสามารถนำไปใช้เป็นหลักในการคิดอย่างมีเหตุผลในการแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวันได้

เนย์ และคณะ (Nay; et al. 1971: 201) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการลำดับกิจกรรม หรือลำดับการปฏิบัติการซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมีกระบวนการต่างๆ ในการจัดเรียงลำดับขั้นตอนของการทำงาน

กุสเลน และสโตน (Kuslan; & Stone. 1972: 229) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย การสังเกต การวัด การทดลอง การออกแบบการทดลอง การอธิบาย การสรุป หลักเกณฑ์ และการพิจารณาเหตุผลเชิงนิรนัย

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537: 12) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างมีระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญา

บุปผาชาติ ทัพพิกรณ์ (2543: 3) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อพิจารณาจากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อาจแยกได้ดังนี้ ทักษะ หมายถึง ความชำนาญ กระบวนการ หมายถึง ความชำนาญในการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้การกระทำดำเนินการไปจนได้รับความรู้ออกมา ณ ระดับหนึ่ง

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 3) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะทางสติปัญญา หรือเป็นทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่น่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า หรือสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 33) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความชำนาญและความสามารถในการใช้ความคิด เพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) มีใช้ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (Psychomotor Skills / Hand on Skills) เนื่องจากการทำงานของสมอง

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางปัญญา ที่ได้รับการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ จนมีความชำนาญในการใช้ความคิด เพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

7.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ประเภท ตามแนวทางของสมาคมเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (AAAS) คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สุวัตร นิชมคำ. 2531: 261-264; ภพ เลหาไพบูลย์. 2537: 14-29; วรรณทิพา รอดแรงคำ; และพิมพ์นัช เชนะกุล. 2542: 3-6; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 60-65)

1) ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า (ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเข้าไปสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงต่างๆ อย่างละเอียดถี่ถ้วนเหมาะสมและตรงไปตรงมา โดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวหรือนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาเป็นข้อมูลของการสังเกตครั้งนั้น ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตแบ่งได้เป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

2) ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง ความสามารถในการที่จะวัดหาปริมาณสิ่งของต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ตลอดจนสามารถเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสม รวมถึงการระบุหน่วยที่ใช้ในการวัดได้ถูกต้อง ในการวัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งที่ต้องการวัดต้องฝึกให้นักเรียนหาคำตอบ 4 คำ คือ จะวัดอะไร วัดทำไม ใช้เครื่องมืออะไรวัด และจะวัดอย่างไร

3) ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง ความสามารถในการจัดแบ่งพวกหรือจัดกลุ่มและเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ โดยอาศัยเกณฑ์ที่เหมาะสม

4) ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา (Space / Space and Space / Time Relationships) หมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่างๆ ที่เกี่ยวกับสถานที่ รูปทรง ทิศทาง ระยะทาง พื้นที่ เวลา ฯลฯ

ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติของวัตถุ หมายถึง ความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 3 มิติ กับ 2 มิติ 2 มิติ กับ 1 มิติ เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หมายถึง การสร้างและมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของวัตถุกับเวลาหรือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา ซึ่งเรียกว่า ความเร็ว เป็นต้น

5) ทักษะการใช้ตัวเลข (Using Numbers) หมายถึง การนำเอาจำนวนที่ได้จากการวัด การสังเกตและการทดลองมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น อาจจะเป็นการบวก ลบ คูณ หาร การหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปใช้ประโยชน์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป

6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communicating) หมายถึง ความสามารถในการนำเอาข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต ทดลองมาจัดกระทำเสียใหม่ให้เป็นระบบระเบียบ กะทัดรัด มีความหมายและเข้าใจง่ายขึ้น เช่น การจัดอันดับ การทำตาราง แผนภูมิ แผนสถิติต่าง ๆ ตลอดจนการรายงานผลด้วยปากเปล่า หรือการเสนอรายงานด้วยเอกสารได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

7) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการเพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวให้กับข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้ หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ซึ่งจะไปสู่การตัดสินใจและลงข้อยุติของข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด และจากการทดลอง การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเดียวกัน อาจลงความคิดเห็นได้หลายอย่าง

8) ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ การพยากรณ์ที่จะสมเหตุสมผลนั้นจำเป็นต้องใช้อย่างยิ่งที่จะต้องใช้อ้างอิงของศาสตร์นั้น ๆ เป็นหลัก เช่น การพยากรณ์อากาศ ต้องใช้อ้างอิงทางด้านอุตุนิยมวิทยา การพยากรณ์ดวงดาวบนท้องฟ้า ก็ต้องใช้อ้างอิงทางดาราศาสตร์ เป็นต้น

9) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคาดการณ์ว่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการลงสรุปของคำอธิบายโดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

10) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การให้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่งในรูปที่สังเกต หรือนำมาปฏิบัติได้ โดยสามารถกำหนดได้ด้วยว่าในสถานการณ์หนึ่ง ๆ จะมีวิธีสังเกตหรือวิธีวัดสิ่งนั้นได้อย่างไร

11) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การแยกตัวแปรต่าง ๆ ออกเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องควบคุม โดยตัวแปรอื่น ๆ ดังกล่าวอาจจะมีผลต่อตัวแปรตาม จึงต้องมีการควบคุมตัวแปรเหล่านั้น เพื่อให้สามารถสรุปได้ว่าผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลจากตัวแปรต้นเพียงอย่างเดียว

12) ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง การสร้างเหตุการณ์หรือสถานการณ์จำลองขึ้นมาอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ไว้แล้ว และเพื่อจะได้ทดสอบซ้ำได้อีก การทดลองมีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบสมมติฐาน หรือแบบจำลองที่ยังสงสัยอยู่ โดยการทำให้วัตถุหรือเหตุการณ์เกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วนำผลที่ได้มาเทียบกัน การทดลองจะต้องประกอบด้วยกิจกรรมการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง

13) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมาย

ข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น ส่วนการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

7.3 พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการเกิดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกเมื่อเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังต่อไปนี้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ; และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2542: 12-148; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 60-65)

1) การสังเกต

- ชี้นำและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง
- บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ
- การบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ เช่น วันนี้อากาศร้อน ของเหลวในถ้วยนี้มีรสเค็ม ดอกไม้ดอกนี้มีกลิ่นหอม

2) การวัด

- เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด
- บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้
- บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง
- ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาณ น้ำหนักและอื่นๆ ได้ถูกต้อง
- ระบุนหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3) การจำแนกประเภท

- เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้
- เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้
- บอกเกณฑ์ที่คนอื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

4) การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา

- ชี้นำรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้
- วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้
- บอกชื่อของรูป และรูปทรงเรขาคณิตได้
- บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ เช่น ระบุนรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากหมุนรูป 2 มิติ หรือเมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ได้ เป็นต้น
- บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

- บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีวัตถุหนึ่ง
- บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกเงาว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้
- บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

5) การใช้ตัวเลข

5.1) การนับ

นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ และตัดสินใจว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

5.2) การคำนวณ

บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีคิดคำนวณได้

5.3) การหาค่าเฉลี่ย

บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ หาค่าเฉลี่ยได้ และแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้

6) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

- เลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
- บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้
- ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
- เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เข้าใจดีขึ้นได้
- บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7) การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของตนเอง เช่น ค้างทับทิมทำให้ผักสะอาด ฆ่าเชื้อโรค ชายแต่งกายชะมุกชะมอม มีสีติดตามเสื้อผ้านั้นมีอาชีพช่างทาสี เป็นต้น

8) การพยากรณ์

- คาดคะเนคำตอบที่จะเกิดขึ้นจากหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
- การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลองจากข้อมูลที่มีอยู่ได้

9) ทักษะการตั้งสมมติฐาน

หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น การให้ปุ๋ยแก่ส้มโอพันธุ์ทองดีทางลำต้นให้ผลดกกว่าให้ทางราก หรือการให้ปุ๋ยแก่ส้มโอพันธุ์ทองดี ทางรากและลำต้นให้ผลไม่แตกต่างกัน เป็นต้น

10) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

กำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้ และวัดได้ เช่น น้ำสะอาด คือน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส หรือความเจริญเติบโตของพืช หมายถึงความสูงของพืชที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

11) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

- ระบุตัวแปรต้นได้
- ระบุตัวแปรตามได้
- ระบุตัวแปรควบคุมได้
- กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้อย่างเหมาะสม

12) ทักษะการทดลอง

- กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย
- ระบุอุปกรณ์และสารเคมี ซึ่งจะต้องใช้ในการทดลองได้
- ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
- บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

- แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้
- บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

8. จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind)

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทุกระดับ มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญข้อหนึ่งระบุไว้ตรงกัน คือ ส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์และสอดคล้องกับการกำหนดคุณภาพของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ว่ากระบวนการเรียนรู้จะทำให้ นักเรียนสร้างองค์ความรู้และเกิดการพัฒนาศักยภาพจิตวิทยาศาสตร์ (กรมวิชาการ. 2545: 3)

สอดคล้องกับสมาคมพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (AAAS. 2001) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานด้านจิตวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) เข้าใจว่าหลักฐานชิ้นเดียวกันอาจจะมีคำอธิบายที่แตกต่างกันได้ และไม่จำเป็นต้องมีคำอธิบายที่ถูกต้องเพียงหนึ่งเดียว [บทที่ 12, ตอน A, เกรด 6-8, มาตรฐานที่ 3]

2) มีส่วนร่วมกับการอภิปรายภายในกลุ่มเกี่ยวกับหัวข้อทางวิทยาศาสตร์โดยการสรุปสิ่งที่ค้นอื่นพูดให้ถูกต้อง ถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจชัดเจนหรือขยายขอบเขตความรู้ และนำเสนอทางเลือกใหม่ ๆ [บทที่ 12, ตอน D, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 6]

3) ใช้ตาราง แผนภูมิ และกราฟในการสร้างข้อโต้แย้งและสนับสนุนคำพูดและสิ่งที่น่าสนใจ
[บทที่ 12, ตอน D, เกรด 9-12, มาตรฐานที่ 7]

4) ระลึกไว้เสมอว่าอาจจะมีการที่มากกว่าหนึ่งวิธีที่ใช้แปลความหมายชุดของข้อมูลที่ค้นพบ [บทที่ 12, ตอน E, เกรด 6-8, มาตรฐานที่ 4]

8.1 ความหมายของจิตวิทยาาสตร์

จิตวิทยาาสตร์ ตรงกับศัพท์ในภาษาอังกฤษว่า Scientific mind มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่าเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ หรือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) นักการศึกษาได้ให้ความหมายของจิตวิทยาาสตร์ไว้แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ฮอนเดอร์ริช (Honderich. 1995) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์ หมายถึง การคิดที่อยู่บนพื้นฐานวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติการมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการทางปัญญาเพียงวิธีการเดียวที่ได้รับการยอมรับ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถจัดการได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ซันโย เดนกี (Sanyo Denki. 1997) ได้กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์คือ ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ความคิดอย่างเป็นระบบ การรู้จักการออกแบบและวางแผน ทักษะการเรียนรู้ การทดลองและการสังเกต

วิสเซอร์ (Visser. 2000: Online) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์ (Scientific mind) ประกอบด้วยเจตคติ (attitude) และกระบวนการคิด (cognitive) ที่เกี่ยวข้องกับการคิดทบทวนความคิดของตน (meta-cognitive) ที่มีลักษณะเป็นนิสัยของจิตใจในการวิพากษ์วิจารณ์ความรู้ของผู้รู้หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งแสดงถึงความมีจริยธรรมและสุนทรียศาสตร์ในระดับสูงของบุคคล

โนวัค แกรี่ (Novak Gary. 2005) ได้กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์เป็นมาตรฐานของความเป็นปรณัย ความมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และความเป็นจริงที่สามารถที่จะพิสูจน์ได้เกี่ยวกับ ความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537: 12) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์หรือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้สึกลึกซึ้ง การกระทำให้การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีแก้ปัญหามากมาย เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดี

ศิริภรณ์ แม่นมั่น (2543: 57) ได้ให้ความหมายไว้ว่า จิตวิทยาาสตร์ คือ การแสดงออกทางด้านจิตใจที่เอื้อต่อการสืบเสาะหาความรู้ อันได้แก่ การเป็นคนมีเหตุมีผล มีความอยากรู้อยากเห็น มีความซื่อสัตย์ มีความเพียรพยายาม มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ มีความใจกว้างและยอมรับฟังความคิดเห็นใหม่ๆ เพื่อนำไปสู่การทำงานที่มีประสิทธิภาพ และนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546ข: 151) ได้กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind/scientific attitudes) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย คุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทนรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

ทัศนภรณ์ แสงศรีเรือง (2548: 20) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือกล้าแสดงออก เสนอความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่ม กระตือรือร้นในการปฏิบัติงานและตรงต่อเวลา มีเหตุผลรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่ม มีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น ภูมิใจในผลงานของกลุ่มที่ร่วมกันจัดทำ และแสดงความชื่นชมยินดีกับเพื่อนกลุ่มอื่น

สรุปได้ว่า จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัย ความเชื่อ ความคิดของบุคคลบนพื้นฐานวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรม ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ และความใจกว้าง

8.2 ลักษณะของบุคคลที่มีจิตวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีจิตวิทยาศาสตร์ ที่เอื้ออำนวยต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้แตกต่างกันไป แต่ลักษณะของบุคคลที่จะมีจิตวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่นักการศึกษา มักจะกล่าวถึง และผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาจะมีลักษณะพอสรุปได้ดังนี้ (Neuman. 1993: 13-16; ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525: 55-57; สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531: 259-260; ภพ เลหาไพบุลย์. 2537: 12-13; วรรณทิพา รอดแรงคำ; และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2542: 6-7; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546ข: 15)

1) ความอยากรู้อยากเห็น นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความอยากรู้อยากเห็น ช่างสงสัย เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในเรื่องต่างๆ และจะมีความยินดีมากที่ได้พบความรู้ใหม่

2) ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีความรับผิดชอบและมีความเพียรพยายาม ไม่ทอดทิ้งเมื่อมีอุปสรรค หรือมีความล้มเหลวในการทดลอง มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการแสวงหาความรู้ เมื่อได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องก็จะได้ทราบว่าการเดิมใช้ไม่ได้ ต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่ และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นนั้นก็ถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องบันทึกไว้

3) ความมีเหตุผล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพออธิบาย หรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสดงหาหลักฐานและข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอก่อนจะสรุปผล เห็นคุณค่าในการสรุปผล เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผล ยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง

4) ความมีระเบียบและรอบคอบ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้เห็นคุณค่าของความมีระเบียบ รอบคอบว่ามีประโยชน์ในการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน นำวิธีการหลายๆ วิธีมา ตรวจสอบผลการทดลองหรือวิธีการทดลอง ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ ละเอียดยึดมั่นในการทำงาน ทำงานอย่างเป็นระบบเรียบร้อย มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

5) ความซื่อสัตย์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความซื่อสัตย์ บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงด้วยความละเอียดถูกต้อง ผู้อื่นสามารถตรวจสอบในภายหลังได้ เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลด้วยความเป็นจริง

6) ความใจกว้าง นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ยอมรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง ข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่นโดยไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับประเด็นปัญหาที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้

8.3 พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีจิตวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 133-136) ได้แจกแจงถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่านักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ไว้ดังนี้

1) ด้านความอยากรู้อยากเห็น

- ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะใช้เป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้
- มีความใฝ่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ ๆ อยู่เสมอ
- มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ
- ชอบทดลองค้นคว้า
- ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น ฯลฯ

2) ด้านความรับผิดชอบและเพียรพยายาม

- ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย
- เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ
- ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา

- เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม
- ทำงานเต็มความสามารถ
- ดำเนินการแก้ปัญหาจนกว่าจะได้คำตอบ
- ไม่ทอดทิ้งในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
- มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลานาน ฯลฯ

3) ด้านความมีเหตุผล

- ขอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
- เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ
- พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลาง หรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้
- อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
- หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น
- ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
- เสาะแสวงหาหลักฐาน/ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย
- รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่างๆ ฯลฯ

4) ด้านความมีระเบียบและรอบคอบ

- ขอมรับว่าความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มิประโยชน์
- เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ
- นำวิธีการหลายๆ วิธีมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง
- มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์
- มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
- มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
- ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง
- ทำงานอย่างมีระเบียบและเรียบร้อย ฯลฯ

5) ด้านความซื่อสัตย์

- เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างกับผู้อื่น
- เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง
- บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริง และไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองเข้าไป

เกี่ยวข้อง

- ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง ฯลฯ

6) ด้านความใจกว้าง

- รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น
- ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง
- รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ
- ยอมพิจารณาข้อมูลหรือแนวความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ และพร้อมที่จะหา

ข้อมูลเพิ่มเติม ฯลฯ

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสอนแบบสืบเสาะ

เดวิส (Davis, 1979) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะที่ใช้การชี้แนะทางกับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ผลปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะแบบที่ชี้แนะทาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่า การสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อับราฮัมและเรนเนอร์ (Abraham and Renner, 1986: 87) ได้ศึกษาผลงานการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของการสอนตามแนววัฏจักรการเรียนรู้ในวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษา พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนววัฏจักรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหาวิชาและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนปกติ และนอกจากนี้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ยังมีผลต่อความคงทนในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากผลงานวิจัยชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการสอนตามแนววัฏจักรการเรียนรู้ดังนี้

- 1) มีประสิทธิภาพในการเรียนและการสร้างความรู้
- 2) เป็นการสอนที่จัดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความรู้ที่มีมาก่อนโดยการสนทนาและการอภิปรายทางความคิด
- 3) ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้และพัฒนาการทางสติปัญญา และช่วยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียน

ลาวอย (Lavoie, 1999: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการเพิ่มขึ้นพยากรณ์และการอภิปรายในตอนเริ่มต้นของการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การศึกษา สำรวจ การให้นิยาม และการนำโมเดลไปใช้ การวิจัยนี้ดำเนินการสอนกับวิชาชีววิทยาโดยการให้นักเรียนพยากรณ์จากการเขียนสมมติฐานเป็นรายบุคคล เรื่อง พันธุกรรม นิเวศวิทยา วิวัฒนาการ หลังจากนั้นนักเรียนจะอภิปรายเกี่ยวกับการพยากรณ์และหาเหตุผล ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม การสังเกตในชั้นเรียน การเขียนอนุทินของครูและผู้วิจัย และข้อสอบประเมินการเปลี่ยนแปลงทางด้านพุทธิพิสัยของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การ

สอนด้วยวิธีการเรียนรู้ที่มีการพยากรณ์และการอภิปรายทำให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการ ทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล มโนคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการสอนปกติ

บิลลิง (Billings. 2002: 840) ได้ศึกษาการประเมินผลการเรียนแบบสืบเสาะตามแนววิธีการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาเป็นเวลา 5 ปี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 28 คน มีการเก็บข้อมูลโดยใช้การสังเกต แบบทดสอบและแบบสอบถามผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้มีความสนใจเนื้อหาวิชาเพิ่มขึ้นร้อยละ 56 นักเรียนร้อยละ 75 มีความสนุกกับการเรียนแบบวิธีการเรียนรู้ และนักเรียนมีคะแนนระดับความสามารถเท่ากับร้อยละ 85 โดยสรุปการเรียนแบบวิธีการเรียนรู้เป็นรูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพที่ส่งเสริมการเรียนรู้และทำให้นักเรียนมีความสนใจ และความพึงพอใจการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นุชรรัตน์ โนนสินชัย (2536: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างและทดสอบแบบจำลองทฤษฎีกับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างและทดสอบแบบจำลองทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เปรมจิตร บุญสาย (2541: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 5E สอนบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ 5 สาขา 20 บทปฏิบัติการแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย(ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้) ด้านจิตพิสัย(เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไปคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม และคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย(ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนทดลองสอน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท.

เรวัต สุภมั่งมี (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว สูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001

2) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องสารรอบตัว สูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001

3) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ อยู่ในระดับดี

วัฒนา จิรชนสมบัติ (2542: 75) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ และนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ ยกเว้นทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และนักเรียนยังมีพฤติกรรมกาปฏิบัติงานทางด้านวิชาการและทางด้านทักษะทางสังคมสูงกว่าร้อยละ 80

ณรงค์ โสภณ (2547: บทคัดย่อ) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความคงทนในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนอนุบาลศรีธาตุ อำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 33 คนที่ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

3) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ มีความคงทนในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคงทนในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์หลังการเรียนผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์ เฉลี่ยไม่น้อยกว่าค่าคะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

รัตนาวรรณ ธนานุรักษ์ (2547: บทคัดย่อ) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจิตวิทยาาสตร์ และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยดำเนินการสอนเรื่องปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนจิตวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง (คะแนนเฉลี่ย = 4.43) และนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.73)

ประภัสสร ผลสินธ์ (2547: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบสวท. ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์โดยรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนไม่แตกต่างกับนักเรียนกลุ่มควบคุม แต่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อรุณรัตน์ มูลโพธิ์. (2548: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีต่อเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ และการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และการคิดแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่การคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ไม่มีความแตกต่างกัน

เยาวลักษณ์ ชื่นอรมณ. (2549: บทคัดย่อ) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E พบว่า หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5E นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากงานวิจัยที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการสอนแบบสืบเสาะช่วยพัฒนานักเรียนทั้งทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการสอนแบบปกติพบว่าการสอนแบบสืบเสาะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการสอนแบบปกติ

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แอคตัน (Aktan, 2005: Abstract) ได้ศึกษาความรู้และความเข้าใจของครูเกี่ยวกับแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลอง และศึกษาเจตคติต่อการใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีคำถามการวิจัยดังนี้ ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอะไรบ้างที่ครูวิทยาศาสตร์ยึดถืออยู่ซึ่งเป็นผลมาจากการศึกษาในมหาวิทยาลัย ครูวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อการใช้แบบจำลองในการสอนของพวกเขา

อย่างไร การวิจัยครั้งนี้แอกตันได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ชนิดหลักๆ คือ การสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้างเชิงลึก และแบบสอบถามปลายเปิด ข้อมูลถูกวิเคราะห์จากการแปลความหมายภาพปรากฏการณ์

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าครูยังคงมีความเข้าใจแตกต่างกันมากเกี่ยวกับแบบจำลองและธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เห็นได้ชัดว่าความรู้ของครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมีอยู่น้อยมาก และครูมองว่าแบบจำลองเป็นตัวอย่างเพื่อการสอน และตัวแสดงแทน (Representation) ครูมักจะนิยามคำว่าแบบจำลองโดยการยกตัวอย่าง ตัวแสดงแทน (Representation) หรือรูปแบบอย่างง่ายของสิ่งที่มีอยู่จริง นอกจากนี้พบว่าครูมีเจตคติทางบวกต่อการใช้แบบจำลองในการสอนของพวกเขา แต่ครูพบว่ามีข้อจำกัดด้านระดับการศึกษาของนักเรียน เวลา การขาดประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลอง และด้านความรู้เกี่ยวกับแบบจำลอง ผลจากการอภิปรายผลเพื่อนำไปใช้พัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และโครงการผลิตครู แอกตันจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตว่า ในขณะที่เรียนอยู่ในมหาวิทยาลัยควรส่งเสริมให้ครูวิทยาศาสตร์ทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมากขึ้น ครูควรจะได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองมากขึ้น และให้ครูร่วมมือกันทำความเข้าใจและนำแบบจำลองไปใช้ในการจัดการเรียนรู้มากขึ้น

โลเปร์ (Loper, 2005: Abstract) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การต่อสู้กับการเรียนรู้เกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนเขตเมือง ผู้วิจัยวิเคราะห์จากการบันทึกวิดีโอในการทำงานกลุ่มย่อย และปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียน นอกจากนี้ยังวิเคราะห์จากการเขียนรายงานของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่าในห้องเรียนนี้นักเรียนต้องต่อสู้เพื่อทำความเข้าใจธรรมชาติและเป้าหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และจากการวิเคราะห์การอภิปรายในห้องเรียนของนักเรียนเกี่ยวกับแบบจำลอง ผู้วิจัยพบว่ามีหลายกรณีที่นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสม และยังเข้าใจว่าอะไรคือแบบจำลอง รวมทั้งหน้าที่ของแบบจำลองในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ โลเปร์ ยังได้แนะนำสำหรับการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรในอนาคตว่า ควรจะมีการออกแบบวิธีการที่จะช่วยสนับสนุนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการร่วมมือกันและฝึกฝนการสื่อสาร และหาแนวทางเพื่อสร้างแบบจำลองจากการให้เหตุผลในชีวิตประจำวันของพวกเขา และฝึกฝนการอภิปรายโต้แย้ง ในการวิจัยควรจะทำให้ความสำคัญกับการสนทนาในห้องเรียนด้วย ไม่ใช่ประเมินผลเฉพาะก่อนเรียนกับหลังเรียน ทั้งนี้เพราะการเรียนการสอนเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง

สเตียร์ (Steer, 2005: 415) ได้สอนด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนมโนคติโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนขนาดใหญ่เพื่อท้าทายความคิดของนักเรียนเรื่องโครงสร้างภายในของโลก เพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของโลกในห้องเรียนขนาดใหญ่ โดยกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โลก (Earth Science) จำนวน 97 คน

ผลจากการเปรียบเทียบภาพวาดแบบจำลองของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนจำนวนร้อยละ 19 (18/97) ไม่สามารถวาดโครงสร้างภายในของโลกที่มีองค์ประกอบถูกต้องได้ (นักเรียนวาดโครงสร้างภายในของโลกมีลักษณะเป็นชั้นๆ ในแนวดิ่งหรือแนวนอน) ส่วนนักเรียนที่เหลือร้อยละ 81 (79/97) สามารถวาดโครงสร้างภายในของโลกอย่างง่ายได้ (ประกอบด้วยวงกลมหลายวงที่มีจุดศูนย์กลางเดียวกัน) โดยร้อยละ 95 (75/79) ของนักเรียนจำนวนนี้ ก่อนเรียนเชื่อว่าเปลือกโลกหนาหลายร้อยกิโลเมตร มีนักเรียนเพียงแค่อ้อยู่ 5 (4/79) ของนักเรียนจำนวนนี้ที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของโลกถูกต้อง หลังเรียนพบว่าผลจากการสอนและการอภิปรายกับเพื่อนๆ ช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากหลังเรียนมีนักเรียนเหลือเพียงร้อยละ 3 (3/97) ที่ยังคงยึดถือความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องที่มีอยู่ก่อนเรียน นักเรียนร้อยละ 18 (18/97) เปลี่ยนแปลงความเชื่อจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจว่าเปลือกโลกหนา นักเรียนร้อยละ 58 (58/97) เริ่มมองเห็นมาตราส่วนสัมพัทธ์ของชั้นต่างๆ ของโลก นักเรียนจำนวนร้อยละ 30 (28/97) สามารถวาดโครงสร้างภายในของโลกด้วยมาตราส่วนที่ถูกต้องได้ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 65) สามารถตอบคำถามที่ทดสอบหลังสอนจบไปแล้ว 5 บท เกี่ยวกับโครงสร้างของโลกได้ถูกต้อง ดังนั้นการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ไปยอมรับแนวความคิดที่ถูกต้องได้

ออร์เนค (Ornek, 2006: Abstract) ได้ศึกษาผลของการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการกระตุ้น ต่อความคิดรวบยอดของนักเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จำนวน 75 คน นักเรียนถูกทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบหลายตัวเลือก และแบบทดสอบปลายเปิด นอกจากนี้ยังสัมภาษณ์นักเรียนที่เป็นอาสาสมัคร

ผลการวิจัยพบว่าการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการกระตุ้นช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาฟิสิกส์ และผลจากการสัมภาษณ์พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนพัฒนาขึ้นหลังจากสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นั่นคือการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งผลทางบวกต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ฟิรอล ออแกน-เบกิโรกลู (Feral Ogan-Bekiroglu, 2007: 555) ได้ศึกษาผลของการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อความคิดรวบยอดของครูฟิสิกส์ฝึกสอนเรื่อง ดวงจันทร์ การเปลี่ยนแปลง

รูปร่างของดวงจันทร์ และปรากฏการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวกับดวงจันทร์ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2 ข้อ คือ 1) เพื่อศึกษาความเข้าใจก่อนเรียนของครูฟิสิกส์ฝึกสอนในประเทศตุรกี เรื่อง ดวงจันทร์ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์ และปรากฏการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวกับดวงจันทร์ 2) เพื่อศึกษาผลของการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อความคิดรวบยอดของครูฟิสิกส์ฝึกสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นครูฟิสิกส์ฝึกสอนจำนวน 36 คน อายุระหว่าง 22 ถึง 27 ปี จบมาจากมหาวิทยาลัย 11 แห่ง และเคยเรียนเนื้อหาเกี่ยวกับการสะท้อน การกระเจิง แรงโน้มถ่วง การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม และกฎของเคปเลอร์ มาแล้วในระดับปริญญาตรี

ผลการวิจัยพบว่าครูฟิสิกส์ฝึกสอนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับดวงจันทร์จำนวนมาก ครูฟิสิกส์ฝึกสอนจำนวนร้อยละ 36 ไม่คิดว่าดวงอาทิตย์ขึ้นและตก มีครูเพียงแค่สองคน (ร้อยละ 6) ที่สามารถอธิบายสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา ครูฝึกสอนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 60) เข้าใจว่าดวงจันทร์โคจรรอบโลกเป็นวงกลม มีครูฝึกสอนเพียงแค่ร้อยละ 33 ที่สามารถอธิบายสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์มีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อเคลื่อนที่เข้ามาใกล้โลก ส่วนครูฝึกสอนอีกร้อยละ 61 ไม่ตอบคำถามข้อนี้ มีครูฝึกสอนเพียงแค่ร้อยละ 6 ที่สามารถอธิบายได้ว่าระนาบวงโคจรของดวงจันทร์เอียงทำมุม 5 องศา กับเส้นสุริยวิถี ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่เกิดอุปราคาทุกเดือน และหลังจากการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่าครูฝึกสอนมีความเข้าใจปรากฏการณ์เกี่ยวกับดวงจันทร์มากขึ้น เช่น การที่ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา การเกิดอุปราคา เป็นต้น อย่างไรก็ตามความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์ขึ้นช้าลงวันละ 50 นาติ รูปร่างวงโคจรของดวงจันทร์ และสาเหตุการเปลี่ยนแปลงความเร็วของดวงจันทร์ ไม่แตกต่างกับก่อนเรียน

จากงานวิจัยที่กล่าวมาเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานน้อยมาก (Aktan, 2005) และควรจะมีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรเกี่ยวกับการสอนที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานมากขึ้นในอนาคต (Loper, 2005) เนื่องจากว่าการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (Steer, 2005: 415; Ornek, 2006: Abstract; Feral Ogan-Bekiroglu, 2007: 555) นอกจากนี้ การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังช่วยพัฒนาวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย และครูมีเจตคติทางบวกต่อการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Aktan, 2005: Abstract)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ที่มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน
4. การสร้างเครื่องมือวิจัย
5. การศึกษานำร่อง
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 241 คน แบ่งออกเป็น 6 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ โดยนักเรียนแต่ละห้องมีเกรดเฉลี่ย สะสมวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 39 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest - Posttest Designs (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 249) มีรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดง แบบแผนการวิจัยเป็นแบบ One-Group Pretest - Posttest Design

สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
T_1	X	T_2

เมื่อ X แทน การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model

T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจ โนมดิ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาาสตร์

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจ โนมดิ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาาสตร์

การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับสาระดาราศาสตร์และอวกาศ และศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้สาระดาราศาสตร์และอวกาศ ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสรรถนนิชม การสอนแบบสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน และสื่อการสอน ดังนี้

1.1 สภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคเดียวกัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545: 33) นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และจากผลการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศ พบว่านักเรียนมักจะเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ เช่น การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การเกิดอุปราคา และการเกิดฤดูกาล เป็นต้น แม้แต่คนในวัยผู้ใหญ่ก็ยังมี ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่มากเกี่ยวกับปรากฏการณ์เหล่านี้ สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีรายงานการวิจัย

1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสรรถนนิชม

การพัฒนา รูปแบบการสอนครั้งนี้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีสรรถนนิชม โดยใช้ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ และทฤษฎีวิวัฒธรรมเชิงสังคมของไวทือดกี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ สรุปได้ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของบุคคล โดยผ่านกระบวนการดูดซึมและปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ ถ้าความรู้ใหม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมจะเกิดการดูดซึมความรู้ใหม่ไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาเดิม แต่ถ้าความรู้ใหม่ไม่สอดคล้องกับความรู้เดิมจะเกิดภาวะไม่สมดุลจะมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาเดิมให้เหมาะสมกับความรู้ใหม่จนเกิดภาวะสมดุล สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

- 1) จัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เกิดการเรียนรู้
- 2) จัดการเรียนรู้ให้เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อให้เด็กเข้าใจสิ่งต่างๆ ชัดเจนขึ้น
- 3) ควรเริ่มสอนจากสิ่งที่เด็กคุ้นเคยหรือมีประสบการณ์มาก่อน
- 4) เปิดโอกาสให้เด็กได้รับประสบการณ์หลายทาง

1.2.2 ทฤษฎีสรณนิคมเชิงสังคมของไวโกตสกี สรุปได้ว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ใช้การเจรจาโต้แย้งเพื่อสร้างความรู้ พัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนจะเพิ่มถึงขั้นสูงสุดได้เมื่อได้รับการช่วยเหลือจาก ครู เพื่อนๆ หรือผู้ปกครอง สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

- 1) นักเรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ ด้วยตนเอง ต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งต่างๆ ในบริบทที่เป็นจริง
- 2) นักเรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับข้อมูล สื่อ วัสดุที่เป็นจริง และสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน
- 3) นักเรียนต้องสามารถจัดกระทำ ศึกษา วิเคราะห์ ทดลอง จนเกิดความรู้ความเข้าใจขึ้น
- 4) ครูต้องสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ระหว่างนักเรียนกับบุคคลต่างๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนลึกซึ้งและกว้างขวางมากขึ้น
- 5) นักเรียนจะเป็นผู้แสดงบทบาทสำคัญในการทำกิจกรรมการเรียนรู้
- 6) ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และสร้างแรงจูงใจภายในให้กับนักเรียน

1.3 การสอนแบบสืบเสาะ เป็นการสอนที่มีกิจกรรมหลากหลาย ซึ่งประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่น่าสนใจ การวางแผนสืบค้น การทบทวนความรู้ที่มีอยู่เมื่อได้รับหลักฐานใหม่จากการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การเสนอคำอธิบาย การพยากรณ์ การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดเชิงเหตุผล การตรวจสอบคำอธิบายเลือก ตลอดจนการเผยแพร่ผลการศึกษา โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก การสอนแบบสืบเสาะเป็นการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนานักเรียนทั้งทางด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมที่นิยมใช้กัน คือขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจ ขั้นการอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และ ขั้นประเมินผล

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสตรรกนิยม โดยการให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ แล้วค้นหารูปแบบของข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง อธิบายปรากฏการณ์ นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างกว้างขวาง มีการเจรจาต่อรองด้วยเหตุผลและหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดของตน นักเรียนต้องประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองเมื่อขัดแย้งกับหลักฐานเชิงประจักษ์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนอกจากช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้อย่างลึกซึ้งและรวดเร็วขึ้นแล้ว ยังช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ จิตวิทยาศาสตร์อีกด้วย

1.5 สื่อการสอน ที่ใช้ประกอบการสอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศส่วนใหญ่เป็นรูปภาพที่แสดงข้อมูลได้เพียง 2 มิติ เท่านั้น ส่วนสื่อการสอนที่เป็นแบบจำลองนั้นมีอยู่น้อยมาก ทั้งที่แบบจำลองมีบทบาทอย่างยิ่งในการนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน เนื่องจากสามารถสร้างความสนใจ เน้นความสัมพันธ์ของระบบ เป็นตัวแทนของจริงเข้าใจง่ายต่อการเรียนรู้ จดจำได้นานทำให้เข้าใจจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม สื่อความหมายได้ถูกต้อง ให้ความเข้าใจด้วยการสัมผัส มีอายุการใช้งานนาน และช่วยให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์ แต่จากการศึกษาพบว่าในโรงเรียนส่วนใหญ่มีการสอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศโดยใช้แบบจำลองน้อยมาก ที่มีอยู่บ้างก็เฉพาะโรงเรียนขนาดใหญ่ หรือไม่มีก็ระดับมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองเหล่านี้มีราคาแพง และไม่สามารถแสดงปรากฏการณ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2. ศึกษาความเข้าใจโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน

เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้สาระดาราศาสตร์และอวกาศที่ผ่านมาอย่างแท้จริง ผู้วิจัยจึงทดสอบความเข้าใจโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ในพื้นที่ชนบทของประเทศไทยทั้ง ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126) โดยใช้แบบทดสอบชนิด 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบทดสอบของไซลิค (Zeilik; et al. 1998) และทริมเปอร์ (Trumper. 2001) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ทดสอบสมมติฐานด้วย t-test independent และ One-way ANOVA แล้วทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนมีความเข้าใจโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานน้อยทุกมโนคติ โดยเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก คือ ด้านหน้าของดวงจันทร์(15.67%) ฤดูกาล(18.71%) อุปราคา(31.29%) มาตราส่วน(34.10%) ข้างขึ้นข้างแรม(36.49%) และวัฏจักรกลางวันกลางคืน(41.73%) ตามลำดับ

(2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ (3) นักเรียนในภาคเหนือมีความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานสูงกว่านักเรียนในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากการวิเคราะห์แต่ละมโนคติพบว่านักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า โลกดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์มีขนาดใกล้เคียงกัน และอยู่ใกล้กันมาก นักเรียนคิดว่ากลางวันกลางคืนมีสาเหตุจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่าฤดูกาลมีสาเหตุมาจากระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์มีสาเหตุมาจากเงาของโลกบัง ดวงจันทร์ นักเรียนเชื่อว่าดวงจันทร์ไม่ได้หมุนรอบแกนตัวเอง นักเรียนเชื่อว่าสุริยุปราคาเกิดขึ้นได้ในวันขึ้น 15 ค่ำ

ยิ่งกว่านั้นเมื่อสุ่มนักเรียนบางคนมาสัมภาษณ์พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมโนนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานสูงมาก โดยนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์เหล่านั้นได้ แม้ว่าจะมีนักเรียนบางคนตอบคำถามได้ถูกต้องแต่นักเรียนเหล่านี้ก็ไม่มั่นใจในคำตอบของตัวเอง ไม่สามารถบอกหลักฐานที่สนับสนุนแนวคิดของตนเองได้

การทดสอบและสัมภาษณ์นักเรียนดำเนินการ ในระหว่างวันที่ 1-10 เดือน ธันวาคม 2550 โดยทำการทดสอบเสร็จแล้วจึงสุ่มนักเรียนมาสัมภาษณ์

3. สัมภาษณ์ครูผู้สอน

จุดประสงค์ในการสัมภาษณ์ครูผู้สอน เพื่อศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้และปัญหาในการจัดการเรียนรู้สาระดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่อง ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ จากครูผู้สอนที่มีประสบการณ์สอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่อง ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ มาแล้วอย่างน้อย 3 ปี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ที่เต็มใจให้สัมภาษณ์ จำนวน 3 คน การเตรียม และการดำเนินการสัมภาษณ์ ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 กำหนดประเด็นและจัดสร้างแนวคำถามสำหรับการสัมภาษณ์เพื่อศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนและปัญหาในการสอนในประเด็นต่าง ๆ โดยจำแนกตามหมวดหมู่คำถามหลักเป็นด้านๆ ดังต่อไปนี้

- ด้านเนื้อหาสาระที่สอน
- กิจกรรมการเรียนรู้
- ด้านสื่อการสอน
- ด้านการวัดผลและประเมินผล

3.2 สัมภาษณ์ครูผู้สอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่อง ระบบโลก ดวงจันทร์ และ ดวงอาทิตย์ ที่มีประสบการณ์สอนมาแล้วอย่างน้อย 3 ปี ที่เต็มใจให้สัมภาษณ์ จำนวน 3 คน และในการ สัมภาษณ์ได้บันทึกการสัมภาษณ์โดยเทปบันทึกเสียงและการจดบันทึก

3.3 วิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้กำหนดเค้าโครงการวิเคราะห์ว่ามีหัวข้อ ได้บ้างจากการสนทนาและจากประเด็นคำถามที่กำหนดไว้ใน การสนทนา แล้วจึงจัดหมวดหมู่ของ เนื้อหาในบทสนทนาและวิเคราะห์ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในเค้าโครงการวิเคราะห์ เพื่อสรุปความ คิดเห็นของครูที่เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้และปัญหาในการจัดการเรียนรู้สาระดาราศาสตร์และ อวกาศ เรื่อง ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์

ผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศในระดับช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 3 ท่าน เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้ในด้านต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

1) ด้านเนื้อหา พบว่าเนื้อหาที่ครูสอนสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ เนื้อหาการเรียนลำดับจากง่ายไปหายาก เมื่อพิจารณาถึงระดับความยากง่ายของเนื้อหาครูเห็นว่าอยู่ใน ระดับที่เหมาะสม แต่ควรมีตัวอย่าง โจทย์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันมากขึ้น

2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่าครูไม่ได้ทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อศึกษาความรู้เดิม ของนักเรียน แต่ละภาคเรียนครูจะบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีประเมินผล และเกณฑ์การออกเกรดให้ นักเรียนทราบก่อนเรียน การสอนส่วนใหญ่ครูอธิบายบนกระดาน ให้นักเรียนอ่านใบความรู้ และ อภิปรายร่วมกัน ครูไม่มีเวลาตรวจการบ้านให้นักเรียนทุกคนจึงใช้วิธีเฉลยคำตอบบนกระดานดำ แล้วให้ นักเรียนแลกเปลี่ยนตรวจ ครูไม่สามารถจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะที่ให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูล จากปรากฏการณ์จริงได้เลย เนื่องจากมีเวลาจำกัด กิจกรรมส่วนใหญ่จึงเป็นลักษณะของการบรรยาย หรือให้นักเรียนอภิปรายสรุปจากใบความรู้ แต่ปัญหาที่สำคัญคือนักเรียนบางคนไม่กล้าแสดงออก ไม่ เข้าร่วมแสดงความคิดเห็นกับสมาชิกในห้อง และนักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นที่ขัดแย้งกับครูหรือ เพื่อนนักเรียนที่เรียนเก่ง

3) ด้านสื่อการเรียนการสอน พบว่า ครูใช้สื่อประกอบการสอนน้อยมาก ซึ่งโดยปกติจะมี เพียง ชอล์ก กระดานดำ และหนังสือเรียน ครูมีความเห็นว่าสื่อการเรียนการสอนช่วยให้การดำเนิน กิจกรรมการเรียนรู้รวดเร็วขึ้นและนักเรียนจะสามารถเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น แต่ครูไม่สามารถทำสื่อการ เรียนการสอนเหล่านั้นได้เนื่องจากไม่มีเวลาและแนวทางในการจัดทำสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

4) ด้านการวัดและประเมินผล พบว่า ครูประเมินผลจากการตรวจการบ้าน การตอบ คำถามในชั้นเรียน และการทดสอบท้ายบท แบบทดสอบที่ใช้มีทั้งแบบเติมคำ แบบตัวเลือก และแบบ เขียนบรรยาย ปัญหาในการวัดผลคือนักเรียนส่วนหนึ่งลอกการบ้านของเพื่อนมาส่ง ทุจริตในการทำ ข้อสอบ และบางคนไม่ตั้งใจทำข้อสอบ ทำให้ผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

การสัมภาษณ์ครูผู้สอนทั้ง 3 ท่านดำเนินการ ในวันที่ 17-19 เดือน ธันวาคม 2550 โดยใช้เวลาในการสัมภาษณ์แต่ละท่านประมาณ 30 นาที

การสร้างเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model แบบวัดความเข้าใจโนมตี แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจโนมตีดาราศาสตร์พื้นฐาน แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูและผู้วิจัย และแบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model)

แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องและมีมาตราส่วนที่เหมาะสม ประกอบด้วยไฟฉายใช้แทนดวงอาทิตย์ ลูกโลกจำลองใช้แทนโลก และลูกปิงปองใช้แทนดวงจันทร์ โดยใช้ชุดเฟืองเป็นตัวขับเคลื่อนให้โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์เคลื่อนที่สัมพันธ์กัน ซึ่งเมื่อทำให้โลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบ (1 วัน) ดวงจันทร์จะโคจรรอบโลกไปประมาณ 13.17 องศา และในขณะเดียวกันโลกก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ไปประมาณ 1 องศา ดังนั้นถ้าโลกหมุนรอบตัวเอง ประมาณ 27.321 รอบ (27.321 วัน) ดวงจันทร์ก็จะโคจรรอบโลกครบรอบพอดี แต่เราจะเห็นดวงจันทร์มีรูปร่างเหมือนเดิมโลกต้องหมุนรอบตัวเองประมาณ 29.53 รอบ (1 เดือน) ทั้งนี้เพราะในขณะที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ทั้งโลกและดวงจันทร์ก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วย และถ้าโลกหมุนรอบตัวเองประมาณ 365.25 รอบ (365.25 วัน) ดวงจันทร์ก็จะโคจรรอบโลกประมาณ 13.368 รอบ (ดวงจันทร์เปลี่ยนแปลงรูปร่างไป 12.368 รอบ) และโลกก็จะโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบหนึ่งรอบพอดี(1 ปี) แบบจำลองชุดนี้มีการเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง 0.6 วัน/ปี นอกจากนี้แบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นยังคำนึงถึงมาตราส่วนที่ใกล้เคียงกับมาตราส่วนจริงของระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อีกด้วย กล่าวคือ ตามมาตราส่วนจริง ถ้ากำหนดให้โลกมีขนาด 14 เซนติเมตร ควรจะต้องใช้ดวงจันทร์มีขนาด 3.8 เซนติเมตร อยู่ห่างจากโลก 4.2 เมตร และดวงอาทิตย์มีขนาด 15.27 เมตร อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1.64 กิโลเมตร ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถสร้างแบบจำลองให้มีมาตราส่วนถูกต้องได้ ผู้วิจัยจึงสร้างได้เพียงแบบจำลองที่มีมาตราส่วนเหมาะสม โดยใช้โลกมีขนาด 14 เซนติเมตร ดวงจันทร์มีขนาด 3.7 เซนติเมตร อยู่ห่างจากโลก 1.2 เมตร และใช้หลอดไฟขนาด 500 วัตต์ แทนดวงอาทิตย์ อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1.3 เมตร มีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

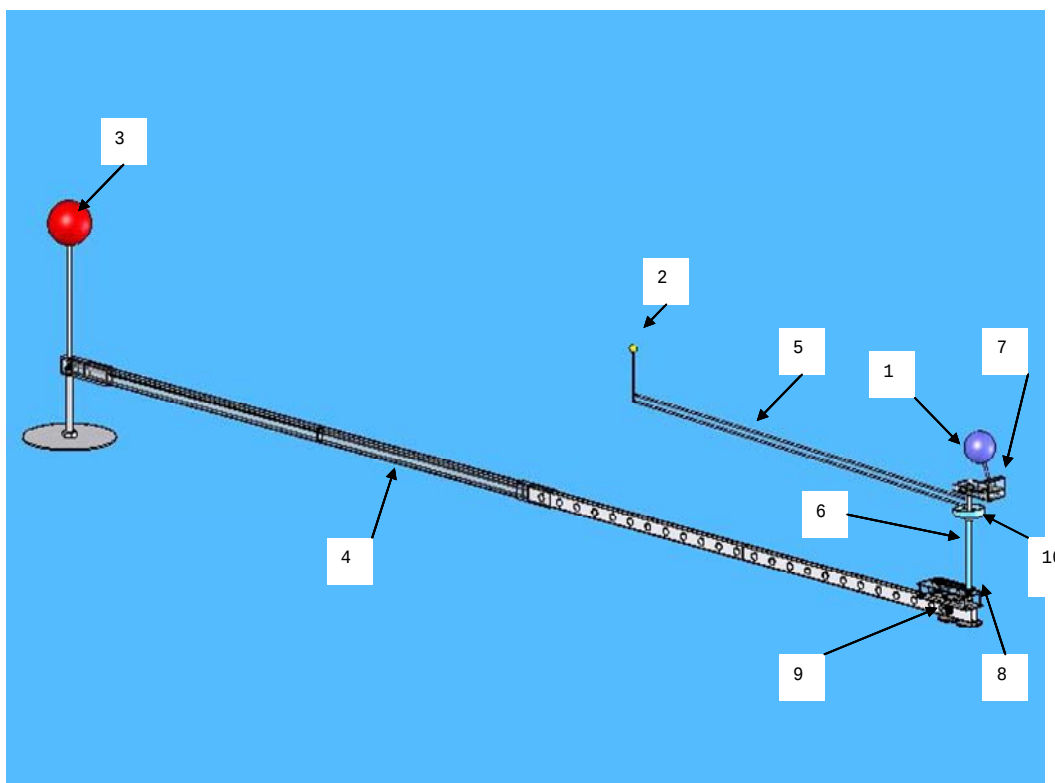
1.1 ขั้นเตรียมการ

1.1.1 ศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (มาตราส่วน วัฏจักรกลางวันกลางคืน ฤดูกาล ข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ อุปราคา) จากเอกสาร ตำราเรียน อินเทอร์เน็ต และขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.1.2 กำหนดอัตราทดของชุดเฟืองสำหรับการขับเคลื่อนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ให้มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง ได้เฟืองชุดบนมีอัตราทด 27.321 และเฟืองชุดล่างมีอัตราทด 12.3667 นอกจากนี้ยังต้องกำหนดมาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ที่เหมาะสม กล่าวคือ กำหนดให้โลกมีขนาด 14 เซนติเมตร ดวงจันทร์มีขนาด 3.7 เซนติเมตร อยู่ห่างจากโลก 1.2 เมตร มีระนาบวงโคจรเอียงประมาณ 12.5 องศา และใช้ลูกบอลพลาสติกแทนดวงอาทิตย์ อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1.3 เมตร

1.1.3 เขียนแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ อย่างง่ายลงในกระดาษ A4 เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์อย่างคร่าวๆ ของโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์

1.1.4 เขียนแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม SolidWorks ที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง และมีมาตราส่วนเหมาะสม จากนั้นนำแบบจำลองไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง แล้วปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แบบจำลองที่เขียนด้วยโปรแกรม SolidWorks ประกอบด้วย ลูกโลกจำลองแทนโลก (1) ลูกปิงปองแทนดวงจันทร์ (2) ลูกบอลพลาสติกแทนดวงอาทิตย์ (3) แกนยึดโลก (4) แกนยึดดวงจันทร์ (5) แกนยึดโลกและดวงจันทร์ (6) เฟืองชุดบน (7) เฟืองชุดล่าง (8) ชุดเพลา (9) และระนาบวงโคจรดวงจันทร์ (10) ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แสดง EMS-System Model ที่เขียนด้วยโปรแกรม SolidWorks

1.1.5 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และ ดวงอาทิตย์ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแข็งแรงมีน้ำหนักเบา และราคาถูก พบว่าโลหะอลูมิเนียมมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ทำเฟืองและคานรับน้ำหนัก

1.2 ขั้นสร้างแบบจำลอง

1.2.1 สร้างระบบเฟือง โดยเฟืองชุดบนมีอัตราทด 27.321 สำหรับขับเคลื่อนดวงจันทร์ให้โคจรรอบโลกในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง ส่วนเฟืองชุดล่างมีอัตราทด 12.367 สำหรับขับเคลื่อนโลกให้โคจรรอบดวงอาทิตย์ในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง

1.2.2 สร้างคานที่เชื่อมระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ พร้อมชุดเพลลา เพื่อให้ทำงานร่วมกับเฟืองชุดล่างในการขับเคลื่อนให้โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์

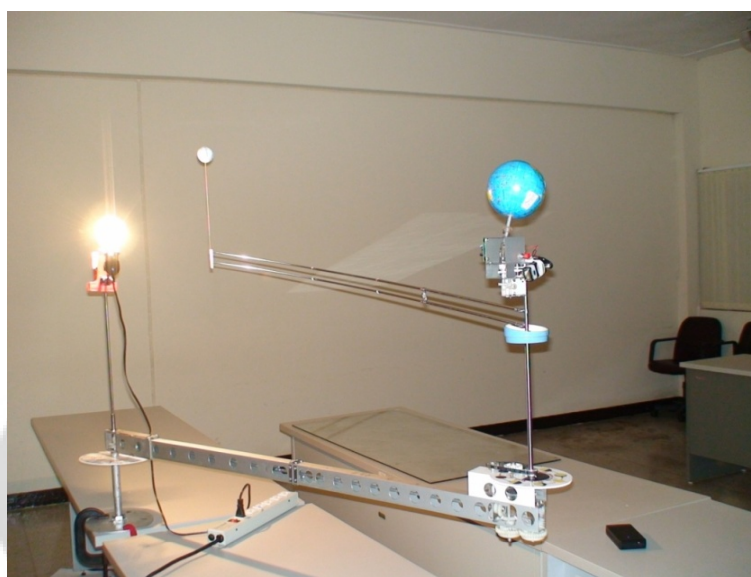
1.2.3 สร้างฐานวางพร้อมเสาเหล็กเพื่อวางดวงอาทิตย์

1.2.4 สร้างแกนยึดโลกพร้อมกับระนาบวงโคจรของดวงจันทร์ และแกนยึดดวงจันทร์ที่เชื่อมระหว่างแกนยึดโลกกับดวงจันทร์

1.2.5 นำชุดเฟือง ลูกโลกจำลอง หลอดไฟ ลูกปิงปองไปประกอบเข้ากับคานรับน้ำหนักตามแบบที่กำหนดไว้ ได้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์

1.2.6 ออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ออกเป็น 2 ระดับ และสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาได้ นอกจากนี้ยังควบคุมการเปิดปิดวงจรให้มอเตอร์ทำงานด้วยรีโมทอินฟราเรด

1.2.7 ติดตั้งมอเตอร์และวงจรไฟฟ้าสำหรับหมุนแกนโลก เพื่อให้ระบบเคลื่อนที่ราบรื่น นอกจากนี้การควบคุมด้วยรีโมทยังทำให้ระบบเคลื่อนที่อย่างอิสระโดยไม่ถูกรบกวนจากแรงภายนอก และสามารถเปิดปิดวงจรได้ตลอดเวลา โดยแบบจำลองที่สมบูรณ์แสดงดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model)

1.3 ขั้นหาคูณภาพของแบบจำลอง

1.3.1 นำแบบจำลองที่สร้างเสร็จแล้วไปให้อาจารย์ที่มหาวิทยาลัยนิพนธ์ ตรวจสอบความเรียบร้อย แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.3.2 หาคูณภาพของแบบจำลอง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนดาราศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน และด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 ท่าน เพื่อประเมินแบบจำลองในด้านการผลิต ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ด้านคู่มือการใช้ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และกำหนดเกณฑ์ว่า ถ้าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม (วิเชียร เกตุสิงห์. 2538: 8-11) จากนั้นปรับปรุงแบบจำลองตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.3.3 หากคุณภาพของแบบจำลองโดยนำไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วปรับปรุงแก้ไข

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรม EMS-System Model

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model สำหรับใช้จัดการเรียนรู้ มโนคติดาราศาสตร์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นเตรียมการ ผู้วิจัยได้เตรียมการเพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อนำมากำหนดคำอธิบายรายวิชา และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

2.1.2 จำแนกเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ออกเป็น 6 มโนคติ แล้วนำมาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน ดังรายละเอียดในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 6

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	มโนคติ	เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)
1	มาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์	-ขนาดของโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ -ระยะห่างระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์	2
2	วัฏจักรกลางวันกลางคืน	-ลักษณะของโลก การหมุนรอบตัวเองของโลก -สาเหตุการเกิดกลางวันกลางคืน	3
3	ฤดูกาล	-การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ -แกนของโลกเอียง 23° -สาเหตุการเกิดฤดูกาล	3

ตาราง 2 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	มโนคติ	เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)
4	ข้างขึ้นข้างแรม	-ลักษณะของดวงจันทร์ -การโคจรรอบโลกของดวงจันทร์ -สาเหตุการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์	3
5	ด้านหน้าของดวงจันทร์(Face of Moon)	-การหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ -สาเหตุที่ดวงจันทร์หันด้านหน้าเข้าหาโลกตลอดเวลา	2
6	อุปราคา	-ระนาบวงโคจรของดวงจันทร์ -สาเหตุการเกิด จันทรุปราคา และสุริยุปราคา	2
รวม			15

2.2 ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย ชื่อแผน เวลา จุดประสงค์การเรียนรู้ แนวความคิดหลัก กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ชื่อแผน เป็นชื่อเดียวกับชื่อของมโนคติที่กำหนดไว้

2.2.2 เวลา เป็นการกำหนดช่วงเวลาใน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ อาจจะเป็นแผนละ 2 ชั่วโมง หรือ 3 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับเนื้อหา

2.2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นข้อความที่ระบุวัตถุประสงค์การสอนที่มุ่งหวังให้นักเรียนเกิดผลการเรียนรู้ที่พึงประสงค์

2.2.4 แนวความคิดหลัก เป็นข้อความแสดงความคิดรวบยอดของเนื้อหา

2.2.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้

2.2.6 การวัดและประเมินผล เป็นการระบุเครื่องมือวัดผล สิ่งที่วัด วิธีการวัดและประเมินผล

2.2.7 สื่อและแหล่งการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ใบงาน หนังสือ อินเทอร์เน็ต EMS-System Model

2.2.8 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกข้อสังเกตต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะมีจัดการเรียนรู้

2.3 ขั้นหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

2.3.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาในด้านความเหมาะสมของภาษา การลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.3.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนดาราศาสตร์ (ประสบการณ์มากกว่า 5 ปี) จำนวน 3 ท่านพิจารณา โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และกำหนดเกณฑ์ว่า ถ้าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม (วิเชียร เกตุสิงห์. 2538 : 8-11) จากนั้นปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.3.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่แก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วปรับปรุงแก้ไข

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจโนมอดิราศาสตร์พื้นฐาน

เป็นแบบทดสอบวัดความเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับเรื่องระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ ที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบทดสอบของไซลิก (Zeilik; et al. 1998) และทรมเปอร์ (Trumper. 2001) โดยมีแนวทางปรับปรุงและพัฒนา ดังนี้

3.1 ศึกษาเนื้อหาวิชาดาราศาสตร์ เรื่องระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.2 ศึกษาแบบทดสอบความเข้าใจโนมอดิณฉบับของไซลิก และของทรมเปอร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย

3.3 แปลความแบบทดสอบต้นฉบับเป็นภาษาไทย

3.4 ปรับปรุงแบบทดสอบต้นฉบับ ให้สอดคล้องกับบริบทของการจัดการเรียนรู้ในประเทศไทย ตัดข้อคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องออก และเพิ่มเติมข้อคำถามบางข้อเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรของประเทศไทย ได้แบบทดสอบ 35 ข้อ

3.5 นำแบบทดสอบเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความตรงเชิงเนื้อหา การเรียงลำดับของคำถาม และความครอบคลุมของคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.6 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนำไปหาค่าความตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน แล้ววิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Consistency) คัดเลือกข้อที่มีค่า IOC อย่างน้อย 0.6 จากนั้นนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นนักฟิสิกส์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน และอาจารย์ผู้สอนวิทยาศาสตร์พื้นฐานจำนวน 2 ท่าน

3.7 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และเรียนเนื้อหาเรื่องระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์มาแล้ว

3.8 นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของข้อสอบแต่ละข้อ ได้ข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.25-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.23 ขึ้นไป ได้แบบทดสอบจำนวน 28 ข้อ

3.9 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538 : 197 – 198) ได้แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.78

4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ กานจูลี ปัญญาอินทร์ (กานจูลี ปัญญาอินทร์. 2551; อ้างอิงจาก Smith; & Welliver. 1994) ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ผู้วิจัยคัดเลือกมาด้านละ 2-3 ข้อ ให้ครอบคลุมนิยามของแต่ละด้าน ได้ข้อสอบทั้งหมดจำนวน 36 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ถ้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538 : 197 – 198) ได้แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.74

5. แบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์

แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดความรู้สึก ความเชื่อของบุคคลที่มีต่อความคิด การกระทำ และการตัดสินใจในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรม 6 ด้าน ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ และความใจกว้าง โดยผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ของ ทวีชัย สุทธาดา (2549) ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 50 ข้อ ผู้วิจัยคัดเลือกมาด้านละ 5 ข้อ ให้ครอบคลุมนิยามของแต่ละด้าน ได้แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์รวมจำนวน 30 ข้อ จากนั้นผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ถ้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538 : 200) ได้แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.85

6. แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความเข้าใจโนมิดดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน โดยผู้วิจัยใช้คำถามและคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจโนมิดดาราศาสตร์พื้นฐานมาเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ และผู้วิจัยสามารถปรับเปลี่ยนคำถามเพิ่มเติม เพื่อตรวจพิสูจน์คำตอบของ ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้ในกรณีที่ต้องการความชัดเจน หรือเพื่อยืนยัน หรือขยายความ หรือยกตัวอย่างประกอบ ทั้งนี้แบบสัมภาษณ์มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

6.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์

6.2 วิเคราะห์เนื้อหา และกำหนดกรอบของการสัมภาษณ์

6.2.1 ใช้สัมภาษณ์เป็นรายบุคคล โดยการสุ่มนักเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน มากกลุ่มละ 5 คน รวมจำนวน 15 คน

6.2.2 ดำเนินการสัมภาษณ์นอกเวลาเรียน หลังจากทำทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

6.2.3 จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์ มีดังนี้

- เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับมาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์

- เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน

- เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดฤดูกาล

- เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้นข้างแรม

- เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์หันด้านเดิม

เข้าหาโลกตลอดเวลา

- เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดอุปราคา

6.3 สร้างแบบสัมภาษณ์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการสัมภาษณ์ มีความครอบคลุม มโนคิดาราศาสตร์พื้นฐาน และข้อคำถามมีความชัดเจน

6.4 นำเสนอแบบสัมภาษณ์ ให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ตามคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตร

6.5 นำแบบสัมภาษณ์ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 5 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วปรับปรุงแก้ไข

6.6 นำแบบสัมภาษณ์มาปรับปรุงแก้ไข จนได้แบบสัมภาษณ์ที่สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อตรวจสอบความเข้าใจมโนคิดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน

7. แบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน

แบบประเมินนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินวิธีการแสวงหาความรู้ของนักเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไปให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยใช้แบบวัดที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประเมินค่า ที่มีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ มีขั้นตอนการสร้างดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.1 ผู้วิจัยศึกษาวิเคราะห์สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน

7.2 กำหนดกรอบในการประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน ดังนี้

- การตั้งคำถาม
- การตั้งสมมติฐาน
- การวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูล
- การเก็บรวบรวมข้อมูล
- การจัดกระทำข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล
- การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
- การนำเสนอคำอธิบายโดยใช้แบบจำลอง
- การตอบคำถามที่เกิดขึ้นระหว่างการอภิปราย

7.3 สร้างแบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน ตามกรอบที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ คือ ดีมาก(5) ดี(4) ปานกลาง(3) น้อย(2) น้อยมาก(1) โดยผู้ใช้แบบประเมิน คือ ผู้วิจัย ครูผู้ร่วมวิจัย และนักเรียน

7.4 นำแบบประเมินเสนอต่อคณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

7.5 นำแบบประเมินไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วปรับปรุงแก้ไข

7.6 นำแบบประเมินมาปรับปรุงแก้ไข จนได้แบบสัมภาษณ์ที่สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อตรวจสอบกระบวนการสืบเสาะของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

8. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงแก้ไขการเรียนรู้ในสิ่งที่ยังไม่สมบูรณ์หรือยังเข้าใจคลาดเคลื่อน และนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนเขียนสะท้อนภาพของตนเองในการเรียนทั้งด้านความรู้ ความคิด และความรู้สึกที่มีต่อบทเรียน สภาพการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนประสบการณ์และความคิดเห็นอื่นๆ ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในห้องเรียน ผู้สอนให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ส่งเมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นในแต่ละแผนการเรียนรู้ ผู้สอนจะอ่านบันทึกของนักเรียนทุกคนแล้วให้ข้อมูลย้อนกลับในคาบเรียนถัดไป

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูและผู้วิจัย

มีจุดประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียนการสอนในชั่วโมงต่อไป โดยผู้สอนเป็นผู้บันทึกภายหลังจากการดำเนินการสอนเสร็จสิ้นในแต่ละแผนการเรียนรู้ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์และบรรยากาศการเรียนการสอนตามที่เกิดขึ้นจริง โดยมุ่งเน้นพฤติกรรมกรเรียนของนักเรียน และพฤติกรรมกรสอนของตนเองพิจารณาว่า นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เหตุการณ์ต่างๆ ไปเป็นอย่างไร และเหตุการณ์ที่สำคัญที่เกิดขึ้นมีหรือไม่อย่างไร แก้ไขได้หรือไม่อย่างไร

การศึกษานำร่อง

ผู้วิจัยทำการศึกษานำร่องเพื่อหาข้อบกพร่องของเครื่องมือวิจัย อุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการนำเครื่องมือวิจัยทั้งหมดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียน จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒออกหนังสือขอความร่วมมือไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ เพื่อขอทำการศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในช่วงภาคฤดูร้อน โดยนักเรียนที่ใช้ในการศึกษานำร่องเป็นนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการค่ายดาราศาสตร์ ในภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน และไม่ใช่ นักเรียนที่จะใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง และขอให้ อาจารย์ จันทนา สักคุณา เป็นครูผู้ร่วมวิจัยในการศึกษานำร่อง

2. ประชุมครูผู้ร่วมวิจัย ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยสนทนาแลกเปลี่ยนเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ของครูผู้ร่วมวิจัย และบทบาทหน้าที่ของผู้วิจัยเอง ผู้วิจัยอธิบายเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นอกจากนี้ยังให้ครูผู้สอนทดลองสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และใช้สื่อประกอบการสอนครบทุกขั้นตอน ส่วนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ฟัง คอยซักถาม และให้คำแนะนำ เพื่อให้ครูผู้ร่วมวิจัยมีพฤติกรรมกรสอนที่สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ต่อจากนั้นผู้วิจัยและครูผู้ช่วยวิจัยได้ช่วยปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สังเกตได้จากการทดลองสอนของครู

3. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับนักเรียนในส่วนของ การศึกษานำร่อง ด้วยแบบวัดความเข้าใจ มโนมติดาราศาสตร์พื้นฐาน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาาสตร์

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) เกี่ยวกับมโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานให้กับ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์ในช่วงภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นเวลา 3 วันๆ ละ 5 ชั่วโมง รวม 15 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ ครูผู้ร่วมวิจัยจะเข้าร่วมสังเกตการสอนด้วยทุกครั้ง เพื่อทำความเข้าใจรูปแบบการจัดการเรียนรู้และร่วมกันประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ในขณะเดียวกันผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยก็เขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูทุกครั้งหลังเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังอ่านบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับการสอนครั้งต่อไป

5. ทดสอบหลังเรียน (posttest) กับนักเรียนในส่วนของการศึกษานำร่อง ด้วยแบบวัดความเข้าใจโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาาสตร์ พร้อมทั้งสุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมา 5 คน เป็นเด็กเก่ง 1 คน ปานกลาง 3 และอ่อน 1 คน มาทำการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและดูความเหมาะสมของข้อคำถาม แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลโดยครูผู้ร่วมวิจัยและผู้วิจัย พร้อมทั้งบันทึกวิดีโอตลอดการสัมภาษณ์

6. นำข้อมูลที่ได้มาจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ และนำข้อบกพร่องที่ได้จากการศึกษานำร่องมาปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือ และปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ก่อนนำเครื่องมือไปใช้ทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการนำรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒออกหนังสือขอความร่วมมือไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ เพื่อขอใช้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 5 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย และขอให้ อาจารย์ จันทนา สักคุณา เป็นครูผู้ร่วมวิจัย ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

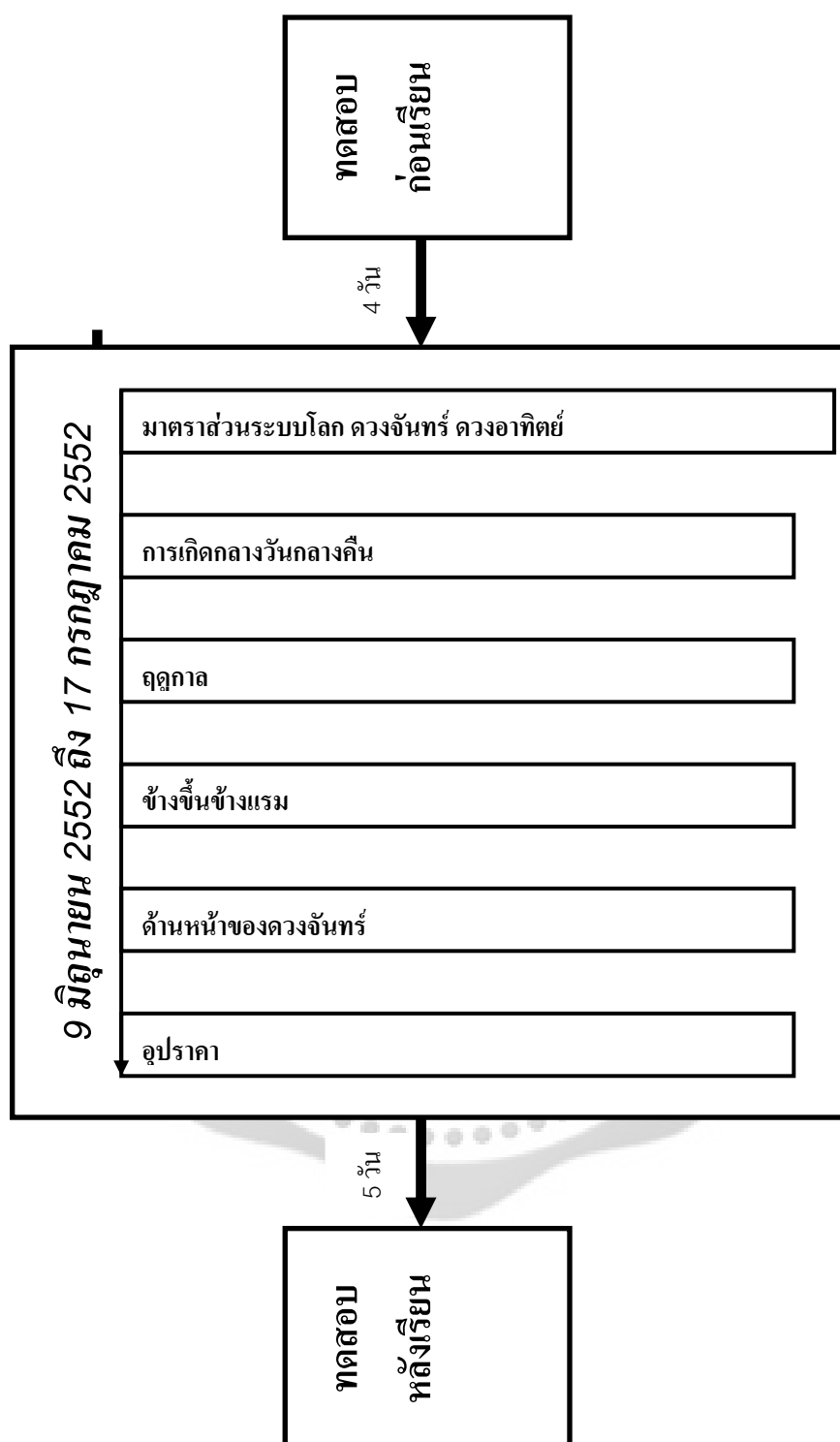
2. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดจิตวิทยาาสตร์

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้ร่วมวิจัยดำเนินการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) เกี่ยวกับโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐานให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาที่ครูผู้ร่วมวิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะเข้าร่วมสังเกตการจัดการ

เรียนรู้ด้วยทุกครั้ง เพื่อร่วมกับนักเรียน และครูผู้ร่วมวิจัย ประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ในขณะเดียวกันผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยก็เขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูทุกครั้งหลังเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทำการนิเทศระหว่างจัดการเรียนรู้ สอบถามถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อ่านบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน พร้อมทั้งสังเกตชั้นเรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้ครูผู้ร่วมวิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับการสอนครั้งต่อไป

4. ทดสอบหลังเรียน (posttest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้ว ด้วยแบบวัดความเข้าใจโน้มนาดิราศาสตร์พื้นฐาน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งสุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมา 5 คน เป็นเด็กเก่ง 1 คน ปานกลาง 3 และอ่อน 1 คน มาทำการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจโน้มนาดิราศาสตร์พื้นฐานเชิงลึกของนักเรียน แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลโดยครูผู้ร่วมวิจัยและผู้วิจัย พร้อมทั้งบันทึกวิดีโอตลอดการสัมภาษณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการระหว่างวันที่ 5 มิถุนายน 2552 ถึงวันที่ 22 กรกฎาคม 2552 โดยดำเนินการสอนทั้ง 6 มโนคติ ใช้เวลารวม 17 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบก่อนเรียนในวันที่ 5 มิถุนายน 2552 และทดสอบหลังเรียนพร้อมสัมภาษณ์ในวันที่ 22 กรกฎาคม 2552 ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น มีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ดังนี้

1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean) ของคะแนนความเข้าใจโนมติกะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 73)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความเข้าใจโนมติกะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 79)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 หาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดความเข้าใจโนมติกะแนนพื้นฐาน โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Concurrence) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 208-209) โดยใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.4 หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 209 – 211)

1.4.1 ค่าความยากง่ายของแบบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

1.4.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน

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

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

1.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 197 – 198)

$$r_{tt} = \frac{n-1}{n} \left(1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น ๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น ๆ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

1.6 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 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	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือวัดทั้งฉบับ

1.7 หาค่า Normalized Gain (<g>) ของคะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐาน คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกได้เป็นสามระดับ คือ การพัฒนาอยู่ในระดับสูง เมื่อ <g> $\geq$ 0.7 การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อ 0.3 < <g> < 0.7 และการพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ เมื่อ <g> $\leq$ 0.3 ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ (Hake, R. 2001)

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

เมื่อ <g>	แทน	ค่า normalized gain
% Post-test	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นร้อยละ
% Pre-test	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นร้อยละ

1.8 หาคะแนนจุดตัด (Cut-off Score) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐาน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ ตามวิธีของเบอร์รี่ (อังคณา สายยศ. 2525 : 74-76; อ้างอิงจาก Berk. 1976 : 4-9) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.8.1 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาเขียนกราฟเพื่อหาคะแนนพยากรณ์ (จุดที่กราฟตัดกัน) สำหรับแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

การจำแนกเกณฑ์

คะแนนพยากรณ์		การจำแนกเกณฑ์	
		ได้รับการสอน	ไม่ได้รับการสอน
	รอบรู้	รอบรู้จริง (TM)	รอบรู้ไม่จริง (FM)
	ไม่รอบรู้	ไม่รอบรู้ไม่จริง (FN)	ไม่รอบรู้จริง (TN)

1.8.2 หาค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจอย่างถูกต้องของคะแนนเกณฑ์ คือ
ค่า $P(TM)+P(TN)$

1.8.3 หาค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจไม่ถูกต้องของคะแนนเกณฑ์ คือ
ค่า $P(FN)+P(FM)$

1.8.4 หาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ จากสูตร

$$\phi_{VC} = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1 - BR)SR(1 - SR)}}$$

เมื่อ ϕ_{VC}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์
BR	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของผู้รอบรู้ในประชากร ได้จาก $(P(FN)+P(TM))$
SR	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ผู้รอบรู้ใน ประชากรได้จาก $(P(FM)+P(TM))$
$P(TM)$	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มหลังสอนและสอบผ่าน เกณฑ์ได้จาก $TM/(M+N)$
$P(TN)$	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มก่อนสอนและสอบไม่ ผ่านเกณฑ์ได้จาก $TN/(M+N)$
$P(FM)$	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มก่อนสอนและสอบผ่าน เกณฑ์ได้จาก $FM/(M+N)$
$P(FN)$	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มหลังสอนและสอบไม่ ผ่านเกณฑ์ได้จาก $FN/(M+N)$
M	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดหลังสอน
N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดก่อนสอน

1.8.5 เลือกคะแนนเกณฑ์ที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจอย่างถูกต้อง
 $P(TM)+P(TN)$ สูงที่สุด ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจไม่ถูกต้อง $P(FN)+P(FM)$ ต่ำสุด และมีค่า
สัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{VC}) สูงสุด เป็นคะแนนจุดตัด (Cut-off score)

1.9 ทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจโมติด
ดาราศาสตร์พื้นฐาน คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนกับคะแนนจุดตัด(Cut-off score) โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test
(บุญเรียง ขจรศิลป์, 2547: 70) มีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{Y} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

เมื่อ	$\bar{Y}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	คะแนนเกณฑ์มาตรฐานหรือคะแนนจุดตัด (Cut-off Score)
	S	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียน การบันทึกวิธีโอระหว่างสัมภาษณ์ การประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน การบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ครูผู้ร่วมวิจัย และผู้วิจัย จากนั้นแปรผลโดยครูผู้ร่วมวิจัยและผู้วิจัย เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนและการพัฒนาความเข้าใจมโนติที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จนได้ข้อมูลที่มากพอสำหรับนำมาหาข้อสรุป และทำการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (data triangulation) ตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (investigator triangulation) ตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (methodological triangulation) จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุป โดยใช้วิธีการหลัก 3 วิธี คือ (สุภางค์ จันทวานิช, 2540: 23 – 41)

2.1 การวิเคราะห์โดยการจำแนกประเภทข้อมูล (typological analysis) จำแนกตามลักษณะของข้อมูลแล้วพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล

2.2 การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบข้อมูล (constant comparison) จากข้อมูลที่ได้ผู้วิจัยนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมือนและความแตกต่างของข้อมูล

2.3 การวิเคราะห์แบบอุปนัย (analytic induction) หลังจากจำแนกประเภทและเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากนักเรียน ครูผู้ร่วมวิจัย และผู้วิจัยแล้ว ผู้วิจัยจึงสร้างข้อสรุปจากข้อมูลย่อยหลายๆ ข้อมูลเหล่านี้ แล้วนำเสนอในรูปแบบบรรยาย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ผู้วิจัยจะแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน คือ ผลการพัฒนาเครื่องมือวิจัย ผลการศึกษานำร่อง (Pilot Study) และผลการทดลองจริง (Main Study) โดยใช้สัญลักษณ์ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

$\bar{x}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนน
S.D.	หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
<g>	หมายถึง ค่า normalized gain
P(TM)+P(TN)	หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดสินใจถูกต้องของคะแนนเกณฑ์
P(FN)+P(FM)	หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นต่ำสุดในการตัดสินใจไม่ถูกต้องของคะแนนเกณฑ์
ϕ_{vc}	หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์
t	หมายถึง ค่าการแจกแจงแบบที ชนิด One sample t-test
p	หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นของผลการทดสอบสมมุติฐาน
df	หมายถึง ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และสร้างแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน จากนั้นผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ผลการประเมินดังรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไปนี้

1. ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาตรฐานระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กลางวันกลางคืน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ฤดูกาล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ข้างขึ้นข้างแรม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ด้านหน้าของดวงจันทร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 อุปราคา ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ได้ผลการประเมินดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาตรฐานระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์	4.21	0.26	ค่อนข้างมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กลางวันกลางคืน	4.56	0.37	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ฤดูกาล	4.59	0.20	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ข้างขึ้นข้างแรม	4.49	0.22	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ด้านหน้าของดวงจันทร์	4.54	0.26	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 อุปราคา	4.64	0.25	มาก
เฉลี่ย	4.51	0.15	มาก

จากตาราง 3 พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมาก

จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญข้างต้น ผู้วิจัยได้นำคะแนนเฉลี่ยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ไปเปรียบเทียบกับคะแนนเกณฑ์ โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test ซึ่งกำหนดว่าถ้าคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ยสูงกว่า 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีคุณภาพเหมาะสม (วิเชียร เกตุสิงห์. 2538: 8-11) ดังรายละเอียดในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้กับคะแนนเกณฑ์

รายการ	เกณฑ์	$\bar{x}$	S.D.	t	p
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	3.51	4.20	0.26	9.77	.000
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2		4.56	0.37	10.27	.000
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3		4.59	0.20	19.29	.000
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4		4.49	0.22	15.81	.000
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5		4.54	0.26	14.36	.000
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6		4.64	0.25	16.02	.000

จากตาราง 4 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ นั่นคือแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

2. ผลการประเมิน EMS-System Model

เพื่อหาคุณภาพของ EMS-System Model ตามความมุ่งหมายของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำวิดิทัศน์แสดงการติดตั้ง และการทำงานของ EMS-System Model พร้อมทั้งคู่มือการใช้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน EMS-System Model ในด้านการผลิต ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า และด้านคู่มือการใช้ ได้ผลการประเมินดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการประเมินแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ด้านการผลิต	4.60	0.26	มาก
ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.36	0.30	ค่อนข้างมาก
ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.70	0.11	มาก
ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า	4.68	0.27	มาก
ด้านคู่มือการใช้	4.36	0.22	ค่อนข้างมาก
เฉลี่ย	4.54	0.17	มาก

จากตาราง 5 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีคุณภาพด้านการผลิต ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา และด้านประโยชน์คุ้มค่าอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ส่วนด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว EMS-System Model มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมาก

จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญข้างต้น ผู้วิจัยได้นำคะแนนเฉลี่ยไปเปรียบเทียบกับคะแนนเกณฑ์ โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test ซึ่งกำหนดว่าถ้าคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ยสูงกว่า 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ถือว่าแบบจำลองมีคุณภาพเหมาะสม (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538: 8-11) ดังรายละเอียดในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อ EMS-System Model กับคะแนนเกณฑ์

รายการ	เกณฑ์	$\bar{x}$	S.D.	t	p
EMS-System Model	3.51	4.54	0.17	13.67	.000

จากตาราง 6 พบว่า แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ EMS-System Model มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องและมีมาตราส่วนเหมาะสม

ตอนที่ 2 ผลการศึกษานำร่อง

จากการนำเครื่องมือวิจัยทั้งหมดไปทดลองใช้ศึกษานำร่อง (Pilot study) กับนักเรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มาเข้าค่ายดาราศาสตร์พื้นฐาน ในภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2552 ปรากฏว่าโดยภาพรวมสามารถดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ได้เป็นอย่างดีทั้งด้านเนื้อหาสาระ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล แต่ก็มีอุปสรรคเกิดขึ้นบ้างในด้านเวลาของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติดาราศาสตร์พื้นฐานสูงขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ พบว่านักเรียนเทียบบัญชีใดรายสัปดาห์เพื่อหาขนาดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่ใช้ในแบบจำลองไม่ได้ และนักเรียนบางคนไม่รู้จักบทบาท หน้าท้องของตัวเอง รวมทั้งหลอดและกระดาษที่นำมาทำดวงอาทิตย์ก็มีขนาดเล็กเกินไป จึงทำให้การสร้างดวงอาทิตย์เกิดความล่าช้า ผู้วิจัยแก้ไขโดยในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนเปรียบเทียบขนาดของวัตถุที่มีอยู่ในห้องเรียนก่อนที่จะให้นักเรียนเปรียบเทียบขนาดของ โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ และปรับปรุงใบความรู้ที่ 1.2 ให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น แนะนำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ให้กับสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มอย่างชัดเจนตามความถนัด นอกจากนี้เพื่อประหยัดเวลาครูควรเตรียมโครงของดวงอาทิตย์ไว้ให้นักเรียน และเปลี่ยนกระดาษที่ใช้ทำดวงอาทิตย์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น รวมทั้งเพิ่มเวลาจาก 2 คาบ เป็น 3 คาบ

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กลางวันกลางคืน พบว่านักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดทิศบ้างเล็กน้อย แก้ไขได้ด้วยการให้นักเรียนจินตนาการถึงทิศที่บ้านของนักเรียนก่อนเชื่อมโยงมายังทิศบนลูกโลกที่กำลังเรียนอยู่ และนักเรียนมักจะเกิดความสับสนระหว่างการหมุนรอบตัวเองและการโคจรรอบวัตถุอื่น ที่สำคัญนักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องการแบ่งเขตเวลาในแต่ละท้องถิ่น แก้ไขได้ด้วยการนำตุ๊กตาวางที่ตำแหน่งผู้สังเกต และใช้ทรงกลมท้องฟ้าครอบบนโลกในขณะที่แสดงการเกิดปรากฏการณ์กลางวันกลางคืน นอกจากนี้นักเรียนบางกลุ่มเมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจัดกระทำข้อมูลไม่เป็นทำให้สรุปผลไม่ถูกต้อง ดังนั้นในกิจกรรมแรกๆ ครูควรแนะนำวิธีการสรุปผลที่สัมพันธ์กับสมมติฐานให้กับนักเรียนให้ชัดเจน

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องฤดูกาล พบว่า การวัดระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์โดยใช้ไม้เมตรเพียง 1 อัน นั้นไม่สะดวกและเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ควรจะใช้ไม้เมตร 2 อันต่อกันด้วยเทปใสวัดระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ และแนะนำวิธีการวัดให้ถูกต้อง และใบงานที่ 3 ข้อสอบมีจำนวนมากเกินไปควรตัดข้อสอบบางข้อออก นอกจากนี้ในชั้นขยายความรู้ให้นักเรียนประสบปัญหาในการอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาล แก้ไขได้โดยการใส่แสงเลเซอร์เป็นดวงอาทิตย์แทนหลอดไฟเพื่อให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนตำแหน่งขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาลชัดเจนขึ้น

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ข้างขึ้นข้างแรม พบว่า นักเรียนบางกลุ่มสังเกตรูปร่างของดวงจันทร์โดยไม่ได้มองผ่านโลกทำให้เห็นรูปร่างของดวงจันทร์ไม่ถูกต้อง ดังนั้นก่อนให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลควรเน้นย้ำถึงวิธีการสังเกตให้มากขึ้น และจัดลำดับให้นักเรียนมาสังเกตทีละกลุ่มโดยให้นักเรียนยืนเรียงลำดับจากต่ำไปสูง นอกจากนี้ในระหว่างทดลองควรจะมีปิดหน้าต่างให้มีแสงรบกวนจากดวงอาทิตย์น้อยที่สุด เพื่อให้เห็นรูปร่าง (phase) ของดวงจันทร์ชัดเจน

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ด้านหน้าของดวงจันทร์ พบว่า แบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายว่าดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลาโดยสังเกตจากกระต่ายที่อยู่บนดวงจันทร์นั้นหันเข้าหาโลกตลอดเวลา แต่นักเรียนบางคนคิดว่าการที่ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลานั้นเกิดจากดวงจันทร์ไม่หมุนรอบตัวเอง แก้ไขได้โดยแนะนำให้นักเรียนพิจารณาที่เข็มชี้ ถ้าดวงจันทร์ไม่หมุนรอบตัวเองเข็มจะต้องชี้ไปที่ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา (คือชี้ที่ตำแหน่งดาวฤกษ์ดวงเดิมที่อยู่บนกระดานสุริยะ) และให้นักเรียน 3 คนแสดงบทบาทสมมติเป็นโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ นักเรียนที่เป็นโลกจะเห็นว่าถ้าเพื่อนที่เป็นดวงจันทร์โคจรรอบคนที่ เป็นโลกโดยไม่หมุนรอบตัวเองคนที่ เป็นโลกจะสามารรถเห็นคนที่ เป็นดวงจันทร์ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง แต่ถ้าคนที่เป็นดวงจันทร์โคจรรอบคนที่ เป็นโลกพร้อมกับหมุนรอบตัวเองด้วยเวลาเท่ากันนักเรียนคนที่ เป็นโลกจะเห็นนักเรียนที่เป็นดวงจันทร์ด้านเดิมตลอดเวลา

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง อุปราคา พบว่า ในชั้นเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้สังเกตตลอดเวลาจึงพลาดโอกาสที่จะได้เห็นการเกิดอุปราคา และต้องมาเสียเวลาในการทำซ้ำ แก้ไขได้โดยครูต้องคอยเตือนนักเรียนให้สังเกตอย่างละเอียดเมื่อจะเกิดอุปราคาและหยุดแบบจำลองให้นักเรียนได้มีเวลาเก็บรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้แบบจำลอง EMS-System Model ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างเงามืดกับเงามัวได้ ดังนั้นครูต้องใช้ไฟฉายส่องไปที่ลูกปิงปองและใช้กระดาษขาวเป็นฉากสาธิตการเกิดเงามืดเงามัวให้นักเรียนดูประกอบการอธิบาย และควรเพิ่มเวลาจาก 2 คาบ เป็น 3 คาบ เพราะในชั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นต้องใช้เวลานานกว่าจะเกิดสุริยุปราคาสองครั้งติดกัน

จากการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูผู้ร่วมวิจัยเกี่ยวกับผลการศึกษานำร่องที่เกิดขึ้น ได้ข้อสรุปว่าควรมีการปรับปรุงเวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตาราง 7

ตาราง 7 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ระหว่างก่อนกับหลังปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	2 คาบ	3 คาบ
2	3 คาบ	3 คาบ
3	3 คาบ	3 คาบ
4	3 คาบ	3 คาบ
5	2 คาบ	2 คาบ
6	2 คาบ	3 คาบ
รวม	15 คาบ	17 คาบ

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าการเพิ่มเวลาในการจัดกิจกรรมเรียนรู้แผนที่ 1 และ 6 จากเดิม 2 คาบ เปลี่ยนเป็น 3 คาบ ทำให้เวลารวมเพิ่มขึ้นจาก 15 คาบ เป็น 17 คาบ

2. ผลการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน

เมื่อพิจารณาความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานระหว่างก่อนและหลังการศึกษานำร่อง พบว่าการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน ดังรายละเอียดในตาราง 8

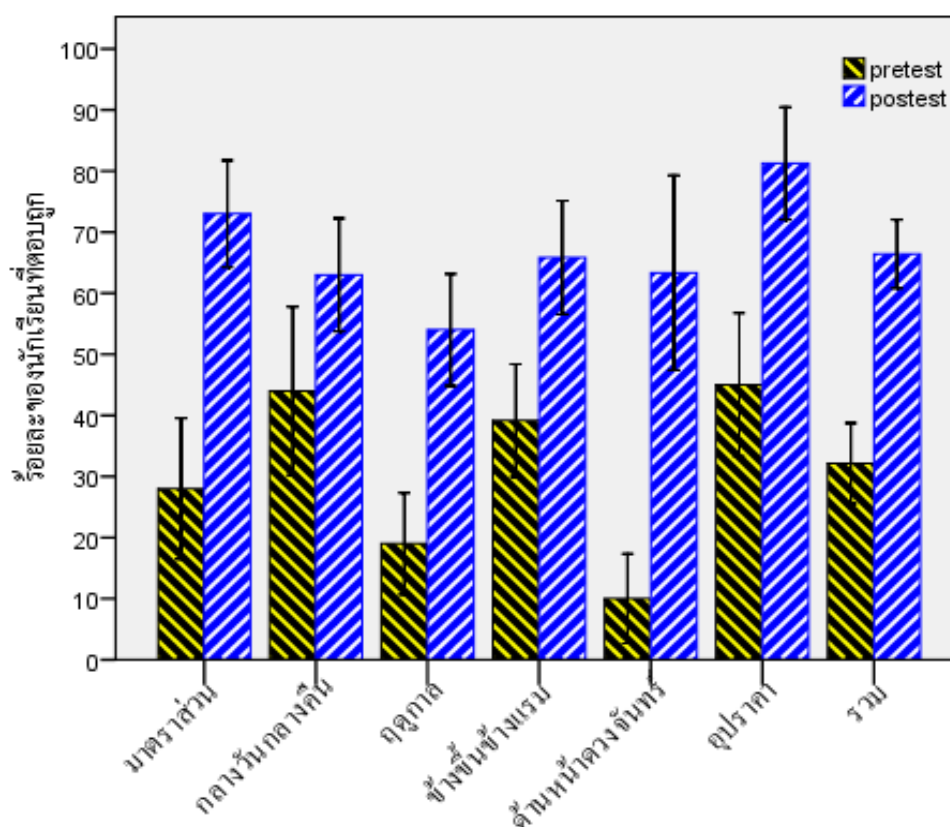
ตาราง 8 แสดงคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์
พื้นฐานก่อนและหลังการศึกษานำร่อง

มโนคติ	จำนวนข้อ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
มาตราส่วน โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์	5	28.00	24.62	73.00	18.67	0.63**
กลางวันกลางคืน	5	44.00	29.45	63.00	19.76	0.34**
ฤดูกาล	5	19.00	17.74	54.00	19.57	0.43**
ข้างขึ้นข้างแรม	6	39.17	19.70	65.83	19.85	0.44**
ด้านหน้าของดวงจันทร์	3	10.00	15.67	63.33	34.03	0.59**
อุปราคา	4	45.00	25.13	81.25	19.66	0.66**
รวม	28	32.14	14.10	66.43	12.01	0.51**

** คือ การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่าหลังการศึกษานำร่องนักเรียนมีความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานสูงกว่าก่อนการศึกษานำร่องทุกมโนคติ เรียงลำดับจากมโนคติที่มีการพัฒนามากไปหาน้อย คือ อุปราคา (<g> = 0.65) มาตราส่วน (<g> = 0.63) ด้านหน้าของดวงจันทร์ (<g> = 0.59) ข้างขึ้นข้างแรม (<g> = 0.44) ฤดูกาล (<g> = 0.43) และกลางวันกลางคืน (<g> = 0.34) ตามลำดับ ซึ่งโดยเฉลี่ยมีการพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.51)

จากข้อมูลในตาราง 8 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานระหว่างก่อนและหลังการศึกษานำร่องของนักเรียน ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 13 กราฟเปรียบเทียบความเข้าใจโนมิดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระหว่าง
ก่อนกับหลังการศึกษานำร่อง

ตอนที่ 3 ผลการทดลองจริง

หลังจากการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัยแล้วนำไปทำการทดลองจริง (Main Study) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ และกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 39 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม cluster random sampling เพื่อศึกษาผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ต่อความเข้าใจโนมิดาราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจโมเดลการศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน

ผู้วิจัยวัดความเข้าใจโมเดลการศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลการศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย ชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นก็นำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Normalize gain ค่าคะแนนจุดตัด และทำการทดสอบสมมติฐานข้อ 2 ตามลำดับต่อไปนี้

1.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า Normalize gain ของคะแนนความเข้าใจโมเดลการศาสตร์พื้นฐาน

นักเรียนที่ได้รับการสอนการศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเข้าใจโมเดลการศาสตร์พื้นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน ดังรายละเอียดในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเข้าใจโมเดลการศาสตร์พื้นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

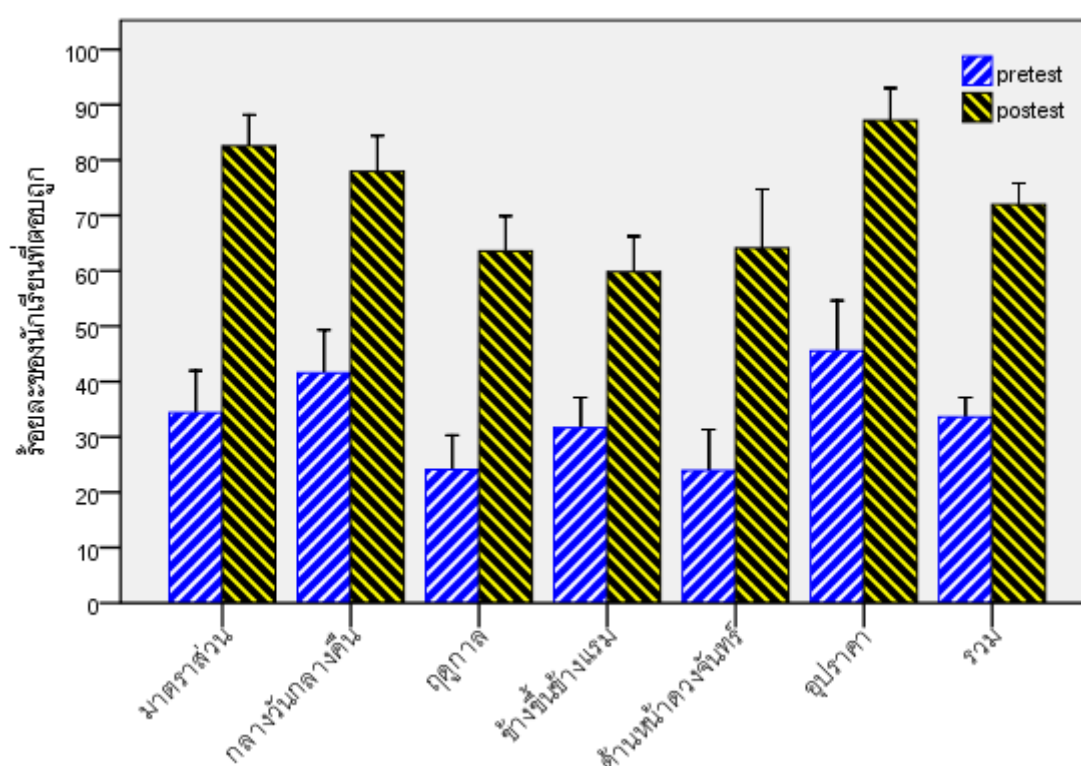
มโนคติ	จำนวนข้อ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
มาตรฐาน โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์	5	34.36	23.37	82.56	17.28	0.73***
กลางวันกลางคืน	5	41.54	24.01	77.95	19.89	0.62**
ฤดูกาล	5	24.10	19.02	63.59	19.40	0.52**
ข้างขึ้นข้างแรม	6	31.62	17.01	59.83	19.76	0.41**
ด้านหน้าของดวงจันทร์	3	23.93	22.88	64.10	32.79	0.53**
อุปราคา	4	45.51	28.02	87.18	18.02	0.76***
รวม	28	33.61	10.86	71.98	11.80	0.58**

** คือ การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง

*** คือ การพัฒนาอยู่ในระดับสูง

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่าหลังจากนักเรียนได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้ นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นักเรียนมีความเข้าใจ โนมติดาราศาสตร์พื้นฐานสูงกว่าก่อนเรียนทุกมโนคติ เรียงลำดับจากมโนคติที่มีการพัฒนามากไปหาน้อย คือ อุปราคา ($\bar{g} = 0.76$) มาตรการส่วน ($\bar{g} = 0.73$) กลางวันกลางคืน ($\bar{g} = 0.62$) ด้านหน้าของ ดวงจันทร์ ($\bar{g} = 0.53$) ฤดูกาล ($\bar{g} = 0.52$) และข้างขึ้นข้างแรม ($\bar{g} = 0.41$) ตามลำดับ และเมื่อ พิจารณาโดยรวมแล้วนักเรียนมีการพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{g} = 0.58$)

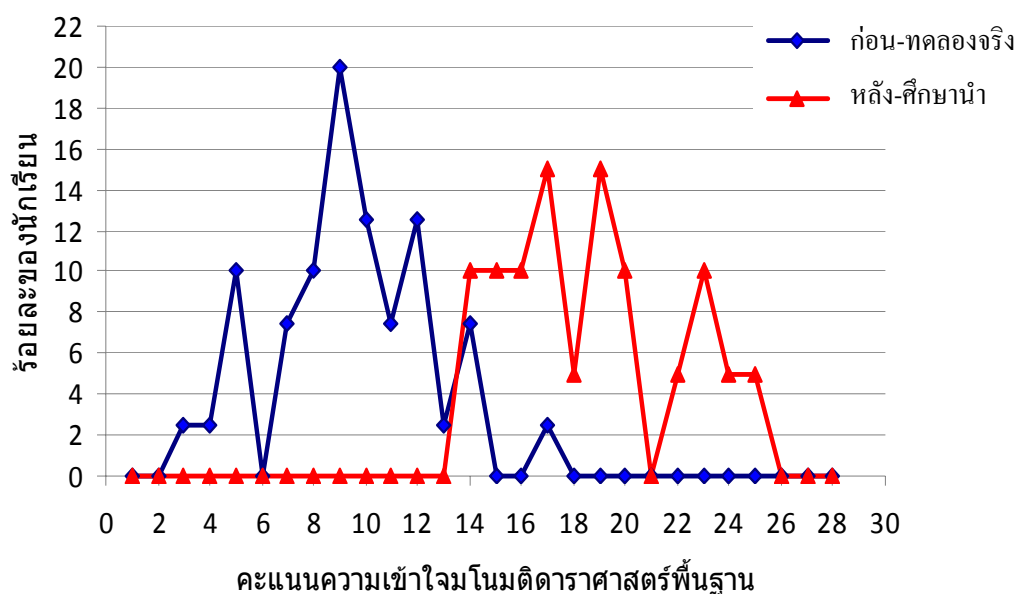
จากข้อมูลในตาราง 9 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้าใจ โนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของการทดลองจริง (Main Study) ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 14 กราฟเปรียบเทียบความเข้าใจ โนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระหว่าง ก่อนเรียนกับหลังเรียน

1.2 คะแนนจุดตัด (cut-off score) ของความเข้าใจ โนมติดาราศาสตร์พื้นฐาน

การหาคะแนนจุดตัดตามวิธีการของเบอร์ก (Berk. 1976: 4-9) เริ่มต้นด้วยการนำ คะแนนหลังเรียนที่ได้จากการศึกษานำร่อง (Pilot Study) และคะแนนก่อนเรียนจากการทดลองจริง (Main Study) มาเขียนกราฟ เพื่อหาคะแนนพหุกรณ์จุดตัด (cutting point) ได้ผลดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) ของคะแนนความเข้าใจในมิติดาราศาสตร์พื้นฐาน

จากภาพประกอบ 15 พบว่าคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) คือ 13 ดังนั้นคะแนนในช่วงนี้จึงมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะเป็นคะแนนจุดตัด จึงนำคะแนนตั้งแต่ 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 ไปตรวจสอบแล้วเลือกคะแนนที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องมากที่สุด ($P(TM)+P(TN)$) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิดพลาดน้อยที่สุด ($P(FN)+P(FM)$) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{vc}) มากสุดเป็นคะแนนจุดตัด ได้ผลดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของคะแนนความเข้าใจในมิติดาราศาสตร์พื้นฐาน

คะแนน	$P(TM)+P(TN)$	$P(FN)+P(FM)$	Phi Coefficient
13	0.92	0.08	0.84
14	0.93	0.07	0.86
15*	0.95	0.05	0.89
16	0.92	0.08	0.81
17	0.88	0.12	0.73

จากตาราง 10 พบว่าคะแนน 15 มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องมากที่สุด ($P(TM)+P(TN)$) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิดพลาดน้อยที่สุด ($P(FN)+P(FM)$) และค่า Phi Coefficient (ϕ_{vc}) มากสุด ดังนั้นคะแนน 15 จึงเป็นคะแนนจุดตัดของความเข้าใจในมิติดาราศาสตร์พื้นฐาน

1.3 ทดสอบสมมติฐานข้อ 2

ทดสอบคะแนนความเข้าใจโนมิดิราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนกับคะแนนจุดตัดโดยนำคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ของนักเรียนมาเปรียบเทียบกับคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ได้ผลดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโนมิดิราศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนกับคะแนนจุดตัด

คะแนน	$\bar{x}$	S.D	Cut-off score	t	df	p
หลังเรียน	20.15	3.30	15	9.74	38	.000

จากตาราง 11 พบว่า นักเรียนได้คะแนนความเข้าใจโนมิดิราศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นก็นำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Normalize gain ค่าคะแนนจุดตัด และทำการทดสอบสมมติฐานข้อ 3 ตามลำดับต่อไปนี้

2.1 ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า Normalize gain ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนที่ได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ดังรายละเอียดในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ก่อนเรียนและหลังเรียน

ทักษะ	จำนวนข้อ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
การสังเกต	3	1.90	0.91	2.23	0.90	0.30*
การวัด	3	1.87	0.83	2.56	0.68	0.61**
การจำแนกประเภท	2	1.64	0.58	1.90	0.31	0.72***
การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา	3	2.41	0.68	2.44	0.68	0.04*
การใช้ตัวเลข	2	1.00	0.40	1.56	0.50	0.56**
การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	4	3.46	0.68	3.79	0.47	0.62**
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	3	2.36	0.71	2.85	0.43	0.76***
การพยากรณ์	3	2.10	0.85	2.31	0.80	0.23*
การตั้งสมมติฐาน	2	1.13	0.66	1.26	0.68	0.15*
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	3	1.18	0.68	1.54	0.76	0.20*
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	2	1.36	0.63	1.54	0.51	0.28*
การทดลอง	2	1.41	0.64	1.82	0.51	0.70***
การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	4	2.87	0.95	3.36	0.81	0.43**
รวม	36	24.69	4.33	29.15	3.48	0.39**

* คือ การพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ

** คือ การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง

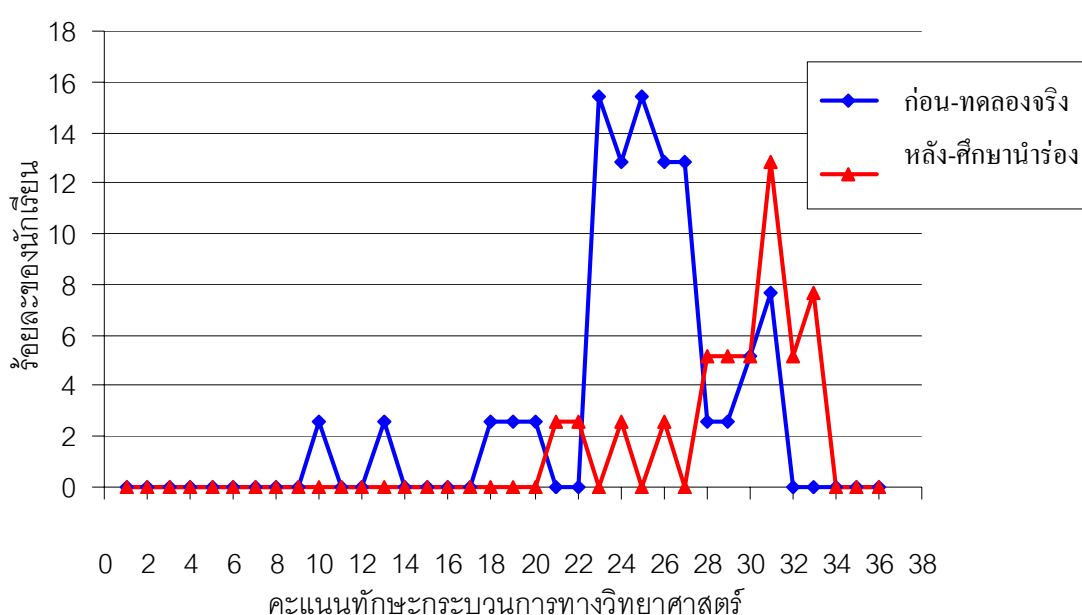
*** คือ การพัฒนาอยู่ในระดับสูง

จากตาราง 12 แสดงให้เห็นว่าหลังจากนักเรียนได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้
นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นักเรียนมีการพัฒนา
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง 3 ทักษะ คือ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการลง
ความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการทดลอง มีการพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง 4 ทักษะ คือ ทักษะการ
วัด ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและ
ลงข้อสรุป มีการพัฒนาอยู่ในระดับปานต่ำ 6 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการใช้ความสัมพันธ์
ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยาม

เชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วนักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{g} = 0.39$)

2.2 คะแนนจุดตัด (cut-off score) ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การหาคะแนนจุดตัดตามวิธีการของเบอร์ก (Berk. 1976: 4-9) เริ่มต้นด้วยการนำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่ได้จากการศึกษานำร่อง (Pilot Study) และคะแนนก่อนเรียนจากการทดลองจริง (Main Study) มาเขียนกราฟ เพื่อหาคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) ได้ผลดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 16 พบว่าคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) คือ 28 ดังนั้นคะแนนในช่วงนี้จึงมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะเป็นคะแนนจุดตัด จึงนำคะแนนตั้งแต่ 26, 27, 28, 29, 30 ไปตรวจสอบ แล้วเลือกคะแนนที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องมากที่สุด ($P(TM)+P(TN)$) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิดพลาดน้อยสุด ($P(FN)+P(FM)$) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{vc}) มากสุดเป็นคะแนนจุดตัด ได้ผลดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงคะแนนจุดตัดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	P(TM)+P(TN)	P(FN)+P(FM)	Phi Coefficient
26	0.66	0.34	0.40
27	0.73	0.27	0.47
28*	0.81	0.19	0.60
29	0.80	0.20	0.55
30	0.78	0.22	0.49

จากตาราง 13 พบว่าคะแนน 28 มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องมากที่สุด (P(TM)+P(TN)) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิดพลาดน้อยสุด (P(FN)+P(FM)) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{vc}) มากที่สุด ดังนั้นคะแนน 28 จึงเป็นคะแนนจุดตัดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 ทดสอบสมมติฐานข้อ 3

ทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกับคะแนนจุดตัดโดยนำคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ของนักเรียนมาเปรียบเทียบกับคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ได้ผลดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด

คะแนน	$\bar{x}$	S.D	Cut-off score	t	df	p
หลังเรียน	29.15	3.48	28	2.07	38	.045

จากตาราง 14 พบว่า นักเรียนได้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. จิตวิทยาาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยวัดจิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบวัดจิตวิทยาาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบมาตรฐาน 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นก็นำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย หาค่าคะแนนจุดตัด และทำการทดสอบสมมติฐานข้อ 4 ตามลำดับต่อไปนี้

3.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า Normalize gain <g> ของคะแนนจิตวิทยาาสตร์

นักเรียนที่ได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจิตวิทยาาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนดังรายละเอียดในตาราง 15

ตาราง 15 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจิตวิทยาาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

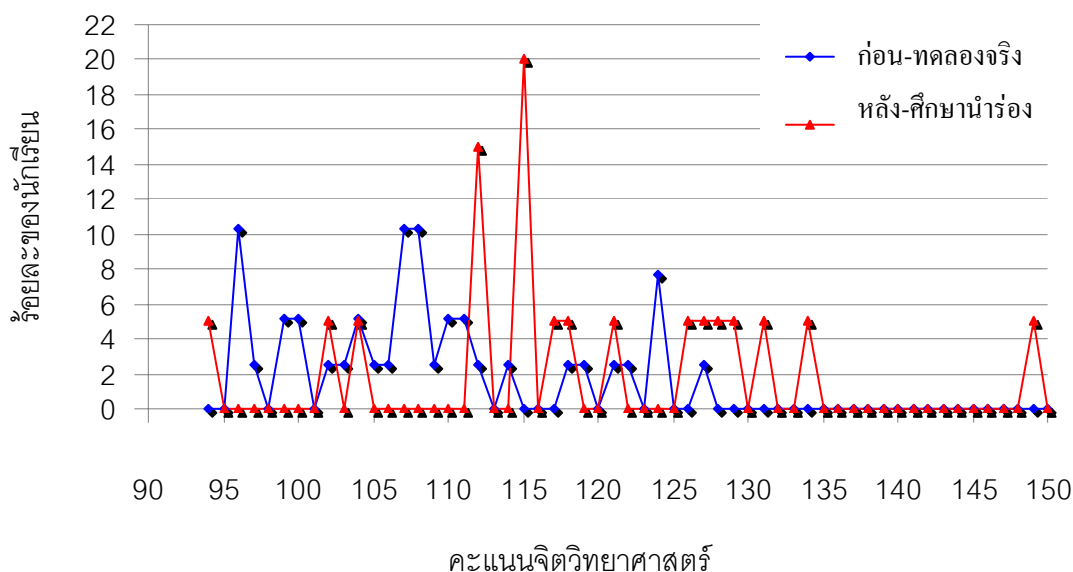
ด้าน	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
ความอยากรู้อยากเห็น	3.95	0.49	4.16	0.15	0.20*
ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม	3.58	0.60	3.98	0.33	0.28*
ความมีเหตุผล	3.30	0.69	3.43	0.72	0.08*
ความมีระเบียบและรอบคอบ	3.67	0.42	3.93	0.45	0.20*
ความซื่อสัตย์	3.63	0.52	3.87	0.39	0.18*
ความใจกว้าง	3.47	0.43	3.88	0.28	0.27*
รวม	3.60	0.53	3.88	0.45	0.20*

* คือ การพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ

จากตาราง 15 แสดงให้เห็นว่าหลังจากนักเรียนได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นักเรียนมีการพัฒนาจิตวิทยาาสตร์อยู่ในระดับต่ำทุกด้าน และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วนักเรียนมีการพัฒนาจิตวิทยาาสตร์อยู่ในระดับต่ำ (<g> = 0.20)

3.2 คะแนนจุดตัด (cut-off score) ของจิตวิทยาศาสตร์

การหาคะแนนจุดตัดตามวิธีการของเบอร์ก (Berk. 1976: 4-9) เริ่มต้นด้วยการนำคะแนนจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่ได้จากการศึกษานำร่อง (Pilot Study) และคะแนนก่อนเรียนจากการทดลองจริง (Main Study) มาเขียนกราฟเพื่อหาคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) ได้ผลดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) ของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 17 พบว่าคะแนนพยากรณ์จุดตัด (cutting point) คือ 112 ดังนั้นคะแนนในช่วงนี้จึงมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะเป็นคะแนนจุดตัด จึงนำคะแนนตั้งแต่ 110, 111, 112, 113, 114 ไปตรวจสอบ แล้วเลือกคะแนนที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องมากที่สุด ($P(TM)+P(TN)$) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิดพลาดน้อยสุด ($P(FN)+P(FM)$) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{vc}) มากสุดเป็นคะแนนจุดตัด ได้ผลดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์

คะแนน	$P(TM)+P(TN)$	$P(FN)+P(FM)$	Phi Coefficient
110	0.71	0.29	0.47
111	0.75	0.25	0.51
112*	0.78	0.22	0.56
113	0.75	0.25	0.46
114	0.75	0.25	0.46

จากตาราง 16 พบว่าคะแนน 112 มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องมากที่สุด ($P(TM)+P(TN)$) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิดพลาดน้อยสุด ($P(FN)+P(FM)$) และค่า Phi Coefficient ($\Phi \phi_{vc}$) มากสุด ดังนั้นคะแนน 112 จึงเป็นคะแนนจุดตัดของคะแนนจิตวิทยาาสตร์

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อ 4

ทดสอบคะแนนจิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนกับคะแนนจุดตัดโดยนำคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ของนักเรียนมาเปรียบเทียบกับคะแนนจุดตัด (Cut-off score) ได้ผลดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนจิตวิทยาาสตร์หลังเรียนกับคะแนนจุดตัด

คะแนน	$\bar{x}$	S.D	Cut-off score	t	df	p
หลังเรียน	116.28	9.75	112	2.74	38	.009

จากตาราง 17 พบว่า นักเรียนได้คะแนนจิตวิทยาาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน

การประเมินกระบวนการสืบเสาะเกิดขึ้นในระหว่างที่นักเรียนออกมานำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน โดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ผู้ประเมินจะเป็นเพื่อนนักเรียน ครูผู้ร่วมวิจัย และผู้วิจัย ได้ผลการประเมินดังรายละเอียดในตาราง 18

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน

รายการ	ผลการประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน		
	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
การกำหนดประเด็นปัญหา	4.28	0.58	ค่อนข้างมาก
การตั้งสมมติฐาน	3.62	0.64	ค่อนข้างมาก
การวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูล	3.53	0.65	ค่อนข้างมาก
การเก็บรวบรวมข้อมูล	3.80	0.61	ค่อนข้างมาก
การจัดกระทำข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล	3.93	0.67	ค่อนข้างมาก
การแปลความหมายข้อมูลและสรุป	3.78	0.60	ค่อนข้างมาก
การนำเสนอคำอธิบายโดยใช้แบบจำลอง	4.47	0.46	ค่อนข้างมาก
การตอบคำถาม	4.09	0.67	ค่อนข้างมาก
รวม	3.94	0.61	ค่อนข้างมาก

จากตาราง 18 พบว่านักเรียนมีกระบวนการสืบเสาะโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก ในทุกด้าน เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ การนำเสนอคำอธิบายโดยใช้แบบจำลอง การกำหนดประเด็นปัญหา การตอบคำถาม การจัดกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล การแปลความหมายข้อมูลและสรุป การตั้งสมมติฐาน และการวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูล ตามลำดับ

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการสัมภาษณ์วัดความเข้าใจมโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน การบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน การบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู และการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ซึ่งจะเสนอผลการวิจัยตามลำดับต่อไปนี้

5.1 ผลการสัมภาษณ์วัดความเข้าใจมโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน

ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความเข้าใจมโนมติดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน โดยทำการสัมภาษณ์หลังจากการทดสอบหลังเรียน ซึ่งดำเนินการหลังจากจัดกิจกรรมเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว 5 วัน ได้ผลการสัมภาษณ์โดยสรุปดังนี้ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ง)

นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลมาตราส่วนถูกต้องหลังเรียน โดยนักเรียนประมาณขนาดของโลกได้ถูกต้องว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15,000 กิโลเมตร และเมื่อกำหนดให้โลกมีขนาด 12 เซนติเมตร นักเรียนสามารถประมาณขนาดและระยะห่างของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง นอกจากนี้ยังอธิบายได้ว่าสาเหตุที่เราเห็นดวงจันทร์มีขนาดใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ทั้งที่ดวงอาทิตย์โตกว่าดวงจันทร์มากนั้นเป็นเพราะว่าดวงอาทิตย์อยู่ไกลจากโลกมากกว่าดวงจันทร์

นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลกลางวันกลางคืนถูกต้องหลังเรียน โดยนักเรียนบอกได้ถูกต้องว่าโลกหมุนรอบตัวเองเป็นสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืน นักเรียนสาธิตได้ว่าโลกหมุนรอบตัวเองในทิศวนเข็มนาฬิกา (มองจากเหนือขั้วโลกเหนือ) ใช้เวลาครบ 1 รอบ 24 ชั่วโมง ทำให้เราเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก และนักเรียนส่วนใหญ่บอกเวลาของประเทศต่างๆ ได้ แม้จะมีนักเรียนบางคนสับสน นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ยังทำนายเวลาขึ้นตกของวัตถุท้องฟ้าได้ถูกต้อง

นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลฤดูกาลถูกต้องหลังเรียน โดยนักเรียนอธิบายว่าแกนของโลกเอียงในขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นสาเหตุของการเกิดฤดูกาล และโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในทิศวนเข็มนาฬิกาใช้เวลารอบละ 1 ปี (มองจากเหนือขั้วโลกเหนือ) รวมทั้งสามารถบอกฤดูกาลที่ตำแหน่งต่างๆ บนโลกได้ถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ยังบอกตำแหน่งขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาลได้อย่างถูกต้อง

นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลข้างขึ้นข้างแรมถูกต้องหลังเรียน โดยนักเรียนสาธิตได้ถูกต้องว่าดวงจันทร์โคจรรอบโลกเป็นสาเหตุของการเกิดข้างขึ้นข้างแรม นักเรียนระบุตำแหน่งและรูปร่างของดวงจันทร์ที่สัมพันธ์กับข้างขึ้นข้างแรมได้ แม้จะมีบางคนสับสนระหว่างขึ้น 8 ค่ำ กับแรม 8 ค่ำ นอกจากนี้นักเรียนยังบอกได้ว่าดวงจันทร์โคจรรอบโลกครบ 1 รอบใช้เวลาประมาณ 30 วัน แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังสับสนเกี่ยวกับเวลาขึ้น-ตกของดวงจันทร์ในแต่ละวัน

นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลด้านหน้าของดวงจันทร์ถูกต้องหลังเรียน โดยนักเรียนอธิบายได้ถูกต้องว่าดวงจันทร์โคจรรอบโลกและหมุนรอบตัวเองด้วยเวลาที่เท่ากันเป็นสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์หันด้านที่เป็นกระต่ายเข้าหาโลกตลอดเวลา และอธิบายเกี่ยวกับด้านใกล้ ด้านไกลของดวงจันทร์ได้ถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ยังอธิบายลักษณะของกระต่ายบนดวงจันทร์ได้ถูกต้องว่าหันหัวไปทางทิศเหนือและหันหลังไปทางทิศตะวันตกของโลก

นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมเดลอุปราคาถูกต้องหลังเรียน โดยนักเรียนอธิบายได้ถูกต้องว่าจันทรุปราคาเกิดจากโลกบังแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่องถึงดวงจันทร์ ส่วนสุริยุปราคาเกิดจากดวงจันทร์บังดวงอาทิตย์ แม้จะมีการใช้คำพูดที่แตกต่างกันบ้างแต่นักเรียนก็สามารถสาธิตได้อย่างถูกต้อง

และนักเรียนบอกได้ว่าจะมีโอกาสเกิดสุริยุปราคาและจันทรุปราคาในเวลาใด นอกจากนี้ให้นักเรียนอธิบายได้ว่าระนาบวงโคจรของดวงจันทร์เอียงเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่เกิดอุปราคาทุกเดือน

5.2 ผลการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

นักเรียนแต่ละคนจะเขียนบันทึกหลังจัดการเรียนรู้เมื่อเรียนเสร็จในแต่ละแผน บางครั้งก็ให้นักกลับไปเขียนที่บ้าน ได้ผลดังรายละเอียดในตาราง 19

ตาราง 19 แสดงผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด	นักเรียนส่วนใหญ่มีความพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ค่อนข้างมาก เพราะนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และได้ลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดจนสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง รวมทั้งได้เรียนรู้จากสื่อการสอนใหม่ๆ ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...ชอบ เพราะได้ร่วมทำกิจกรรม และแสดงความคิดเห็น...” (นักเรียน 37) “...ชอบ เพราะเรียนสนุกดี...” (นักเรียน 35) “...ชอบ เพราะได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ...” (นักเรียน 34) “...ชอบ เพราะเรียนง่าย รู้เรื่องดี...” (นักเรียน 6) “...ชอบ เพราะรู้เรื่องดวงจันทร์แบบที่เราไม่เคยรู้ว่าเวลาที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกเท่ากับเวลาที่ดวงจันทร์หมุนรอบตัวเอง...” (นักเรียน 38)
นักเรียนพบปัญหาอุปสรรคอะไรบ้างในระหว่างเรียน	ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างเรียนส่วนใหญ่มาจากนักเรียนบางคนในกลุ่มไม่ให้ความร่วมมือ ขาดความรับผิดชอบ มีบางคนคุยเสียงดังรบกวนคนอื่น บางครั้งครูพูดเบาเกินไปและบางเรื่องครูอธิบายไม่เข้าใจ ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้
นักเรียนพบปัญหาอุปสรรคอะไรบ้างในระหว่างเรียน	“...ไปดูการทดลองกันไม่ทั่วถึง...” (นักเรียน 20) “...มีเล็กน้อย เพื่อนไม่ช่วยกันทำการทดลอง...” (นักเรียน 4) “...เพื่อนพูดมาก ไม่ช่วยคิด...” (นักเรียน 22) “...มองกระดานไม่เห็น ไม่ได้ยินที่ครูสอน...” (นักเรียน 27) “...ฟังไม่ค่อยรู้เรื่อง อธิบายไม่เข้าใจ...” (นักเรียน 35)

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
นักเรียนคิดว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร	นักเรียนส่วนใหญ่มีความเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีความเหมาะสม ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...เหมาะสม เพราะเข้าใจดี...” (นักเรียน 26) “...เหมาะสม เพราะใช้เวลาไม่นาน...” (นักเรียน 31) “...เหมาะสม เพราะเวลากำลังพอดี...” (นักเรียน 28) “...เหมาะสม เพราะเข้าใจสิ่งที่ครูสอน...” (นักเรียน 25) “...เหมาะสม เพราะทำการทดลองเสร็จทัน...” (นักเรียน 10)
นักเรียนคิดว่าสื่อที่ครูใช้ประกอบการสอนน่าสนใจหรือไม่ อย่างไร	นักเรียนส่วนใหญ่มีความเห็นว่าสื่อการสอนที่ใช้มีความเหมาะสมมาก ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...น่าสนใจ สิ่งที่ชอบมากคือดวงอาทิตย์เพราะมันใหญ่มาก เวลาเคลื่อนย้ายก็ตื่นเต้น...” (นักเรียน 37) “...น่าสนใจ เพราะสมจริงและทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น...” (นักเรียน 31) “...น่าสนใจ ไม่เคยมีแบบนี้มาก่อน...” (นักเรียน 21) “...น่าสนใจ เพราะเข้าใจได้ง่าย...” (นักเรียน 9) “...น่าสนใจ เพราะทันสมัยเหมือนจริง...” (นักเรียน 7)
นักเรียนต้องการให้ครูเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้อย่างไรบ้าง	นักเรียนต้องการให้ครูอธิบายให้ละเอียดในบางประเด็นที่เข้าใจยาก และอยากให้ครูพูดเสียงดังกว่านี้ หรือลงโทษนักเรียนที่ส่งเสียงดังรบกวนผู้อื่น ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...ครูอธิบายให้มากกว่านี้...” (นักเรียน 12) “...ครูสอนให้เสียงดังกว่านี้...” (นักเรียน 17) “...ให้ครูสรุปเนื้อหาให้อีกที...” (นักเรียน 18) “...ให้ครูพูดให้ดัง/สนุกกว่านี้...” (นักเรียน 22) “...ครูอธิบายให้ละเอียดขึ้น...” (นักเรียน 15)

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
นักเรียนเกิดการเรียนรู้ อะไรบ้าง	นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่าได้เรียนรู้ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...ได้เรียนรู้เกี่ยวกับฤดูกาล ได้รู้ว่า 1 ปี มีกี่ฤดูกาล...” (นักเรียน 16) “...ได้ความรู้เกี่ยวกับเวลาที่ห่างกันของแต่ละประเทศ...” (นักเรียน 25) “...ทำให้รู้ว่าดวงอาทิตย์ใหญ่กว่าโลกมาก และโลกใหญ่กว่าดวงจันทร์...” (นักเรียน 13) “...ได้ความรู้ว่าจันทร์ปราศจากเงาของโลกบังดวงจันทร์ และ สุริยุปราคาเกิดจากดวงจันทร์บังดวงอาทิตย์...” (นักเรียน 11)
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	นักเรียนเขียนข้อเสนอแนะเพิ่มเติมน้อยมาก ที่มีอยู่บ้างก็คือนักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นอกสถานที่บ้าง ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...อยากให้มีการดูดาวด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่โรงเรียน...” (นักเรียน 2) “...อยากให้ครูพาไปเที่ยวท้องฟ้าจำลองในวันวิทยาศาสตร์...” (นักเรียน 39)

จากตาราง 19 ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และมีความคิดเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกรายการมีความเหมาะสมคือ

5.3 ผลการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

ครูผู้ร่วมวิจัยจะเขียนบันทึกหลังจัดการเรียนรู้เมื่อสอนเสร็จในแต่ละแผนเกี่ยวกับพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียน ความเหมาะสมของเนื้อหา ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ ความเหมาะสมของเวลา และสิ่งที่คาดหวังว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ ได้ผลดังรายละเอียดในตาราง 20

ตาราง 20 แสดงผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมวิจัย

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมวิจัย
พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นของนักเรียน	ครูผู้ร่วมวิจัยเห็นว่าในชั้นสร้างความสนใจนักเรียนให้ความร่วมมือดีมาก ชอบอ่านใบความรู้ที่เกี่ยวกับความเชื่อในอดีต เมื่อครูถามนักเรียนแข่งกันตอบและร่วมแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวาง และสามารถสรุปประเด็นปัญหาที่จะศึกษาได้เร็วขึ้นในกิจกรรมหลายๆ และในชั้นสำรวจและค้นหานักเรียนสามารถตั้งสมมติฐาน และเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วน รวมทั้งมีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มได้เหมาะสมทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้นในกิจกรรมหลายๆ แต่ยังมีนักเรียนบางคนคุยและเล่นหยอกล้อกัน ผู้สอนได้กระตุ้นให้ตั้งใจเรียนและช่วยเพื่อนทำงาน ในชั้นอธิบายและสรุปนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและร่วมกันอภิปรายสรุปได้ดี นักเรียนสรุปผลได้สอดคล้องกับข้อมูลและประเด็นปัญหาที่ศึกษา นอกจากนี้ นักเรียนยังกล้าแสดงออกมากขึ้นในกิจกรรมหลายๆ ในชั้นขยายความรู้ นักเรียนสามารถนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้และอาศัยความช่วยเหลือจากผู้สอนน้อยลงในกิจกรรมหลายๆ ส่วนชั้นประเมินผลนักเรียนตั้งใจทำแบบฝึกหัดมาก แต่ก็มีอาการลอกกันบ้าง และอยากให้ครูเฉลยเร็วๆ ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...นักเรียนสนุกสนาน ให้ความสนใจมาก เป็นกิจกรรมที่ทำให้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมทุกคน แต่มีบางส่วนหยอกล้อกัน...”
พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นของนักเรียน	“...นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการให้ความร่วมมือตอบคำถาม ร่วมอภิปรายเสนอแนวคิดเป็นอย่างดี...” “...นักเรียนสามารถอธิบายและสรุปเปรียบเทียบเกี่ยวกับขนาดระยะห่างในระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ได้เป็นส่วนใหญ่...” “...นักเรียนตั้งใจฟังคำแนะนำในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้ตรงประเด็น ถูกต้อง...”

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมวิจัย
ความเหมาะสมของเนื้อหา	ครูผู้ร่วมวิจัยมีความเห็นว่าเนื้อหามีความเหมาะสม ไม่น่าเบื่อ นักเรียนสนุกสนานกับการทดลองสังเกตจากนักเรียนแย่งกันทดลอง สนใจอยากรู้ อยากเห็น ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้น ม. 3...” “...เนื้อหาเหมาะสมดีมาก และสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน...”
ความเหมาะสมของเวลา	ครูผู้ร่วมวิจัยมีความเห็นว่าเวลาโดยรวมมีความเหมาะสม แต่ในกิจกรรมที่ 1 ควรจะปรับปรุงเวลาในแต่ละขั้นตอนใหม่และปรับเนื้อหาให้กระชับ ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...ในภาพรวมเหมาะสม โดยครูต้องพูดไม่หลงประเด็นเน้นเขียนนอกกรอบแล้วจะพอดีกับเวลาที่กำหนด...” “...พอดีกับเนื้อหาตามแผนการจัดการเรียนรู้...” “...ค่อนข้างน้อยไป...”(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)
ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้	ครูผู้ร่วมวิจัยมีความเห็นว่าสื่อที่ใช้มีความเหมาะสม มีความแปลกใหม่ ช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์ได้ชัดเจนขึ้นดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...สื่อการเรียนรู้เหมาะสมดีมาก แสดงให้นักเรียนเห็นตำแหน่ง โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ในขณะเกิดอุปราคา...” “...ดีมาก เป็นที่น่าสนใจของนักเรียน และขั้นตอนการใช้ง่ายต่อผู้สอน...” “...เหมาะสมดี ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสนุกสนานและเข้าใจโดยไม่ต้องบังคับ...” “...ดีมาก จากผลการตรวจแบบฝึกหัดแสดงให้เห็นถึงนักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ และนักเรียนตื่นตัวด้วย...”

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมวิจัย
ท่านคิดว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร	ครูผู้ร่วมวิจัยมีความเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่ก็มีบางกิจกรรมที่นักเรียนยังสับสนอยู่บ้าง ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้ “...นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ โดยนักเรียนสรุปว่าโลกหมุนรอบตัวเองเป็นสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืน...” “...นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยครูได้จากการสรุปหน้าชั้นเรียน และผลการตรวจใบงาน...”
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	ครูมีความเห็นว่าควรจะมีการชี้แจง อธิบาย ให้นักเรียนเข้าใจถึงรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้เพื่อให้นักเรียนได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ครูเห็นว่าควรชี้แจงถึงเรื่องทักษะทางสังคมให้กับนักเรียน เช่น ความรับผิดชอบ การแบ่งหน้าที่กันทำงาน การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพราะนักเรียนบางคนยังมีปัญหาในเรื่องเหล่านี้ ครูอยากให้มีการใช้วิธีทัศน์มาประกอบการเรียนการสอนบ้าง เพราะจะทำให้นักเรียนสนใจมากขึ้น และครูมีความเห็นว่าใบความรู้ 4.3 นั้นยากเกินไปและควรใช้ภาพสีประกอบการทำใบความรู้ ดังจะเห็นได้จากข้อความต่อไปนี้
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	“...ควรจะแนะนำบทบาทของนักเรียนให้ชัดเจนในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง...” “...ครูต้องคอยสังเกตนักเรียนที่เรียนอ่อนและ กระตุ้นให้มีส่วนร่วมกิจกรรม...” “...ใช้โปรแกรมดาวอธิบายตำแหน่งขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาล ...” “...ใบความรู้ควรจะมีสีส้มมากกว่านี้ เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน...” “...ใบความรู้ 4.3 ยากเกินไป และใช้เวลานานในการอธิบาย...”

จากตาราง 20 ครูผู้ร่วมวิจัยมีความเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่สอน เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ทำให้นักเรียนตั้งใจเรียนและเกิดความสนุกสนานในการเรียน เพราะได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย ได้สัมผัสของจริงในการทดลอง นอกจากได้ความรู้แล้วนักเรียนยังได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง เป็นต้น และยังส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น สื่อการสอนที่ใช้ก็ช่วยดึงดูดความสนใจแก่นักเรียนเป็นอย่างดี

5.4 ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

ผู้วิจัยจะเขียนบันทึกหลังจัดการเรียนรู้เมื่อครูสอนเสร็จในแต่ละแผนเกี่ยวกับพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียน ความเหมาะสมของเนื้อหา ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ ความเหมาะสมของเวลา และสิ่งที่คาดหวังว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ ได้ผลดังรายละเอียดในตาราง 21

ตาราง 21 แสดงผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
พฤติกรรม การ เรียนรู้ที่ เกิดขึ้น ของ นักเรียน	จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าในชั้นสร้างความสนใจนักเรียนให้ ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการร่วมกันอภิปรายทบทวนความรู้เดิมที่มีอยู่ รวมทั้งซักถามข้อ สงสัย แต่ก็มีบางครั้งที่นักเรียนเสนอเหตุผลสนับสนุนความเชื่อของตนเองแล้วเพื่อนๆ หัวเราะและโห่ร้อง ครูต้องคอยตัดเตือน นอกจากนี้บางครั้งนักเรียนก็อภิปรายกันออกนอก ประเด็น ครูก็จะประทับประคองกลับมาจนได้ประเด็นปัญหาที่จะศึกษา ขึ้นสำรวจและค้นหา นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งสมมติฐานได้เหมาะสม และมีการแบ่ง หน้าที่กันชัดเจนดี รวมทั้งครูผู้สอนก็ให้คำแนะนำแก่นักเรียนละเอียดดีทำให้นักเรียนเก็บ รวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วน นอกจากนี้นักเรียนยังมีความกระตือรือร้นในการเรียน สังเกต ได้จากแย่งกันออกมาเก็บรวบรวมข้อมูล และพบว่านักเรียนชอบและตื่นตัวกับการทดลอง มาก แต่ก็มีนักเรียนบางคนเล่นหยอกล้อกันในช่วงเก็บรวบรวมข้อมูล

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
	ขั้นอธิบายและสรุป นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้มา รวมทั้งพยายามหาหลักฐานมาอธิบายสนับสนุนแนวความคิดของตนเองในการอภิปรายโต้แย้งกัน นักเรียนมีความกล้าแสดงออกมากขึ้นในกิจกรรมต่างๆ แต่นักเรียนอ่อนส่วนใหญ่ก็ยังมีส่วนร่วมน้อยในการอภิปรายเชิงวิชาการ ในส่วนของครูผู้ช่วยวิจัยก็ทำหน้าที่ได้ดีในการซักถาม และช่วยให้นักเรียนสรุปผลได้ถูกต้อง ขั้นขยายความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ก็อ่านใบความรู้ที่ครูให้ไปอ่านเป็นการบ้านมาล่วงหน้า จึงอภิปรายร่วมกับเพื่อนๆ และครูได้อย่างสมเหตุสมผล ส่วนนักเรียนบางคนที่ไม่อ่านมาก็จะนั่งเงียบ เมื่อครูถามก็ตอบไม่ได้จึงต้องให้เพื่อนในกลุ่มช่วยตอบแทน โดยส่วนใหญ่่นักเรียนก็สามารถนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ ในส่วนของครูผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรจะศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์เหล่านี้ เพื่อให้สามารถนำอภิปรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะบางครั้งเมื่อนักเรียนถามนอกเหนือจากข้อมูลในใบความรู้ครูจะขอช่วยให้ผู้วิจัยเป็นผู้อธิบายแทน
พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นของนักเรียน	ขั้นประเมินผล นักเรียนประเมินกระบวนการสืบเสาะของเพื่อนๆ อย่างรอบคอบและสอดคล้องกับที่นักเรียนประเมินตนเอง และตั้งใจทำแบบฝึกหัดในใบงานทุกคนแม้จะลอกกันบ้าง จากผลการตรวจแบบฝึกหัดพบว่านักเรียนทำคะแนนได้ดีทุกมโนมติกเว้นมโนมิติมาตราส่วนที่นักเรียนได้คะแนนค่อนข้างน้อยมาก ในส่วนของครูก็มีการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนตลอดเวลา จะเห็นได้จากเมื่อนักเรียนมีปัญหาในขั้นตอนใดครูก็จะเข้าไปให้การช่วยเหลือได้ทันทั่วทั้ง

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
ความเหมาะสมของเนื้อหา	เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของผู้เรียน กล่าวคือ ไม่ยากจนเกินไปสำหรับนักเรียนในการสรุปสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เหล่านี้ แต่ก็มีเนื้อหาท้าทายพอสมควรสำหรับนักเรียนในชั้นขยายความรู้ที่จะต้องนำข้อสรุปเหล่านี้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้เนื้อหายังสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน
ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้	สื่อการสอนที่ใช้มีความเหมาะสมมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EMS-System Model ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ระบบ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (มาตราส่วน กลางวันกลางคืน ฤดูกาล ข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์ อุปราคา) ได้ถูกต้องรวดเร็วขึ้น และสื่อการสอนที่ใช้อย่างช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน
ความเหมาะสมของเวลา	โดยภาพรวมนั้นถือว่าเวลาเหมาะสม มีเพียงกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เท่านั้นที่เวลาไม่ค่อยเพียงพอจึงทำให้ครูต้องรีบสรุปเนื้อหาอย่างรวบรัด ซึ่งสาเหตุอาจจะเนื่องมาจากเป็นกิจกรรมแรก ทั้งครูและนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับบทบาทใหม่ของตนเอง รวมทั้งขาดการสนับสนุนที่เหมาะสมจากผู้วิจัยจึงทำให้เสียเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ท่านคิดว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร	นักเรียนส่วนใหญ่เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ สังเกตได้จากนักเรียนสามารถอภิปรายสรุปผลได้ถูกต้อง และนำข้อสรุปไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้เมื่อดูจากผลการตรวจใบงานก็พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ดี มีเพียงใบงานที่ 1 เท่านั้นที่นักเรียนได้คะแนนน้อย

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการ	ผลการบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	ควรจะใช้หลอดไฟที่ให้ความสว่างมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้เห็นปรากฏการณ์ได้ชัดเจนขึ้น โดยหลอดไฟที่ใช้ในการจัดกิจกรรมเรียนรู้ครั้งนี้มีขนาด 250 วัตต์ ควรจะลดการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองมโนมติอุปราคาให้เหลือเพียงแค่ 2 ครั้ง เพื่อให้พอดีกับเวลาครูผู้สอนต้องขีดเส้นแบ่งวันสากลบนลูกโลกจำลองให้ชัดเจนเพื่อใช้อธิบายเกี่ยวกับเวลามาตรฐานครูผู้สอนต้องมีความอดทนในการรอคอยคำตอบจากนักเรียน

จากตาราง 21 ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งด้านเนื้อหา ด้านเวลา ด้านสื่อที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ และยังทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยนักเรียนมีการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้ดีขึ้นเรื่อยๆ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ต่อความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถนำมาสรุปอภิปรายผล ตลอดจนมีข้อเสนอแนะดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ให้มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง มีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. เพื่อศึกษาความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model
3. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model
4. เพื่อศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model

สมมติฐานของการวิจัย

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง มีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก (3.51)
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model มีความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model มีจิตวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 241 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กระบี่ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 39 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model)
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน
 - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.3 จิตวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่องระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 แบ่งออกเป็น 6 มโนทัศน์ ดังนี้

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 1. มาตรฐานโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ | 4. ข้างขึ้นข้างแรม |
| 2. วัฏจักรกลางวันกลางคืน | 5. ด้านหน้าของดวงจันทร์ |
| 3. ฤดูกาล | 6. อุปราคา |

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model)
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรม EMS-System Model
3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. แบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์
6. แบบสัมภาษณ์นักเรียน
7. แบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน
8. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูและผู้วิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลการสื่อสารพื้นฐาน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้ร่วมวิจัยดำเนินการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) เรื่อง มาตรฐาน การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดขั้วขึ้นขั้วแรม การที่ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา และการเกิดอุปราคา ตามลำดับให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาที่ครูผู้ร่วมวิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะเข้าร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ด้วยทุกครั้ง เพื่อร่วมกับนักเรียน และครูผู้ร่วมวิจัย ประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากสอนเสร็จในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ในขณะเดียวกันผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยก็เขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังทำการนิเทศระหว่างจัดการเรียนรู้ และสอบถามถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อ่านบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน พร้อมทั้งสังเกตชั้นเรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้ครูผู้ร่วมวิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับการสอนครั้งต่อไปจนสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้

3. ทดสอบหลังเรียน (posttest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้วด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมเดลการสื่อสารพื้นฐาน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งสุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมา 5 คน เป็นเด็กเก่ง 1 คน ปานกลาง 3 และอ่อน 1 คน มาทำการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจโมเดลการสื่อสารพื้นฐานเชิงลึกของนักเรียน แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลโดยครูผู้ร่วมวิจัยและผู้วิจัย พร้อมทั้งบันทึกวิดีโอตลอดการสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนความเข้าใจโมเดลการศึกษาศาสตร์พื้นฐาน คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า Normalize Gain
2. ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมิน EMS-System Model ของผู้เชี่ยวชาญกับคะแนนเกณฑ์ (3.51) โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test
3. ทดสอบสมมติฐานข้อ 2 ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจโมเดลการศึกษาศาสตร์พื้นฐานกับคะแนนจุดตัด (Cut-off score) โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test
4. ทดสอบสมมติฐานข้อ 3 ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับคะแนนจุดตัด (Cut-off score) โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test
5. ทดสอบสมมติฐานข้อ 4 ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์กับคะแนนจุดตัด (Cut-off score) โดยใช้การทดสอบที ชนิด One sample t-test
6. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียน การบันทึกวิดีโอระหว่างสัมภาษณ์ การประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน การบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ครูผู้ร่วมวิจัย และผู้วิจัย จากนั้นแปลผลด้วยการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (investigator triangulation) ตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (methodological triangulation) โดยใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (typological analysis) การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบข้อมูล การวิเคราะห์แบบอุปนัย (analytic induction) แล้วนำเสนอข้อสรุปจากข้อมูลเหล่านี้ในรูปแบบการบรรยาย (สุภางค์ จันทวานิช. 2540: 23 – 41)

สรุปผลการวิจัย

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องมีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลการศึกษาศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ต่อการพัฒนาความเข้าใจโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้แยกอภิปรายผลตามลำดับของสมมติฐาน ดังนี้

1. แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้องมีมาตราส่วนเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าด้านการผลิตผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ด้านความสะดวกในการใช้งาน ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับค่อนข้างมาก ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และด้านคู่มือการใช้ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับค่อนข้างมาก

ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่สร้างขึ้นมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง และมีมาตราส่วนเหมาะสมกล่าวคือ ดวงจันทร์มีขนาดประมาณ 1 ใน 4 ของโลก และสามารถยึดแขนของดวงจันทร์ออกไปได้ถึง 1.2 เมตร ส่วนการเคลื่อนที่สัมพันธ์นั้นเมื่อโลกหมุนรอบตัวเองครบ 27.321 รอบ ดวงจันทร์โคจรรอบโลกครบ 1 รอบพอดี แต่ดวงจันทร์จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างครบ 1 รอบ ก็ต่อเมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง 29.53 รอบ ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเองโลกก็จะโคจรรอบดวงอาทิตย์ไปด้วย โดยโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบ 1 รอบ เมื่อโลกหมุนรอบตัวเองครบ 365.19 รอบ หรือดวงจันทร์โคจรรอบโลกครบ 13.368 รอบ หรือดวงจันทร์มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างครบ 12.3667 รอบ และแกนของโลกเอียง 23.5 องศา ซึ่งตำแหน่งเดิมตลอดเวลาในขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเพียงแค่วัน 0.6 วัน จึงสามารถใช้แบบจำลองนี้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งต้นทุนการผลิตก็ไม่สูงเมื่อเทียบกับองค์ความรู้ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้กระบวนการสร้างแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ก็เป็นไปตามหลักในการผลิตสื่อที่พิจารณาเกี่ยวกับ ผู้เรียน จุดมุ่งหมาย กระบวนการเรียนการสอน และเนื้อหา ซึ่งไชยยศ เรืองสุวรรณ (2533 : 88-91) ได้กล่าวถึงหลักในการนำสื่อการสอนไปใช้ในห้องเรียนว่าต้อง

คำนึงถึงลักษณะเฉพาะตัวของนักเรียน นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมในการเรียน เทคนิคการสอนและการนำเสนอสื่อต้องเหมาะสม

2. นักเรียนมีความเข้าใจมโนติคาราศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัยข้อ 2 และเมื่อพิจารณาในแต่ละมโนติพบว่าหลังจากได้รับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์แล้วนักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนติคาราศาสตร์พื้นฐานอยู่ในระดับสูง 2 มโนติ คือ อุปราคา ($\langle g \rangle = 0.76$) และมาตรส่วน โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ($\langle g \rangle = 0.73$) นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนติคาราศาสตร์พื้นฐานอยู่ในระดับปานกลาง 4 มโนติ คือ กลางวันกลางคืน ($\langle g \rangle = 0.62$) ด้านหน้าของดวงจันทร์ ($\langle g \rangle = 0.53$) ฤดูกาล ($\langle g \rangle = 0.52$) และข้างขึ้นข้างแรม ($\langle g \rangle = 0.41$) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ธวัชชัย คงนุ่ม (2550: 62) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ พบว่าหลังจากได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนมโนติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าการสอนแบบสืบเสาะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (Abraham and Renner, 1986: 87; เปรมจิตร์ บุญสาย, 2541: บทคัดย่อ; เรวัต สุภมั่งมี, 2542: บทคัดย่อ; วัฒนา จิรชนสมบัติ, 2542: 75; ณรงค์ ไสภิน, 2547: บทคัดย่อ และ รัตนาวรรณ ชนานุรักษ์, 2547: บทคัดย่อ)

ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เต็มศักยภาพ ซึ่ง อุทัย ดุลยเกษม (2542: 28) กล่าวว่า iva การเรียนรู้ที่ดีจะเกิดจากประสบการณ์หรือการลงมือปฏิบัติ เป็นการทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะปฏิบัติที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง สอดคล้องกับ วิชัย วงษ์ใหญ่ (2542: 22) ที่กล่าวว่า การออกแบบการเรียนรู้จะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับนักเรียนและสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงการแสวงหาความรู้ได้เต็มศักยภาพ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เผชิญปัญหา และแก้ปัญหาด้วยตัวเอง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองจะให้นักเรียนเกิดมโนติเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น ดังที่ จานง พรายแถมแข (2516 : 49-50) ได้กล่าวไว้ว่า การสอนเพื่อส่งเสริมให้เด็กมโนติจะต้องให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง และได้สัมผัสกับประสบการณ์ เหตุการณ์ และสถานการณ์จริง ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะเป็นการทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้มโนติได้ดีและมีความหมาย นักเรียนสามารถเกิดความเข้าใจเรื่องที่ศึกษาได้ ทำให้เกิดความหมายต่อการเรียนรู้ นอกจากนี้ นาดยา ปิรันธนานนท์ (2542 : 15) ยังได้กล่าวถึงหลักการสำคัญของการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดมโนติ

โดยสรุปได้ว่า จะต้องให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติเอง ได้ทำการสังเกต สำรวจ แสดงออกมาซึ่งคำจำกัดความของมโนทัศน์นั้นๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง สอดคล้องกับ Martin (1997: 41) ที่กล่าวเกี่ยวกับการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปได้ว่า จะต้องเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเองทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนก็จะได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปอย่างเต็มที่ และสามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติในเรื่องที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น เช่นเดียวกับ บรูเนอร์ (Bruner. 1961: 30) ที่กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะช่วยเพิ่มศักยภาพด้านสติปัญญา เนื่องจากนักเรียนต้องเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน นอกจากนี้ ชอวบ กินาวงส์ (2533: 37-38) ได้กล่าวว่า วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ช่วยฝึกให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอันเป็นการส่งเสริมความสามารถทางด้านสติปัญญาของนักเรียน เพราะพัฒนาการทางด้านสติปัญญาจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อนักเรียนมีโอกาสคิดด้วยตนเอง ไม่ใช่ฟังแต่ครูบอกเพียงอย่างเดียว

สำหรับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและเผชิญกับสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมของตนเอง และนักเรียนจะเกิดความขัดแย้งทางความคิดเมื่อความรู้เดิมที่มีอยู่ไม่สามารถอธิบายข้อซักถามหรือประสบการณ์ใหม่ได้ ซึ่งนักการศึกษาถือว่าไว้ว่า นักเรียนจะใช้ประสบการณ์เดิมสร้างความรู้และความเข้าใจต่อสิ่งที่รับรู้ใหม่ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายมากกว่าการรับรู้และจดจำความรู้ที่จัดระเบียบไว้แล้ว (ทิสนา แคมมณี. 2548 : 94; Driver & Bell. 1986: 448; Wheatley. 1991: 10; Walker; & Lambert. 1995: 17)

ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนจะได้ร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มในการลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้นเพื่อจัดการความขัดแย้งทางความคิดที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ นักเรียนจดจำความรู้ได้นานสอดคล้องกับ ชอวบ กินาวงส์ (2533: 37-38) ที่กล่าวว่า การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและค้นคว้าด้วยตนเองจะทำให้เราเข้าใจลึกซึ้งและจำได้นานกว่าเนื้อหาวิชาที่เราเรียนรู้จากการบรรยายหรือคำบอกเล่าของครูแต่เพียงอย่างเดียว และสนธยา ครองยุดิ (2549: 190) กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน นอกจากนี้ เปียเจต์ (Bulunuz, N. 2006: 25-27; อ้างอิงจาก Piaget. 1970) ยังกล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้เด็กได้รับประสบการณ์หลายทาง และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมาก ๆ

ขั้นอธิบายและสรุป นักเรียนจะได้นำเสนอความรู้ใหม่ที่นักเรียนค้นพบต่อสมาชิกในห้อง พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้เพื่อนๆ ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุปที่เป็นที่ยอมรับของสมาชิก

ทั้งห้อง สอดคล้องกับ ไวท็อทสกี (Vygotsky. 1978: 86-87) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดจากการเจรจาต่อรองในสังคมเพื่อสร้างความหมายของสิ่งต่างๆ ร่วมกัน เช่นเดียวกับ วอร์คเกอร์และแลมเบิร์ต (Walker; & Lambert. 1995: 17) ที่กล่าวว่า นักเรียนสร้างความหมายจากประสบการณ์ และจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล แล้วบูรณาการข้อมูลและแนวคิดใหม่กับโครงสร้างความรู้เดิม (existing knowledge structures) เมื่อเกิดความไม่สมดุลระหว่างโครงสร้างความรู้เดิมและแนวคิดใหม่นักเรียนจะตั้งตระหนักรู้ความเชื่อของตนเองกับความคิดใหม่ ความเชื่อเดิมอาจจะถูกปรับปรุงหรือถูกแทนที่ด้วยความรู้ใหม่ นอกจากนี้ ไวท็อทสกี ยังเชื่อว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของตนเองขึ้นได้หากได้รับคำชี้แนะ หรือทำงานร่วมกับผู้ที่มีความชำนาญเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ มากกว่า

ขั้นขยายความรู้ นักเรียนจะได้นำความรู้ใหม่จากขั้นอธิบายและสรุปไปเชื่อมโยงกับความรู้เก่าที่มีอยู่ และนำไปประยุกต์ใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง จนบางครั้งก็นำไปสู่ปัญหาใหม่ให้ศึกษากันต่อไป ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีมโนคติที่กว้างขึ้น และเกิดความคงทนในการเรียนรู้เมื่อความรู้ใหม่ที่ได้มามีความสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ดี สอดคล้องกับ ออซุเบล (Ausubel) ที่กล่าวว่า ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายถ้าความรู้ใหม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

ขั้นประเมินผล นอกจากนักเรียนจะถูกประเมินโดยครูผู้สอนแล้ว นักเรียนจะได้มีโอกาสประเมินตนเองและประเมินเพื่อนๆ ในห้องด้วย ซึ่ง กรมวิชาการ (2544: 28-29) แนะนำว่า การประเมินผลควรทำตลอดการเรียนการสอน เพื่อปรับปรุง และเฝ้าดูพัฒนาการของผู้เรียน ด้วยวิธีการที่หลากหลายและต่อเนื่องตลอดเวลา การถกทอระหว่างการเรียนการสอน และการประเมินผลไปพร้อมๆ กันนี้สอดคล้องกับลักษณะการประเมินผลจากสภาพจริง

สาเหตุสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคิดดาราศาสตร์พื้นฐานสูงขึ้น น่าจะมาจาก แบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ที่ใช้เป็นสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้เป็นแบบจำลองทางกายภาพที่นักเรียนสามารถจับต้องได้ แบบจำลองนี้จึงช่วยให้เนื้อหาดาราศาสตร์พื้นฐานมีลักษณะเป็นรูปธรรมมากขึ้น สอดคล้องกับ ไวท์ (White. 1993b.) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นสะพานเชื่อมที่สำคัญระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมกับสิ่งที่เป็นนามธรรม โดยแบบจำลองนี้สามารถแสดงให้เห็นกลไกการเคลื่อนที่ของ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การที่ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา และการเกิดอุปราคาได้อย่างชัดเจน รวมทั้งยังช่วยประหยัดเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำให้นักเรียนสามารถสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้นักเรียนเข้าใจมโนคิดได้ถูกต้องรวดเร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ กิดานันท์ มะลิทอง (2543: 98) ที่กล่าวว่า สื่อเป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยู้งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสื่อยังช่วยสร้างความสนใจให้กับนักเรียน

ทำให้นักเรียนเกิดความสนุกและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน นอกจากนี้การที่นักเรียนได้ร่วมกันสร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการสร้างความรู้เหมือนนักวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดสูงขึ้น เช่นเรื่อง กระแสไฟฟ้า การหายใจของเซลล์และสิ่งมีชีวิต นิเวศวิทยา การเคลื่อนของแผ่นเปลือกโลก เป็นต้น (Rea-Ramirez. 1998; Clement; & Steinberg. 2002; Gobert; et al. 2002)

3. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 และเมื่อพิจารณาในแต่ละทักษะพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง 3 ทักษะ คือ ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ($<g> = 0.76$) ทักษะการจำแนกประเภท ($<g> = 0.72$) ทักษะการทดลอง ($<g> = 0.70$) นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง 4 ทักษะ คือ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ($<g> = 0.62$) ทักษะการวัด ($<g> = 0.61$) ทักษะการใช้ตัวเลข ($<g> = 0.56$) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ($<g> = 0.43$) นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ 6 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ($<g> = 0.30$) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ($<g> = 0.28$) ทักษะการพยากรณ์ ($<g> = 0.23$) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ($<g> = 0.20$) ทักษะการตั้งสมมติฐาน ($<g> = 0.15$) ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา ($<g> = 0.04$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่า การสอนแบบสืบเสาะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Abraham and Renner. 1986: 87 ; Lavoie. 1999: บทคัดย่อ ; นุชรินทร์ โนนสินชัย. 2536: บทคัดย่อ; เรวัต ศุกมั่งมี. 2542: บทคัดย่อ; วัฒนา จิรชนสมบัติ. 2542: 75; ณรงค์ โสภณ. 2547: บทคัดย่อ; ประภัสสร ผลสินธุ์ 2547: บทคัดย่อ)

การที่นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอาจจะเนื่องมาจากการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ ซึ่ง สุวัฒน์ นิยมคำ (2531: 502) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหา หรือสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ไม่เคยรู้มาก่อน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ ผดุงยศ ดวงมาลา (2531: 122) ที่กล่าวว่า “การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนให้นักเรียนค้นหาความรู้ความจริงทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง ครูผู้สอนจะเป็นเพียงผู้สร้างสถานการณ์ หรือช่วยให้นักเรียนได้กำหนดวิธีการค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ยังให้อิสระแก่นักเรียนในการทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองทำให้พัฒนาทักษะได้

อย่างเหมาะสมตามกฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) (Thorndike. 1955: 77 อ้างถึงใน ทิศนา ขัมมมณี. 2548: 51) ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ เฮากูส และ เพนนิค (เรวัต ศุภมั่งมี. 2542: 60; อ้างอิงจาก Haukoos and Penick. 1983) ที่พบว่านักเรียนที่มีอิสระในการคิดและทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบค้นพบโดยครูเป็นผู้กำหนดแนวทางให้คิดและทำกิจกรรม

สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละขั้นตอนได้ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กล่าวคือ ในขั้นสร้างความสนใจ นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ทบทวนความรู้เดิมที่มีอยู่ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา จนนักเรียนเกิดประเด็นปัญหาเมื่อความรู้เดิมที่มีอยู่ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ นักเรียนจึงต้องตั้งสมมติฐานเพื่อคาดเดาคำตอบที่เป็นไปได้ ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียน สำหรับขั้นสำรวจและค้นหานักเรียนจะต้องช่วยกันวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการทดลอง เมื่อนักเรียนสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วในขั้นอธิบายและสรุปนักเรียนจะต้องทำการจัดกระทำข้อมูลเพื่อค้นหารูปแบบของข้อมูล แล้วร่วมกันสร้างข้อสรุปที่ค้นพบ จากนั้นก็นำเสนอคำอธิบายต่อสมาชิกในห้อง ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเป็นการส่งเสริมทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ส่วนในขั้นขยายความรู้นักเรียนจะต้องนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมทักษะการพยากรณ์ ด้วยเหตุนี้การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) จึงทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

4. นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยข้อ 4 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นักเรียนมีการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำทุกด้าน เรียงจากมากไปน้อย คือ ด้านความรับผิดชอบและเพียรพยายาม($g = 0.28$) ด้านความใจกว้าง($g = 0.27$) ด้านความอยากรู้อยากเห็น($g = 0.20$) ด้านความมีระเบียบและรอบคอบ($g = 0.20$) ด้านความซื่อสัตย์($g = 0.18$) และด้านความมีเหตุผล($g = 0.08$) ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (Lavoie. 1999: บทคัดย่อ; ประภัสกุลโพธิ์. 2548: 110; เขวลักษณ์ ชื่นอารมณ. 2549: 50)

การที่นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังเรียนอาจจะเนื่องมาจากการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง สอดคล้องกับ กอร์ดอน ดับบลิว ออลส์พอร์ต (Gordon W. Allport, 1967: 3) ที่กล่าวว่า เจตคติเป็นสิ่งที่เกิดจากประสบการณ์ ประสบการณ์มีส่วนในการสร้างเจตคติ ดังนั้นการที่นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริงในการเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนสะสมประสบการณ์ตรงที่ได้รับจึงสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น สอดคล้องกับ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 7) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้ เช่น การทดลอง ให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปด้วยในเวลาเดียวกัน เช่นเดียวกับ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนอย่างจริงจัง ได้แก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์จนประสบผลสำเร็จอย่างดี จะเป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้ การที่นักเรียนมีความเข้าใจในนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นก็ส่งผลให้นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์สูงขึ้นเช่นกัน (เดชฯ พลกันย์ม. 2535 บทคัดย่อ; อรุณฯ ธาราเวชรักษ์. 2539: บทคัดย่อ)

สำหรับการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) นั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนช่วยส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ดังนี้ ในขั้นสร้างความสนใจนักเรียนจะถูกกระตุ้นด้วยสถานการณ์ และการอภิปรายซักถามจนนักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิด และต้องการค้นหาคำตอบเพื่อให้เกิดภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ด้านความอยากรู้อยากเห็น ด้านความมีเหตุผล และด้านความใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ส่วนในขั้นสำรวจและค้นหานักเรียนจะต้องวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูล และลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองอย่างรอบคอบและอดทน ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์ ด้านความมีระเบียบและรอบคอบ และด้านความรับผิดชอบและเพียรพยายาม สำหรับขั้นอธิบายและสรุปนักเรียนจะต้องสรุปผลตามความเป็นจริงของข้อมูล และอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจนได้ข้อสรุปร่วมกัน ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์ ด้านความมีเหตุผล และด้านความใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นอกจากนี้ในขั้นขยายความรู้นักเรียนจะต้องนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องอย่างสมเหตุสมผล และเจรจาต่อรองจนได้ข้อสรุปร่วมกัน ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ด้านความมีเหตุผล และด้านความใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

อย่างไรก็ตามแม้การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์จะทำให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์โดยรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ก็มียุ่หลายด้านที่มีการพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเจตคติเป็น

เรื่องของจิตใจจะต้องใช้เวลาในการสร้างให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน การทดลองเพียงแต่ 6 สัปดาห์จึงไม่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์สูงขึ้นมากนัก สอดคล้องกับ ประภัศร ผลสินธุ์ (2547: 119) ที่กล่าวว่าพัฒนาเจตคติให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนจะต้องใช้เวลานานพอสมควร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สมสุข ธีระพิจิตร (2537) ที่พบว่า การพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์นั้นต้องอาศัยการสอนหรือการทำกิจกรรมใด ๆ เป็นเวลานาน สำหรับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางทักษะนั้นนักเรียนต้องมีพัฒนาการอยู่ในระดับปฏิบัติการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวนมากไม่สามารถคิดหาเหตุผลเชิงนามธรรมได้ (Cantu and Herron. 1978: 136) นักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันในการใช้ความคิดและการแสดงออก แม้ว่าบางครั้งผู้เรียนอยู่ในช่วงอายุที่ควรจะมีพัฒนาการอยู่ในขั้นปฏิบัติการนามธรรมได้แล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถเข้าใจเรื่องที่เป็นนามธรรมได้ ทั้งนี้เนื่องจากขาดประสบการณ์ ดังที่ เพียร์เจต์ (Piaget. 1964 อ้างอิงจาก Bulunuz, N. 2006: 27) กล่าวไว้ว่าองค์ประกอบที่จะทำให้พัฒนาการทางสติปัญญาเป็นไปได้ช้าหรือเร็วแตกต่างกันมี 4 ประการคือ 1) วุฒิภาวะ 2) ประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปธรรม 3) การถ่ายทอดทางสังคม และ 4) การปรับสมดุล ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้นักเรียนมีการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางทักษะอยู่ในระดับต่ำ

นอกจากนี้ผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่พบว่าจากการสัมภาษณ์หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถหาวิธีการเคลื่อนที่ของโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์สำหรับใช้อธิบายการเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การที่ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา และการเกิดอุปราคาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับผลการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ครูผู้ร่วมวิจัย และผู้วิจัย ที่พบว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน นักเรียนได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ได้เห็นการทดลองที่แปลกใหม่ ทำให้เกิดความสนุกสนานในการทำกิจกรรม นอกจากนี้ยังมีความเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา ด้านเวลา และด้านสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์(EMS-System Model) สามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัย ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) ต่อการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 ผู้สอนต้องทำความเข้าใจบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนให้ชัดเจนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะซึ่งยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ และต้องแนะนำให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตนเอง

1.2 ผู้สอนต้องทำความเข้าใจหลักการทำงานของ EMS-System Model ให้ละเอียดจากคู่มือการใช้ รวมทั้งฝึกฝนการติดตั้ง ตลอดจนการใช้งานให้คล่องแคล่วก่อนนำไปใช้สอนนักเรียน

1.3 ผู้สอนควรจะศึกษาความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ความรู้ใหม่ที่นักเรียนได้รับสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน รวมทั้งสามารถแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง

1.4 ผู้สอนต้องให้คำแนะนำแก่นักเรียนอย่างชัดเจนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก EMS-System Model เพื่อให้ให้นักเรียนได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน

1.5 ผู้สอนควรจะมีการประเมินผู้เรียนตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้สามารถช่วยเหลือผู้เรียนได้ทันทั่วถึง

1.6 การสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้วัตรกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-System Model) จะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นถ้าจัดกิจกรรมในห้องมืด

1.7 ควรจะใช้หลอดไฟที่มีกำลังมากกว่า 250 วัตต์ แทนดวงอาทิตย์ เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมโนคติอวกาศ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

2.1 ควรจะมีการพัฒนา EMS-System Model ให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้ในห้องเรียน และมีราคาถูกลง

2.2 ควรจะนำองค์ความรู้เรื่องระบบเฟืองมาพัฒนาแบบจำลองระบบสุริยะให้มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง

2.3 ควรจะมีการศึกษาผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model ต่อการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ดาราศาสตร์พื้นฐานของครูวิทยาศาสตร์

2.4 ควรจะมีการศึกษาผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้ EMS-System Model ต่อการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา

2.5 ควรจะมีการศึกษาความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากการสอนโดยใช้ EMS-System Model

2.6 ควรจะมีการศึกษาวิธีสอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้ EMS-System Model เป็นสื่อการสอน





บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ . (2544). การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.
- . (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- . (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.
- กาญจนา สายพิมพ์. (2544). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- กานจูลี ปัญญาอินทร์. (2551). การพัฒนาโปรแกรมวิทยาศาสตร์เชิงอรรถบท ตามแนวทฤษฎี सरคनियम ณ สวนสัตว์เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ศศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กิดานันท์ มะลิทอง. (2543). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546). การคิดเชิงมนโนทัศน์. กรุงเทพฯ : ชักเชสมิเดีย.
- จำนง พรายเยี่ยมแซ. (2516). วิธีสอนกระบวนการคิด. กรุงเทพฯ : ประสานการพิมพ์.
- ฉลองชัย สุวัฒนบุรณ. (2541). การเลือกและการใช้สื่อการสอน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชอวบ กินาวงศ์. (2533). วิธีสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. อุบลราชธานี: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยอีสานใต้ อุบลราชธานี.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). เทคโนโลยีทางการศึกษา: หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- . (2533). เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรินติ้ง เฮาส์.
- ณรงค์ โสภณ. (2547). ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. ถ่ายเอกสาร.

- เดชา พลกันย์ม. 2535. การศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ (หลักสูตรและการสอน) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร. ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). ชุดส่งเสริมสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการพัฒนาการสอนและอุปกรณ์.
- ทวิชัย สุธาธา. (2549). การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา). อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. ถ่ายเอกสาร.
- ทิสนา แคมมณี. (2548). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัศนภรณ์ แสงศรีเรือง. (2548). ผลของกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ธงชัย ชิวปรีชา; และคนอื่นๆ. (2527). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ประชาชน.
- ธวัชชัย คงน่วม. (2550). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- นพพร ทนชัย. (2540). การใช้บทเรียนโมดูลสื่อผสม เรื่อง โลก ดวงดาว และอวกาศ ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- นาคยา ปิลันธนานนท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค.
- นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). การปรับเปลี่ยนมโนคติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวสรวรรคนิยม. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- นุชรรัตน์ โนนสินชัย. (2536). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างและทดสอบแบบจำลองทฤษฎีกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิชาการประถมศึกษา). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.

- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2547). การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลในการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10-12. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. (2534). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ: สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประวิทย์ ชูศิลป์. (2542). เจตคติทางวิทยาศาสตร์กับจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์. วารสาร สสวท. 27(107): 27-28.
- ประวิตร เพ็งวิชัย. (2547). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบสุริยะจักรวาล ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ปิยะรัตน์ คัญทัพ. (2545). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบเว็บเควสทในระดับประถมศึกษา ภูมิศึกษาโรงเรียนนานาชาติเกสินี. วิทยานิพนธ์ ศศ.ค. (หลักสูตรและการสอน). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ประภัตสร ผลสินธุ์ (2547). การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบสสวท. ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ปริยาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: สามเจริญพานิช.
- เปรมจิตร บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ค. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ผดุงยศ ดวงมาลา. (2530). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. (2525). กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- พระธรรมปิฎก(ป.อ.ปยุตฺโต). (2538). พจนานุกรมพุทธศาสน์ฉบับประมวลศัพท์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พิมพ์พรรณ เทพสุมาณานนท์. (2531). เทคโนโลยีทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:

รุ่งศิลป์การพิมพ์.

พิศาล สร้อยธุระ. (2525). เขียนข้อสอบวิทยาศาสตร์อย่างไรให้มีคุณภาพ. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2540). การศึกษาความต้องการเพิ่มสมรรถภาพการสอนของครูวิทยาศาสตร์มี

เพศ ประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ที่สอนต่างกัน.

มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

----- (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภิญโญ จูสี. (2546). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบอกตำแหน่งวัตถุนบน

ท้องฟ้า. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.

เขวลักษณ์ ชื่นอารมณ์. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E.

ปริญญาานิพนธ์ คศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ราชกิจจานุเบกษา. (2540). รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540. ฉบับกฤษฎีกา.

114(1): 55ก.

รัตนวรรณ ธนารักษ์. (2547). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรม

การทำงานกลุ่ม โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม.

(หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

ถ่ายเอกสาร.

เรวัต สุขมั่งมี. (2542). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตาม

วงจรการเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ:

สิวิริยาสาน.

- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และพิมพ์พันธ์ เฉชะอุบต์. (2542). การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- วัฒนา จิรณสมบัติ. (2542). การวิจัยเชิงปฏิบัติการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วาสนา ซาวหา. (2533). สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). พลังการเรียนรู้ในกระบวนการทัศน์ใหม่. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส อาร์ พรินติ้ง.
- ศิริภรณ์ เม่นม้น. (2543). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนตามแนวทฤษฎีสรณนิยม. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมควร ขนชัยภูมิ. (2545). การเปรียบเทียบความเข้าใจในโมติวิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีการเปลี่ยนโมติของโพสเนอร์และคณะกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- สมชัย โกมล. (2535). แบบฝึกทักษะสำหรับครูประถมศึกษา. ขอนแก่น: ภาควิชาการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2531). การพัฒนาสื่อเสริมบทเรียน เรื่อง โลกและดวงจันทร์. กรุงเทพฯ.
- , (2546). คู่มือการวัดและประเมินผล วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- , (2546ข). คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- , (2547). กิจกรรมสาระการเรียนรู้พื้นฐาน เรื่อง ระบบโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- สมสุข ชีระพิจิตร. (2537). การสอนเพื่อพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในประมวลชุดวิชาสารัตถะและวิธีทางวิทยาศาสตร์. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สิงห์โต ปุกहुต. (2531). ประวัติดาราศาสตร์. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- สุโขทัยธรรมาธิราช. (2526). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.
- , (2537). สารัตถะและวิหะวิธีทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

- สุทนต์ เพ็ญเกษม. (2546). *การผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลก ดวงดาว และอวกาศ*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(เทคโนโลยีการศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาภรณ์ จันทวานิช. (2540). *การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภาพรณีย์ ยิ่งยวด. (2547). *การพัฒนาหุ่นจำลองทางดาราระบบประสาทอัตโนมัติในช่องอกสุนัข เพื่อเป็นสื่อการสอนกายวิภาคศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สุรพันธ์ ดันศรีวงษ์. (2538). *วิธีการสอน*. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ต.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊กส์.
- สุวิทย์ มูลคำ; และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดเชิงมโนทัศน์*. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). *สาระร่วมสมัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา*. ปัตตานี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- เสรี ชัดแจ้ง. (2538). *โมเดลและการสร้างโมเดล*. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์. 9(2): 50-70.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ. ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- (2545). *แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545 – 2559)*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- อรนุช ธาราเวชรักษ์. (2539). *ความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในด้านความเพียรพยายาม กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- อังคณา สายยศ. (2525). *การกำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์*. วารสารการวัดผลทางการศึกษา. 3(3): 70-84.
- อรุณรัตน์ มูลโพธิ์. (2548 : บทคัดย่อ) *การเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีต่อเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ และการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

อุทัย คุลยเกษม. (2542). *ศึกษาเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์

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

Abraharm, M. R.; & Renner, J. W. (1986). The Sequence of Learning Cycle Activities in High School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*. 23 (8) : 690 – 705.

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*. Dissertation, Doctor of Philosophy. Purdue University. Photocopied.

Alao, S.; & Guthrie, J. T. (1999). Predicting conceptual understanding with cognitive and motivational variables. *Journal of Educational Research*. 92(4) : 243-250.

Berger, K.S.; & Thompson, R.A. (1996). *The Developing Person Through Childhood*. New York: Worth Publishers.

Billings, R. L. (2002). Assessment of the Learning Cycle and Inquiry-based Learn High School Physics Education. *Education Teacher Training*. 40(4) : 89.

Bruner, J.S. (1961). The Act of Discover. *Harvard Education Review*. 31(3) : 21-32.

Buckley, B.C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*. 22(9) : 895 – 935.

Bulunuz, N. (2006). *Understanding of Earth and Space Science Concepts: Strategies for Concept Building in Elementary Teacher Preparation*. Dissertation, Doctor of Philosophy. Georgia State University. Photocopied.

Callahan, J. F.; et al. (1998). *Teaching in the Middle and Secondary School*. 6th ed. NewJersey : Prentice Hall.

Carin, A.A. (1993). *Teaching Science through Discovery*. 7th ed. Macmillan Publishing Company.

Clement, J.; & Steinberg, M. (2002). Step-wise evolution of models of electric circuits: A learning-aloud case study. *Journal of the Learning Sciences*. 11(4) : 389 – 452.

Doerr, H. M. (1996). Integrating the study of trigonometry, vectors, and force through Modeling. *School Science and Mathematics*. 96(8) : 407 – 418.

- Dove, J. (2002). Does the man in the moon ever sleep? An analysis of student answers about simple astronomical events: a case study. *Inter Journal of Science Education*. 24(8): 823–834.
- Driver, R.; & Bell, B. (1986). Students' Thinking and the Learning of Science: A Constructivist View. *School Science Review*. 67(240) : 443-461.
- Driver, J.; et al. (1994). Axis-based neglect of visual Shapes. *Neuropsychologia*. 32(11) : 1353 –1365.
- Dykstra; et al. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*. 76(11) : 615-652.
- Fanetti, T.M. (2001). *The relationships of scale concepts on college age students' misconceptions about the cause of the lunar phases*. Thesis. Iowa State University. Photocopies.
- Feral Ogan-Bekiroglu. (2007). Effects of Model-based Teaching on Pre-service Physics Teachers' Conceptions of the Moon, Moon Phases, and Other Lunar Phenomena. *International Journal of Science Education*. 29(5) : 555–593.
- Fieldman, R.S. (1987). *Understanding Psychology*. New York: McGraw-Hill.
- Gagne'. R.M. (1965). *Psychology Issue in Science a Process Approach in Psychological Base of Science a Process Approach*. Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science.
- Gilbert, J. K.; & Boulter, C. J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, S.W.; & Ireton, S.W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Arlington: NSTA Press.
- Gobert, J.D. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*. 22(9) : 937-977.
- Gobert, J. D.; & Buckley, B. C. (2000). Introduction to modelbased teaching and learning In science education. *International Journal of Science Education*. 22(9) : 891-894.
- Gobert, J.; Snyder, J.; & Houghton, C. (2002, April). *The influence of students' understanding of models on model based reasoning*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

- Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education Prepared Under the Auspices of Phi Delta Kappa*. 3rd ed. New York: McGraw – Hill.
- Gordon W. Alloport. (1967). “Attitude” *Reading in Attitude Theory and Measurement*. Edited by Martin Fishbein. New York : John Willey and Sons, Inc.
- 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.
- Herron, M.D. (1971). The Nature of Scientific Inquiry. *School Reviews*. 7(3) : 171-181.
- Hesse, M. B. (2000). *A Companion to the Philosophy of Science*. In W. H. Newton-Smith ed. Oxford: Blackwell.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*. 55(5) : 440 – 454.
- Honderich, T. (1995). *The Oxford Companion to Philosophy*. New York: Oxford University Press.
- Justi, R. S.; & Gilbert, J. K. (2002a). Modeling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*. 24(4) : 369-387.
- (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modeling in learning science. *International Journal of Science Education*. 24(12) : 1273-1292.
- Justi, R. S.; & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' view on the nature of models. *International Journal of Science Education*. 25(11) : 1369-1386.
- Khongpugdee, S.; et al. (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.
- Kuslan, L. I.; & Stone, A. H. (1972). *Teaching children science: An inquiry approach*. 2nd ed. Belmont, CA: Wasworth.
- Layman, J.W. (1996). *Inquiry and Learning*. New York: College Entrance Examination Board.

- Lavoie, D.R. (1999). Effect of Emphasizing Hypothetico-Predictive Reasoning within the Science Learning Cycle on High School Student's Process Skills Conceptual Understandings in Biology. *Journal of Research in Science Teaching*. 36(10). (January, 1999) : 1127 – 1147.
- Lesh, R.; & Doerr, H. M. (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lightman, A.; & Sadler, P. (1993). Teacher predictions versus actual student gains. *The Physics Teacher*. 31(3) : 162-167.
- Martin, D.J. (1997). *Elementary Science Methods : A Constructivist Approach*. United State of America : Delmar Publishers.
- Matthews, M. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*. 59(1) : 43-64.
- Mooney, C.G. (2000). *Theories of Childhood: An introduction to Dewey, Montessori, Erikson, Piaget, & Vygotsky*. New Jersey: Red leaf Press: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Moore, K. D.; & Cheri, Q. (1994). *Secondary Instructional Methods*. Wm. C. Brown: Communications.
- Mungsing, W. (1993). Student 's Allternative Conceptual Change. A Doctor Dissertation. The University of Alberta.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- , (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. S. Olson & S. Loucks-Horsley (Eds.), Committee on the Development of Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry. Washington, DC: National Academy Press.
- Nay; et al. (1971). A Process Approach to Teaching Science. *Science Education*. 55(2): 201.

- Neuman, D.B. (1993). *Experiencing Elementary Science*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Osborne, R. J.; & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*. 67(4) : 489–508.
- Ornek, F. (2006). *Modeling-Based Interactive Engagement in an Introductory Physics Course: Students' Conceptions and Problem Solving Ability*. Dissertation. University of Purdue. Photocopies.
- Pines, A.; & West, L. (1986). Conceptual Understanding and science learning: An interpretation of research within source of knowledge framework. *Science Education*. 70(5) : 583-640.
- Rauzen, S.A.; & Kaser, J.S. (1989). Assessing Science Learning in Elementary School : Why, What and How. *Phi Delta Kappan*. 70(9) : 718-722.
- Rea-Ramirez, M. A. (1998). *Model of conceptual understanding in human respiration and strategies for instruction*. Dissertation, Massachusetts University, Amherst. Photocopies.
- Ron, H. (1983). *Enhancement and Assessment of the Reliability of Instruments for the Measurement of Conceptual Framework*. Proceeding of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics. Ithaca, New York: Cornell University.
- Rothenberg, M.E. (1985). *Encyclopedia Americana*. Danbury, Connecticut: Grolier Incorporated.
- Sadler, P. M. (1992). *The Initial Knowledge State of High School Astronomy Students*. Dissertation, Harvard University. Photocopies.
- Sanyo Denki Corporation. (1997). *Technical Report*. No.3. Tokyo: Sanyo Denki.
- Schoon, K. J. (1992). Students' Alternative Conceptions of Earth and Space. *Journal of Geological Education*. 40 : 209-214.
- Schwartz, R. S.; & Lederman, N. G. (2005, April). *What scientists say: Scientists' views of models*. Paper presented at the Annual Conference of National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
- Steer, D. N. (2005). Challenging Students Ideas About Earth's Interior Structure Using a Model-based, Conceptual Change Approach in a Large Class Setting. *Journal of Geoscience Education*. 53(4) : 415-421.

- Stewart, J.; & Hafner, R. (1991). "Extending the Conception of Problem in Problem-Solving Research. *Science Education*. 75(1) : 105-120.
- Suchman, R.J. (1966). *Developing Inquiry*. Chicago: Science Research Association.
- Tafoya, E.D.; Sunal, W.; & Knecht, P. (1980). Assessing Inquiry Potential : A Tool for Curriculum Decision Making. *School Science and Mathematics*. 80(1) : 43-48.
- Taylor, I. (1996). Illuminating Lunar Phase. *The Science Teacher*. 64(3) : 39-41.
- 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. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*. 23(11) : 1111–1123.
- Van Driel, J. H.; & Verloop, V. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modeling in science education. *International Journal of Science Education*. 24(12) : 1255- 1272.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in Society*. In M. Cole, V. J. Steiner, S. Scribner, & E. Souberman (Eds.), Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Walker, D.; & Lambert, L. (1995). *Learning and Leading Theory: A Century in the Making*. pp. New York: Teacher College Press.
- Wandersee, J.H. (1985). Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students, Misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*. 23(5):581-597.
- Welch, W.W. (1981). *Inquiry in School*. What Research Says to The Science Teacher Volume 3. Edited by N.C. Harms Yager. pp. 53-64. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
- Wells, M.; Hestenes, D.; & Swackhamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*. 63(7) : 606-619.
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. *Science Education*. 75(1) : 9-20.
- White, B. Y. (1993b). Thinker Tools: 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.

Web site

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2547). สรุปผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติปีการศึกษา

2547. Retrieved June 9, 2006, from <http://www.onec.go.th>.

AAAS. (2001). *Project 2061 Textbooks Evaluations: middle grades mathematics, middle grades science, algebra, high-school biology*. Retrieved July 10, 2007, from

<http://www.project2061.org/newsinfo/research/textbook/default.htm> >.

Cartier, J. (2001). *The Nature and Structure of Scientific Models*. Retrieved October 01, 2006, from <http://www.wisc.edu/ncisla>. For Full Text.

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*. Dissertation. The Pennsylvania State University. Retrieved December 01, 2007, from

<http://www.proquest.umi.com/pqdweb?did=775162231&sid=PQD>

Davis, M. (1979). *The Effectiveness of a Guided-Inquiry Discovery Approach in Elementary School Science Curriculum*. Dissertation Abstracts International. 39 : 4164-A. Retrieved December 20, 2007, from

<http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/9975325>.

Hake, R. (2001). *Suggestions for Administering and Reporting Pre/Post Diagnostic Tests*. Retrieved April 05, 2008, from <http://physics.indiana.edu/~hake/>>

Loper, S. J. (2005). *Struggles with learning about scientific models in a middle school science classroom*. Dissertation. University of California, Berkeley. Retrieved December 01, 2007, from <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=775162231&sid=PQD>.

Khan, S. (2007). *Model-Based Inquiries in Chemistry*. Dissertation. University of Massachusetts. Retrieved December 5, 2006, from www.interscience.wiley.com.

Novak, G. [n.p.]. *The Scientific Mind. Science Criticism*. Retrieved May 10, 2007, from <http://nov55.com/sct.html>.

Shin, S.J.; and Lemon, O. (2003). "Diagrams", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Retrieved June 24, 2007, from <http://plato.stanford.edu/entries/diagrams>.

Visser, J. (2000, August 25). *The Scientific Mind in Context*. Retrieved October 19, 2004, from <http://www.learndev.org/SciMind.html>.





ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแผนการจัดการเรียนรู้
- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจ EMS-System Model
- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน
- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์ นิพนธ์ ทรายเพชร

ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญ: ราชบัณฑิต สาขาวิชาดาราศาสตร์

2. อาจารย์ พิพัฒน์ คงทอง

ตำแหน่ง นักวิชาการอิสระ

3. ดร. โชคชัย อัสวินชัย

ตำแหน่ง ผู้ชำนาญ สาขา วิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

4. ผศ. นิรมล ปิตะนิตะพลิน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจ EMS-System Model

1. อาจารย์ นิพนธ์ ทรายเพชร

ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญ: ราชบัณฑิต สาขาวิชาดาราศาสตร์

2. อาจารย์ พิพัฒน์ คงทอง

ตำแหน่ง นักวิชาการอิสระ

3. รศ. สันติรัฐ นันสะอาง

ตำแหน่ง อาจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

4. อาจารย์ สุพจน์ วุฒิสภณ

ตำแหน่ง หัวหน้าสาขาวิทยาศาสตร์รากฐาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5. ผศ. นิรมล ปิตะนิละพลิน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน

1. อาจารย์ นิพนธ์ ทรายเพชร

ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญ: ราชบัณฑิต สาขาวิชาดาราศาสตร์

2. ดร. ประมวล ศิริพันธ์แก้ว

ตำแหน่ง ที่ปรึกษาอาวุโส สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

3. ดร. ประสงค์ เมฆาพินิจกุล

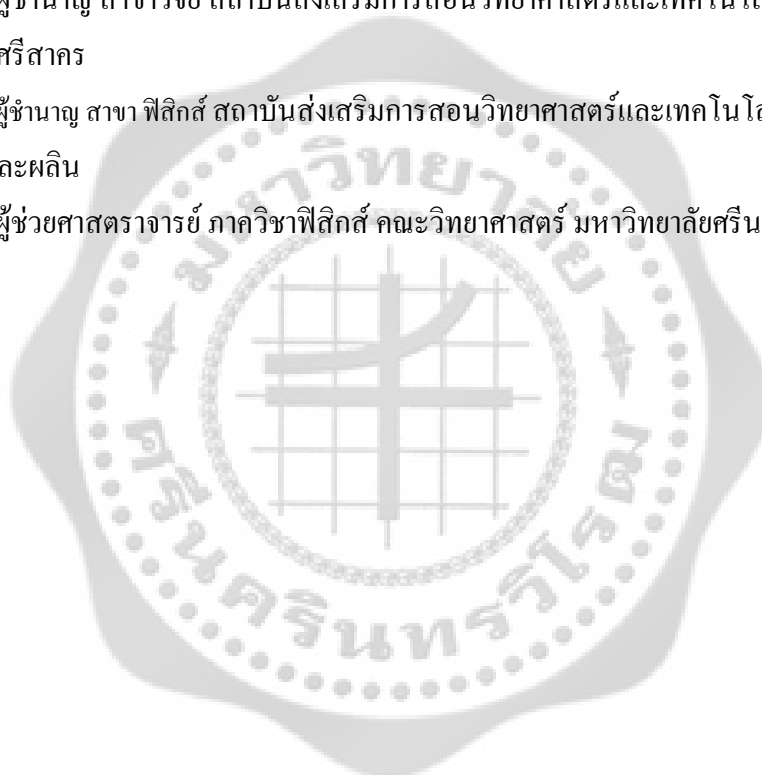
ตำแหน่ง ผู้ชำนาญ สาขาวิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

4. อาจารย์ รังสรรค์ ศรีสาคร

ตำแหน่ง ผู้ชำนาญ สาขา ฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

5. ผศ. นิรมล ปิตะนิละพลิน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบสัมพันธภาพวัดความเข้าใจโมเดลดาราศาสตร์พื้นฐาน

1. อาจารย์ นิพนธ์ ทรายเพชร

ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญ: ราชบัณฑิต สาขาวิชาดาราศาสตร์

2. อาจารย์ พิพัฒน์ คงทอง

ตำแหน่ง นักวิชาการอิสระ

3. ผศ. นิรมล ปัตตะนิละพลิน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ภาคผนวก ข คุณภาพของเครื่องมือวิจัย

- ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมิน EMS-System Model โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนาดาราศาสตร์พื้นฐาน
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจโน้มนาดาราศาสตร์พื้นฐาน
- ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้มนาดาราศาสตร์พื้นฐาน
- ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 22 แสดงคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาตรฐานระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์	4.21	0.26	ค่อนข้างมาก
1. ความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
2. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
3. ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา	4.67	0.58	มาก
4. ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจ	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
7. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบาย	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นขยายความรู้	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
9. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นประเมิน	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
10. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้	4.00	0.82	ค่อนข้างมาก
11. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
12. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
13. ความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กลางวันกลางวัน	4.56	0.37	มาก
1. ความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
2. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
3. ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา	5.00	0.00	มาก
4. ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจ	4.67	0.58	มาก
7. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบาย	4.67	0.58	มาก
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นขยายความรู้	4.67	0.58	มาก
9. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นประเมิน	4.00	0.50	ค่อนข้างมาก
10. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้	4.00	0.50	ค่อนข้างมาก
11. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.00	0.00	ค่อนข้างมาก
12. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
13. ความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3	4.67	0.58	มาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ฤดูกาล	4.59	0.20	มาก
1. ความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
2. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
3. ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา	4.67	0.58	มาก
4. ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจ	4.67	0.58	มาก
7. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบาย	4.67	0.58	มาก
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นขยายความรู้	4.67	0.58	มาก
9. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นประเมิน	4.33	0.82	ค่อนข้างมาก
10. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้	4.33	1.26	ค่อนข้างมาก
11. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.33	0.82	ค่อนข้างมาก
12. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
13. ความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3	4.67	0.58	มาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ข้างขึ้นข้างแรม	4.49	0.22	มาก
1. ความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
2. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
3. ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
4. ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจ	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
7. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบาย	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นขยายความรู้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
9. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นประเมิน	4.33	0.50	ค่อนข้างมาก
10. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
11. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.33	0.82	ค่อนข้างมาก
12. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
13. ความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3	4.67	0.58	มาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ด้านหน้าของดวงจันทร์	4.54	0.26	มาก
1. ความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
2. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
3. ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา	5.00	0.00	มาก
4. ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจ	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
7. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบาย	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นขยายความรู้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
9. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นประเมิน	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
10. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
11. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.33	0.50	ค่อนข้างมาก
12. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
13. ความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3	4.67	0.58	มาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 อุปราคา	4.64	0.25	มาก
1. ความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
2. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
3. ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหา	4.67	0.58	มาก
4. ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มาก
5. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	4.33	0.58	ค่อนข้างมาก
6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจ	4.67	0.58	มาก
7. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบาย	4.67	0.58	มาก
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นขยายความรู้	4.67	0.58	มาก
9. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นประเมิน	4.33	0.50	ค่อนข้างมาก
10. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้	4.33	0.50	ค่อนข้างมาก
11. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.33	0.50	ค่อนข้างมาก
12. ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.67	0.58	มาก
13. ความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3	4.67	0.58	มาก

ผลการประเมิน EMS-System Model โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 23 แสดงคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อ EMS-System Model

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ด้านการผลิต	4.60	0.26	มาก
1. ความเหมาะสมในการออกแบบ	4.20	0.84	ค่อนข้างมาก
2. ความเหมาะสมของมาตราส่วน	4.40	0.55	ค่อนข้างมาก
3. ความถูกต้องของการเคลื่อนที่สัมพัทธ์	4.80	0.45	มาก
4. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้างแบบจำลอง	4.40	0.55	ค่อนข้างมาก
5. ความเหมาะสมของมอเตอร์ที่ใช้หมุนแกนโลก	5.00	0.00	มาก
6. ความเหมาะสมของวงจรไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมมอเตอร์	4.80	0.45	มาก
7. ความแข็งแรงทนทาน	4.60	0.55	มาก
8. ความประณีตในการสร้าง	4.60	0.55	มาก
ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.36	0.30	ค่อนข้างมาก
9. ความสะดวกในการประกอบติดตั้ง	4.00	0.71	ค่อนข้างมาก
10. ความสะดวกในควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบ	4.80	0.45	มาก
11. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.40	0.55	ค่อนข้างมาก
12. ความสะดวกในการจัดเก็บ	4.40	0.89	ค่อนข้างมาก
13. ความสะดวกในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม	4.20	0.84	ค่อนข้างมาก

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	Mean	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.70	0.11	มาก
14. มาตรการส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์	4.60	0.55	มาก
15. การเกิดกลางวันกลางคืน	4.80	0.45	มาก
16. การเกิดฤดูกาล	4.60	0.89	มาก
17. การเกิดข้างขึ้นข้างแรม	4.80	0.45	มาก
18. การเกิดดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา	4.80	0.45	มาก
19. การเกิดอุปราคา	4.60	0.55	มาก
ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า	4.68	0.27	มาก
21. ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจบทเรียน	4.80	0.45	มาก
22. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ถูกต้องลึกซึ้งยิ่งขึ้น	4.80	0.45	มาก
23. ช่วยให้ผู้สอนอธิบายเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น	5.00	0.00	มาก
24. ช่วยประหยัดเวลาในการจัดการเรียนรู้	4.40	0.89	ค่อนข้างมาก
25. มีความคุ้มค่าในการจัดสร้าง	4.40	0.89	ค่อนข้างมาก
ด้านคู่มือการใช้	4.36	0.22	ค่อนข้างมาก
26. แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองได้อย่างสมบูรณ์	4.60	0.55	มาก
27. ภาษาที่ใช้มีความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	4.60	0.55	มาก
28. รูปภาพช่วยสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.20	0.45	ค่อนข้างมาก
29. นำเสนอเนื้อหาเป็นลำดับขั้นตอน	4.20	0.45	ค่อนข้างมาก
30. เป็นแนวทางนำไปสู่การปฏิบัติได้ดี	4.20	0.45	ค่อนข้างมาก

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐาน
 ตาราง 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์
 พื้นฐาน

ข้อ	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
2	0	1	1	1	1	0.8	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
5	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
6	1	1	1	1	0	0.8	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
8	1	0	1	1	0	0.6	ผ่าน
9	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
10	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
12	1	0	1	1	1	0.8	ผ่าน
13	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
15	0	1	1	1	1	0.8	ผ่าน
16	0	1	1	1	1	0.8	ผ่าน
17	0	1	1	1	1	0.8	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	1	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อ	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5		
19	0	1	1	1	1	0.8	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
23	0	1	1	1	1	0.8	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
32	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
33	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
34	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
35	1	1	1	1	1	1	ผ่าน

หมายเหตุ ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจมโนติการศาสตร์พื้นฐาน

ตาราง 25 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจมโนติการศาสตร์พื้นฐาน

รายการประเมิน	ข้อ	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
มโนติมาตรส่วน	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
	2	1	1	1	1.00	ผ่าน
	3	0	1	1	0.67	ผ่าน
	4	1	1	1	1.00	ผ่าน
มโนติกลางวันกลางคืน	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
	2	1	1	1	1.00	ผ่าน
	3	0	1	1	0.67	ผ่าน
	4	0	1	1	0.67	ผ่าน
	5	0	0	0	0.00*	ไม่ผ่าน
	6	1	1	1	1.00	ผ่าน
มโนติฤดูกาล	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
	2	1	1	1	1.00	ผ่าน
	3	1	1	1	1.00	ผ่าน
	4	1	1	1	1.00	ผ่าน
	5	1	1	1	1.00	ผ่าน
	6	0	1	1	0.67	ผ่าน
	7	-1	1	0	0.00*	ไม่ผ่าน

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ข้อ	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
มโนมติข้างขึ้นข้างแรม	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
	2	1	1	1	1.00	ผ่าน
	3	1	1	1	1.00	ผ่าน
	4	1	1	1	1.00	ผ่าน
	5	1	1	1	1.00	ผ่าน
	6	1	1	1	1.00	ผ่าน
	7	1	1	1	1.00	ผ่าน
มโนมติด้านหน้าของดวงจันทร์	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
	2	1	1	1	1.00	ผ่าน
	3	1	1	1	1.00	ผ่าน
	4	1	1	1	1.00	ผ่าน
	5	1	1	1	1.00	ผ่าน
	6	0	1	1	0.67	ผ่าน
มโนมติดูปราคา	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
	2	1	1	1	1.00	ผ่าน
	3	1	1	1	1.00	ผ่าน
	4	1	1	1	1.00	ผ่าน
	5	0	1	1	0.67	ผ่าน

หมายเหตุ ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนมิติ
 ดาราศาสตร์พื้นฐาน

ตาราง 26 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนมิติ
 ดาราศาสตร์พื้นฐาน

ข้อที่	p	r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	p	r	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.27	0.24	ผ่าน	1	19	0.5	0.29	ผ่าน	16
2	0.15	0.04	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง	20	0.32	0.26	ผ่าน	17
3	0.52	0.24	ผ่าน	2	21	0.42	0.3	ผ่าน	18
4	0.25	0.4	ผ่าน	3	22	0.4	0.34	ผ่าน	19
5	0.62	0.3	ผ่าน	4	23	0.8	0.14	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง
6	0.3	0.46	ผ่าน	5	24	0.35	0.26	ผ่าน	20
7	0.57	0.28	ผ่าน	6	25	0.75	0.28	ผ่าน	21
8	0.8	0.31	ผ่าน	7	26	0.08	-0.14	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง
9	0.5	0.3	ผ่าน	8	27	0.7	0.3	ผ่าน	22
10	0.3	0.28	ผ่าน	9	28	0.75	0.32	ผ่าน	23
11	0.78	0.27	ผ่าน	10	29	0.75	0.39	ผ่าน	24
12	0.12	0.18	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง	30	0.48	0.33	ผ่าน	25
13	0.55	0.3	ผ่าน	11	31	0.15	-0.32	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง
14	0.75	0.24	ผ่าน	12	32	0.65	0.23	ผ่าน	26
15	0.32	0.23	ผ่าน	13	33	0.7	0.2	ผ่าน	27
16	0.2	0.18	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง	34	0.53	0.32	ผ่าน	28
17	0.75	0.29	ผ่าน	14	35	0.1	-0.48	ไม่ผ่าน	ตัดทิ้ง
18	0.35	0.29	ผ่าน	15					

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่น 0.78

ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

ตาราง 27 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก(r)
1	0.56	16	0.39
2	0.47	17	0.41
3	0.60	18	0.52
4	0.35	19	0.52
5	0.31	20	0.50
6	0.36	21	0.67
7	0.56	22	0.54
8	0.42	23	0.43
9	0.51	24	0.37
10	0.51	25	0.32
11	0.53	26	0.51
12	0.51	27	0.36
13	0.37	28	0.48
14	0.55	29	0.56
15	0.57	30	0.37

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่น 0.85

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน
- ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน
- ตัวอย่างแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างแบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน
- ตัวอย่าง แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
- ตัวอย่าง แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชาวิทยาศาสตร์ 3

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง กลางวันกลางคืน

เวลา 3 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดกลางวันกลางคืนได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายทิศทางที่โลกหมุนรอบตัวเอง และผลที่เกิดขึ้นได้
3. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าโลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบใช้เวลาเท่าใด
4. นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับตำแหน่งต่างๆ บนโลกได้ พร้อมทั้งสามารถทำนายเวลาที่ตำแหน่งต่างๆ บนโลกได้
5. นักเรียนสามารถทำนายเวลาขึ้นตกของวัตถุบนท้องฟ้าได้
6. นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลอง อธิบายปรากฏการณ์การเกิดกลางวันกลางคืนได้ (นักเรียนอาจจะใช้ไฟฉายแทนดวงอาทิตย์ ลูกโลกจำลองแทนโลกประกอบคำอธิบายก็ได้)

แนวความคิดหลัก

กลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองในทิศวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากขั้วโลกเหนือ (หรือจากทิศตะวันตกไปสู่ทิศตะวันออก) ทำให้เราเห็นเหมือนกับว่าดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ในทิศตามเข็มนาฬิกา (ทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตก) โดยโลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดกลางวันประมาณ 12 ชั่วโมง และกลางคืนประมาณ 12 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังทำให้แต่ละประเทศมีเวลาที่แตกต่างกัน

สาระการเรียนรู้

ทุกวันเราจะเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นในตอนเช้า ตกในตอนเย็น เห็นดวงดาวและวัตถุท้องฟ้าต่างๆ ขึ้นและตกลงไป การเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้าเหล่านี้เกิดขึ้นจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก(ทิศวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากขั้วโลกเหนือ) 1 รอบใช้เวลา 24 ชั่วโมง แต่ในชีวิตประจำวันเรารู้สึกเหมือนกับโลกและตัวเราเองอยู่นิ่ง แล้วมองเห็นดวงอาทิตย์และดวงดาวต่างๆ เคลื่อนที่หมุนไปรอบๆ ตัวเรา การหมุนรอบตัวเองของโลกนี้ทำให้เกิดปรากฏการณ์หนึ่งที่สำคัญต่อชีวิตของมนุษย์ คือ การทำให้เกิดกลางวันกลางคืน โดยด้านที่หันรับแสงอาทิตย์เป็น “กลางวัน” และด้านตรงข้ามที่ไม่ได้รับแสงอาทิตย์เป็น “กลางคืน”

เราแบ่งพิภพเส้นลองจิจูด (Longitude) ในแนวเหนือ-ใต้ ออกเป็น 360 เส้น โดยมี ลองจิจูดที่ 0° อยู่ที่เมือง “กรีนนิช” (Greenwich) ประเทศอังกฤษ และนับไปทางตะวันออกและตะวันตกข้างละ 180 องศา อันได้แก่ ลองจิจูดที่ 1° - 180° ตะวันออก และลองจิจูดที่ 1° - 180° ตะวันตก เมื่อนำ 360° หารด้วย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 15 องศา/ชั่วโมง เส้นลองจิจูดที่ 180° ตะวันออก และลองจิจูดที่ 180° ตะวันตก เป็นเส้นเดียวกันซึ่งเรียกว่า “เส้นแบ่งวันสากล” หรือ “International Date Line” หากเราเดินทางข้ามเส้นแบ่งวันจากทิศตะวันออกมายังทิศตะวันตก วันจะเพิ่มขึ้นหนึ่งวัน แต่ถ้าเราเดินทางข้ามเส้นแบ่งวันจากทิศตะวันตกมายังทิศตะวันออก วันจะลดลงหนึ่งวัน

เวลาในแต่ละลองจิจูด จะมีความแตกต่างกันชั่วโมงละ 15 องศา เวลามาตรฐานของประเทศไทยถือเอาเวลาลองจิจูดที่ 105° ตะวันออก (จังหวัดอุบลราชธานี) จึงเรียกว่า “เวลาสากล” (Universal Time เขียนย่อว่า UT) ซึ่งเป็นเวลาที่ตำบลกรีนนิช ไป 7 ชั่วโมง ($105^{\circ}/15^{\circ} = 7$) เวลามาตรฐานประเทศไทยจึงมีค่าเท่ากับ UT+7

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

นักเรียนร้อยละ 23.02 เข้าใจว่ากลางวันกลางคืนเกิดจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ และนักเรียนเข้าใจว่าโลกหมุนจากทิศตะวันออกไปตะวันตก ที่สำคัญนักเรียนยังมีความสับสนเกี่ยวกับเวลาขึ้นตกของดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากนักเรียนขาดความเข้าใจเรื่องการแบ่งเขตเวลา (Suwit K. et al. 2008) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Trumper (2001) ที่พบว่านักเรียนเกือบครึ่งหนึ่งตอบว่าโลกหมุนรอบตัวเองเป็นสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืน แต่มีนักเรียนอีกร้อยละ 36 ตอบว่าโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืน และนักเรียนอีกร้อยละ 11 ตอบว่าดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกเป็นสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืน แต่จากรายงานการวิจัยของ Lightman and Sadler (1993) พบว่านักเรียนจำนวนร้อยละ 65 สามารถอธิบายการเกิดกลางวันกลางคืนได้ถูกต้อง สำหรับเหตุผลที่ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืนได้ถูกต้องน่าจะเป็นเพราะว่านักเรียนสามารถได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับปรากฏการณ์การเกิดกลางวันกลางคืนทุกวัน และวัตถุท้องฟ้าที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ก็มีเพียงโลกกับดวงอาทิตย์ ที่ยังไม่จำเป็นต้องมีการเคลื่อนที่ซับซ้อนก็สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (20 นาที)

1.1 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผลให้นักเรียนทราบ

1.2 นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับปรากฏการณ์การเกิดกลางวันกลางคืน โดยครูกระตุ้นด้วยคำถามว่า กลางวันกับกลางคืนเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น

1.3 นักเรียนส่งตัวแทนออกมารับใบความรู้ที่ 2.1 เรื่อง ความเชื่อเกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน แล้วให้อ่านทำความเข้าใจ 3 นาที

1.4 นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าความเชื่อในใบความรู้ 2.1 เหมือนหรือแตกต่างจากความเชื่อที่มีอยู่ในท้องถิ่นของนักเรียน และความเชื่อเหล่านี้อธิบายการเกิดกลางวันกลางคืนได้หรือไม่ อย่างไร

1.5 นักเรียนถูกกระตุ้นต่อไปว่าในเมื่อความเชื่อเหล่านี้ไม่สามารถอธิบายการเกิดกลางวันกลางคืนได้ แล้วนักเรียนคิดว่าจากแบบจำลองที่มีอยู่อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์กลางวันกลางคืน

1.6 นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็น โดยครูคอยบันทึกแนวความคิดของนักเรียนไว้บนกระดานดำ พร้อมทั้งร่วมกับนักเรียนซักถามถึงหลักฐานที่นำมาสนับสนุนแต่ละแนวความคิดจนนักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิด อันนำไปสู่การเกิดข้อสงสัย และเกิดประเด็นปัญหาที่จะศึกษาตามจุดประสงค์การเรียนรู้

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (40 นาที)

2.1 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับใบความรู้ที่ 2.2 เรื่อง นิยามศัพท์และการกำหนดทิศ ให้เวลาอ่านทำความเข้าใจ 5 นาที จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่อยู่ในใบความรู้ที่ 2.2

2.2 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กลางวันกลางคืน

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทบทวนประเด็นปัญหาที่กลุ่มมีความสนใจร่วมกันอีกครั้งหนึ่ง พร้อมทั้งปรับปรุงสมมติฐานให้มีความเหมาะสมตามความเห็นของสมาชิกในกลุ่ม

2.4 นักเรียนฟังคำแนะนำจากครูถึงวิธีการสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลจาก EMS-System Model สำหรับใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแนวทางที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรมที่ 2 โดยแบ่งหน้าที่ให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูล

2.6 นักเรียนลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลจาก EMS-System Model ตามแผนที่วางไว้ โดยครูทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ EMS-System Model และคอยกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต บันทึกข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วน

3. ขั้นตอนิบายและลงข้อสรุป (60 นาที)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการจัดกระทำข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และทดสอบสมมติฐาน

3.2 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันสรุปและอภิปรายผลว่าสิ่งที่กลุ่มค้นพบเป็นสาเหตุของการเกิดกลางวันกลางคืนหรือไม่ อย่างไร พร้อมทั้งวาดภาพแสดงแบบจำลองของกลุ่มตนเองประกอบคำอธิบาย

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการค้นพบของกลุ่มตนเอง โดยแต่ละกลุ่มต้องแสดงภาพวาดแบบจำลองของกลุ่มตนเองประกอบคำอธิบาย นอกจากนี้ นักเรียนสามารถใช้ลูกโลกและไฟฉายประกอบการอธิบายก็ได้ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้สมาชิกในห้องร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็น โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนหาหลักฐานมาสนับสนุนแนวความคิดของตนเอง เมื่อนำเสนอเสร็จให้แต่ละกลุ่มนำภาพวาดแบบจำลองของกลุ่มตนเองติดไว้บนกระดานดำ

3.4 นักเรียนทุกคนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดกลางวันกลางคืน ทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลก เวลาที่โลกใช้ในการหมุนรอบตัวเองครบ 1 รอบ นอกจากนี้ครูยังสามารถใช้แบบจำลองสาธิตการเกิดปรากฏการณ์ซ้ำอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้นักเรียนเข้าใจชัดเจนขึ้น

4. ขันขยายความรู้ (35 นาที)

4.1 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับใบความรู้ที่ 2.3 เรื่อง เวลามาตรฐาน แล้วให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจเป็นการบ้าน

4.2 นักเรียนถูกกระตุ้นให้ขยายความรู้ ด้วยคำถามว่าเวลาของแต่ละประเทศบนโลกนี้เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

4.3 นักเรียนในห้องทุกคนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นโต้แย้งบนพื้นฐานของข้อสรุปที่ได้มาจากการอภิปรายในขั้นตอนิบายและสรุป

4.4 นักเรียนถูกกระตุ้นให้ขยายความรู้ต่อไปว่า เมื่อโลกหมุนรอบตัวเองครบ 1 รอบ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง ดาวที่อยู่ตรงกับศีรษะของนักเรียนจะตกลงขอบฟ้าในอีกกี่ชั่วโมง

4.5 นักเรียนในห้องทุกคนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นโต้แย้งบนพื้นฐานของข้อสรุปที่ได้มาจากการอภิปรายในขั้นตอนิบายและสรุป

4.6 ครูทำหน้าที่คอยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์ จนได้คำตอบที่ถูกต้อง และเป็นที่ยอมรับของสมาชิกในห้อง พร้อมทั้งใช้ EMS-System Model อธิบายในประเด็นที่หาข้อตกลงร่วมกันไม่ได้

4.7 นักเรียนถูกกระตุ้นให้ขยายความรู้ต่อไป โดยครูตั้งคำถามให้นักเรียนไปคิดเป็นการบ้านว่า ตลอดทั้งปีในประเทศไทยกลางวันและกลางคืนยาวเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

5. ชั้นประเมิน (25 นาที)

5.1 นักเรียนและครูร่วมกันประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ในขณะที่นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน

5.2 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาจับใบงานที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่องการเกิดกลางวันกลางคืน โดยให้เวลานักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด 10 นาที

5.3 นักเรียนและครูช่วยกันเฉลยใบงานที่ 2

5.4 นักเรียนแต่ละคนเขียนบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

5.5 ผู้วิจัยและครูผู้ช่วยวิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครู

สื่อการเรียนรู้

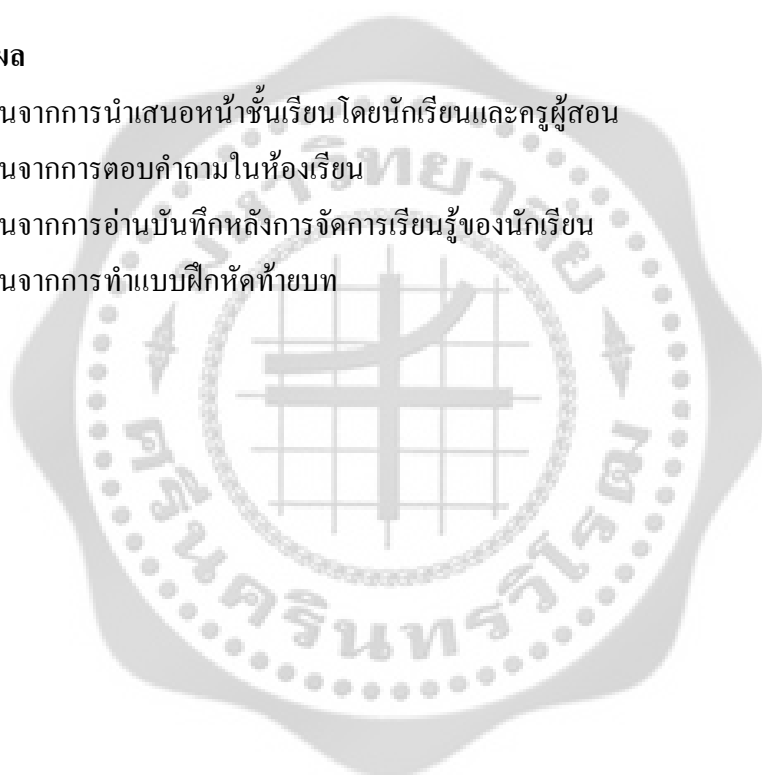
1. EMS-System Model
2. ลูกโลกจำลอง
3. ไฟฉาย
4. หนังสือเรียน
5. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การเกิดกลางวันกลางคืน
6. ใบความรู้ที่ 2.1 เรื่องความเชื่อเกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน
7. ใบความรู้ที่ 2.2 เรื่อง นิยามศัพท์และการกำหนดทิศ
8. ใบความรู้ที่ 2.3 เรื่อง เวลามาตรฐาน
9. ใบงานที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่องการเกิดกลางวันกลางคืน
10. แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
11. แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของครู
12. แบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียน
2. อินเทอร์เน็ต (internet) เว็บไซต์ต่างๆ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับดาราศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถเข้าไปที่ <http://www.google.com> แล้วพิมพ์คำสำคัญ (key word) ของหัวข้อที่นักเรียนต้องการค้นคว้า
3. เว็บไซต์แนะนำ เช่น
 - ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ <http://www.lesa.in.th/index.html>
 - สารานุกรมดาราศาสตร์ออนไลน์ <http://www.astroschool.in.th/>

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียนโดยนักเรียนและครูผู้สอน
2. ประเมินจากการตอบคำถามในห้องเรียน
3. ประเมินจากการอ่านบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
4. ประเมินจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบท



ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กลางวันกลางคืน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กลุ่มที่ ชั้น..... โรงเรียน

1. เลขที่..... 4.....เลขที่.....

2. เลขที่..... 5.....เลขที่.....

3. เลขที่..... 6.....เลขที่.....

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดกลางวันกลางคืน

ประเด็นปัญหาที่ศึกษา

.....

.....

.....

สมมติฐานที่ตั้งไว้

.....

.....

.....

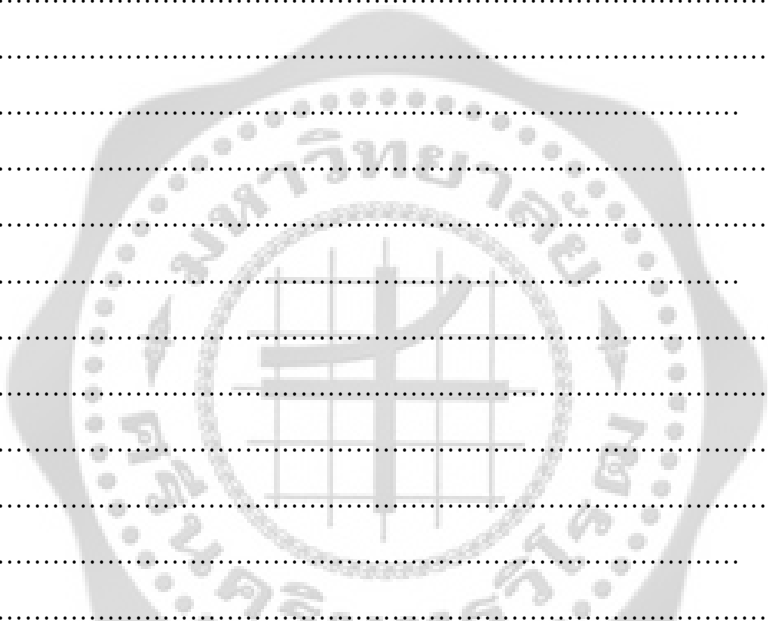
ผลการทดลอง

กลางวันกลางคืน	ใช้เวลา(ชม)	โลกหมุนรอบตัวเอง (องศา)
สว่างครั้งที่ 1	12	180
มืดครั้งที่ 1	12	360
สว่างครั้งที่ 2	12	540
มืดครั้งที่ 2	12	720
สว่างครั้งที่ 3	12	900
มืดครั้งที่ 3	12	1080

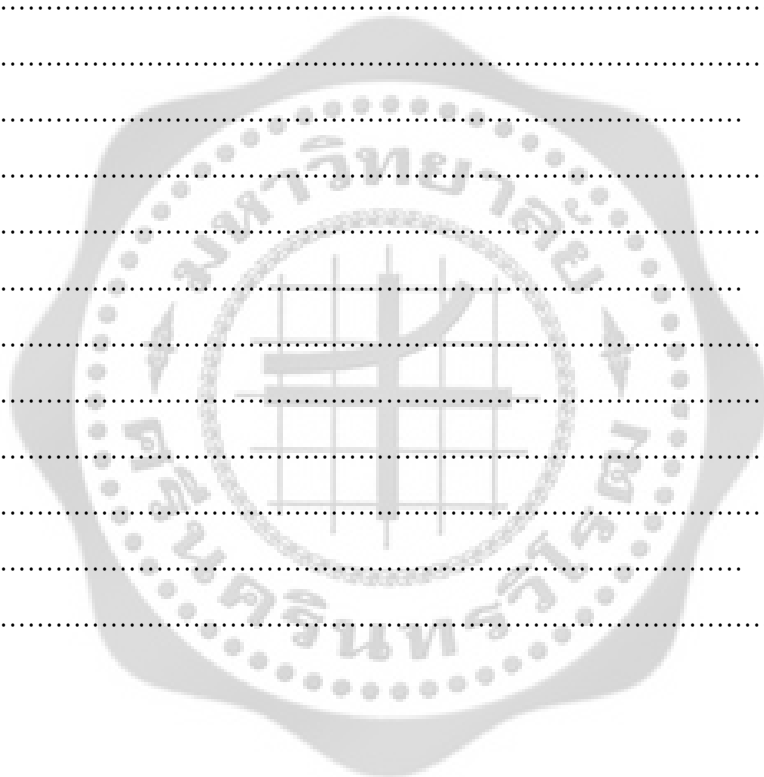
โลกหมุนรอบตัวเองในทิศทาง.....

โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ ใช้เวลา

สรุปและอภิปรายผล



ภาพวาดแบบจำลอง



ใบความรู้ที่ 2.1 ความเชื่อเกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน

ชนเผ่ามัยอูแรน (Mmaiuran) ในอะเมซอนของประเทศบราซิลเล่าว่า ช่วงแรกหนึ่งวันมีแต่กลางวันมืด เพราะมีนกจำนวนมากกางปีกออกบดบังแสงอาทิตย์ ทำให้ผู้คนกลัวการถูกทำร้ายโดยสัตว์ป่า ด้วยความเบื่อหน่ายในความมืด พี่น้องชื่อ ไอเอ (Iae) กับ คูเอต (Kuat) ตัดสินใจที่จะบีบบังคับให้กษัตริย์ของเหล่านกชื่อ อูรูบุตซิน (Urubutsin) เพื่อแบ่งเวลาเป็นกลางวันบ้าง ทั้งสองคนนี้ได้ซ่อนตัวอยู่ภายในซากสัตว์ตัวหนึ่งเพื่อรอภัยกษัตริย์ อูรูบุตซิน เมื่อกษัตริย์เข้ามาใกล้ คูเอตก็เข้าไปจับขาพญาปักษีแล้วยึดเกาะไว้ จนกระทั่งพญาปักษียินยอมที่จะให้มีเวลากลางวันให้กับชาวอะเมซอน

ส่วนชาวญี่ปุ่น มีนิทานเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดกลางวันกลางคืน ดังนี้ เทพสุริยะมีนามว่า อะมะเตะระสุ (Amaterasu) มีหน้าที่ให้แสงสว่างและความอบอุ่นแก่โลก อะมะเตะระซุมีน้องชายชื่อ ซันชะโนะโอะ (Sunsanoo) ซึ่งเป็นเทพแห่งพายุที่ซุกซน วันหนึ่งเทพพายุได้พัดทำลายสวนอันสวยงามของพี่สาว ด้วยความเศร้าเสียใจอย่างสุดซึ้ง เทพอะมะเตะระซุจึงหลบหนีไปซ่อนตัวในถ้ำ ทำให้โลกตกอยู่ในความมืดจนสิ่งสัตว์ต่างๆ รวมทั้งคนหนาวตายเป็นจำนวนมาก เจ้าชายไคโอะจึงนำขลุ่ยมาเป่าเพื่อปลอบใจชาวเมือง แต่ด้วยเสียงขลุ่ยอันไพเราะของเจ้าชายไคโอะทำให้เทพอะมะเตะระซุยอมออกจากถ้ำมาเดินร่ำร่วมกับเทพองค์อื่นๆ โดยชาวเมืองจะนำกระจกมาแขวนไว้หน้าบ้านเพื่อสะท้อนแสงและความงดงามของเทพอะมะเตะระซุให้นางเห็น ในที่สุดนางก็ยอมคืนกลับสู่บัลลังก์เพื่อให้ความอบอุ่นและความสว่างแก่โลกรวมทั้งชีวิตทั้งหลายดังเดิม

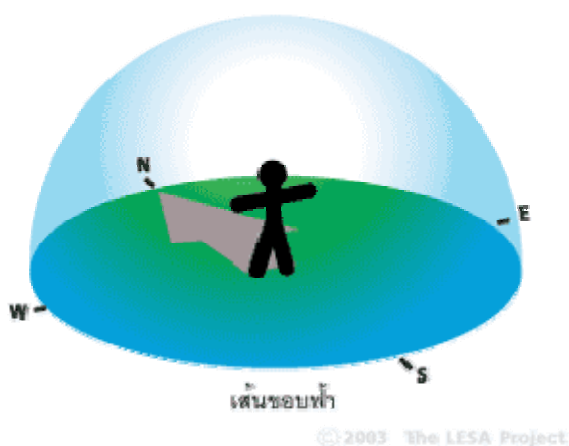
ใบความรู้ที่ 2.2 นิยามศัพท์และการกำหนดทิศ

นิยามศัพท์

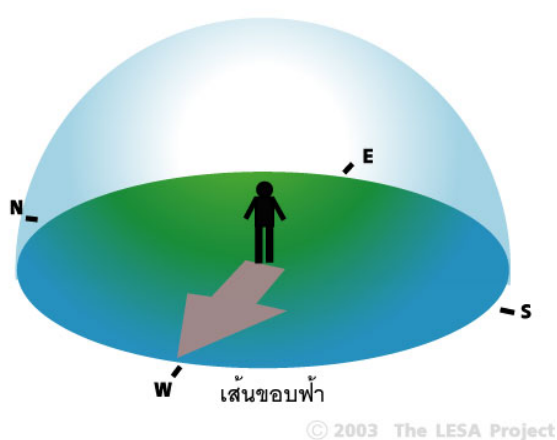
- การหมุนรอบตัวเอง หมายถึง การที่วัตถุหนึ่งหมุนรอบแกนกลางของตัวเอง
- การโคจร หมายถึง การที่วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่รอบวัตถุอีกชนิดหนึ่ง
- กลางวัน หมายถึง ช่วงเวลาที่พื้นที่บนโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ (สว่าง) สำหรับในแบบจำลองนี้คือช่วงเวลาที่พื้นที่บนลูกโลกจำลองได้รับแสงจากไฟฉาย
- กลางคืน หมายถึง ช่วงเวลาที่พื้นที่บนโลกไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ (มืด) สำหรับในแบบจำลองนี้คือช่วงเวลาที่พื้นที่บนลูกโลกจำลองไม่ได้รับแสงจากไฟฉาย

การกำหนดทิศ

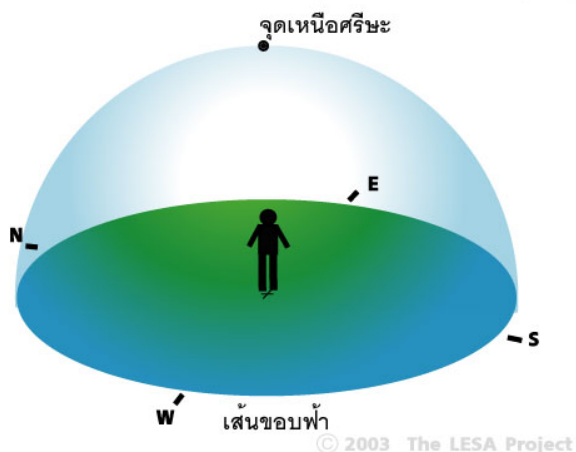
เมื่อเราอยู่กลางแจ้งและมองไปรอบ ๆ ตัว เราจะเห็นพื้นโลกทอดไกลออกไปจรดขอบฟ้าเป็นรูปครึ่งวงกลม เราเรียกเส้นตัดระหว่างพื้นโลกกับขอบฟ้าว่า “เส้นขอบฟ้า” (Horizon) เส้นขอบฟ้าเป็นเส้นวงกลมล้อมรอบตัวในแนวราบ เมื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในเวลาเช้า จะเห็นดวงอาทิตย์โผล่ขึ้นมาจากขอบฟ้าด้านหนึ่ง เรียกว่า “ทิศตะวันออก” และดวงอาทิตย์ จะเคลื่อนที่ขึ้นสูงที่สุดในเวลาประมาณเที่ยงวัน จากนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนต่ำลงกระทั่งตกกลับขอบฟ้าอีกด้านหนึ่ง เรียกว่า “ทิศตะวันตก” ดังนั้นการกำหนดทิศทางบนโลก จึงแบ่งออกเป็น 4 ทิศหลัก คือ ทิศตะวันออก (East) ทิศตะวันตก (West) ทิศเหนือ (North) และทิศใต้ (South) โดยทิศทั้งสี่มีความสัมพันธ์กัน ดังรายละเอียดในภาพที่ 5



รูปที่ 1 เมื่อหันหน้าไปทางทิศเหนือ
ด้านหลัง เป็นทิศใต้
แขนซ้ายชี้ไปทางทิศตะวันตก
แขนขวาชี้ไปทางทิศตะวันออก



รูปที่ 2 เมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันตก
ด้านหลัง เป็นทิศตะวันออก
แขนซ้ายชี้ไปทางทิศใต้
แขนขวาชี้ไปทางทิศเหนือ



รูปที่ 3 จุดเหนือศีรษะ
จุดสูงที่สุดบนฟ้าจะอยู่เหนือศีรษะพอดี เรียกว่า
“จุดเหนือศีรษะ” (Zenith)
จุดเหนือศีรษะ ทำมุมกับผู้สังเกตการณ์
และขอบฟ้าทุก ๆ ด้าน เป็นมุมฉาก (90°) พอดี

ภาพที่ 5 แสดงการกำหนดทิศ

ที่มา : ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ (LESA). <http://www.lesa.in.th/index.html>

ใบความรู้ที่ 2.3 เวลามาตรฐาน

ตั้งแต่อดีตกาล ผู้คนบอกเวลาโดยใช้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อดวงอาทิตย์ขึ้น ก็จัดว่าเป็นเวลาเช้า ต่อด้วยเวลา สาย เที่ยง บ่าย และเวลาเย็นเมื่อดวงอาทิตย์ตก ในยามที่ไม่มีแสงจากดวงอาทิตย์ ก็จัดว่าเป็นเวลากลางคืน นาฬิกาแดดจึงถูกประดิษฐ์ขึ้นเพื่อบอกช่วงเวลาต่างๆ กันเหล่านี้ จวบจนได้มีการพัฒนานาฬิกากลขึ้นมา การบอกเวลาในแต่ละพื้นที่ก็มีความแม่นยำมากขึ้น แต่เวลาเหล่านี้ก็เป็นเวลาที่แต่ละท้องถิ่นกำหนดขึ้นโดยใช้เวลาเที่ยงวันของตนเองซึ่งเป็นเวลาที่ท้องถิ่นเป็นเวลาอ้างอิง

จวบจนกระทั่งในราวปี ค.ศ. 1840 เริ่มมีการเดินรถไฟในประเทศอังกฤษ จึงจำเป็นที่จะต้องมีความที่เป็นมาตรฐานตรงกันทุกสถานีรถไฟ เพื่อความสะดวกในการเดินรถ แนวความคิดนี้เกิดจาก วิลเลียม ไฮด์ วอลลาสตัน (William Hyde Wollaston) และนำมาใช้โดย อับราฮัม ฟอลเลต ออสเลอร์ (Abraham Follett Osler) เวลาที่ใช้เวลาที่ตรงกับเวลาที่ท้องถิ่นของ หอดูดาวหลวงกรีนนิช (Royal Greenwich Observatory) ตั้งอยู่ ณ เมืองกรีนนิช ในกรุงลอนดอน เรียกว่าเป็นเวลาเฉลี่ยกรีนนิช (Greenwich Mean Time, GMT) เวลา GMT ถูกใช้เป็นเวลามาตรฐานในการอ้างอิงของทุกพื้นที่บนโลก

สำหรับเวลาของแต่ละประเทศจะขึ้นกับเวลามาตรฐานที่เกิดจากการแบ่งโลกตามแนวเส้นลองจิจูดออกเป็น 24 เขต แต่ละเขตกว้าง 15 องศา มีเวลาต่างกัน 1 ชั่วโมง แนวความคิดในการแบ่งเขตเวลานี้เกิดขึ้นจากการเดินรถไฟเช่นเดียวกับเวลา GMT เนื่องจากประเทศอเมริกามีขนาดใหญ่ การเดินรถไฟผ่านพื้นที่ที่มีเวลาเปลี่ยนไป 1 นาฬิกา ในทุกๆ 21 กม.จึงไม่ใช่เรื่องง่ายนัก ในปี ค.ศ. 1878 เซอร์ แซนด์ฟอร์ด เฟลมมิง (Sir Sandford Fleming) วิศวกรก่อสร้างทางรถไฟชาวสกอตต์-แคนาดา จึงได้คิดที่จะแบ่งเวลาในประเทศสหรัฐอเมริกาออกเป็นเขต ในวันที่ 1 พฤศจิกายน ค.ศ. 1884 ในการประชุม International Meridian Conference ที่กรุงวอชิงตัน ดี.ซี. ได้มีมติให้แบ่งเวลาออกเป็นเขตดังที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยยึดตำแหน่งเมืองกรีนนิชเป็นกึ่งกลางของเวลา และมีเส้นเขตวันสากล (International dateline) อยู่ที่ลองจิจูดที่ 180 กลางมหาสมุทรแปซิฟิก



ภาพที่ 6 แสดงเขตเวลา 24 เขตทั่วโลก และเวลามาตรฐานท้องถิ่นของแต่ละประเทศ

เวลาที่แต่ละประเทศใช้เรียกว่าเป็นเวลามาตรฐานท้องถิ่น (Local standard time) การกำหนดเวลามาตรฐานท้องถิ่นนี้นอกจากจะขึ้นกับเขตเวลาแล้ว ยังขึ้นกับสภาพของแต่ละประเทศด้วย เช่นประเทศที่มีขนาดใหญ่อย่างสหรัฐอเมริกา มีการแบ่งเขตเวลาของประเทศตัวเองออกเป็น 4 เขต (ยกเว้นรัฐ อลาสก้าและรัฐฮาวาย) นอกจากนี้บางประเทศที่อยู่ในเขตอบอุ่น เช่น สหรัฐอเมริกาแคนาดา ออสเตรเลีย และประเทศในกลุ่มยุโรป มีการปรับเวลาในช่วงฤดูร้อนที่มีแสงอาทิตย์ยาวนานทุกปี โดยปรับเวลาให้เร็วขึ้น 1 ชั่วโมง และปรับกลับเป็นเวลาปกติในฤดูหนาว วันที่ทำการปรับเวลานั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา จะเริ่มปรับเวลาให้เร็วขึ้นในวันอาทิตย์แรกของเดือนเมษายนเวลาบ่ายสองโมงตรง และปรับกลับในวันอาทิตย์สุดท้ายของเดือนตุลาคมเวลาบ่ายสองโมงตรงเช่นกัน ในขณะที่กลุ่มยุโรปจะใช้วันอาทิตย์สุดท้ายของเดือนมีนาคมเวลาบ่ายโมงตรงในการปรับเวลา และปรับกลับในวันอาทิตย์สุดท้ายของเดือนตุลาคมเวลาบ่ายโมงตรง การปรับเวลานี้เกิดขึ้นเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ เรียกการปรับเวลานี้ว่า Daylight Saving Time ในบางประเทศ เช่นมาเลเซีย สิงคโปร์ มีการปรับเวลาแบบนี้ด้วยเช่นกัน เพื่อให้มีความสะดวกในการประกอบธุรกิจกับประเทศตะวันตก

สำหรับประเทศไทย พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 ได้มีพระราชโองการกำหนดเวลามาตรฐานสำหรับประเทศไทยให้ใช้เวลาอัตรา ซึ่งได้ประกาศไว้ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 36 เมื่อวันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2462 และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2463 ซึ่งถือว่าเป็นวันปีใหม่ของ “เวลาอัตราสำหรับกรุงสยามทั่วพระราชอาณาจักรเป็น 7 ชั่วโมงก่อนเวลากรีนิชในเมืองอังกฤษ” หรือกำหนดในปัจจุบันโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ผู้ควบคุมเวลามาตรฐานของประเทศไทย ว่า UT +7

ที่มา : สารานุกรมดาราศาสตร์ออนไลน์.

http://www.astroschool.in.th/public/teacher/encyclodetail_ans_inc.php?id=127

ใบงานที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่อง กลางวันกลางคืน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ.....เลขที่.....กลุ่มที่.....ชั้น.....

โรงเรียน

1. กลางวันกลางคืนเกิดขึ้นได้อย่างไร

ตอบ โลกหมุนรอบตัวเอง

2. ทำไมเราจึงเห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

ตอบ เพราะโลกหมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก

3. ถ้านักเรียนหันหน้าไปทางทิศเหนือขามือของนักเรียนจะเป็นทิศอะไร

ตอบ ทิศตะวันออก

4. โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบใช้เวลาประมาณกี่ชั่วโมง

ตอบ 24 ชั่วโมง

5. คนที่อยู่ในซีกโลกเหนือและใต้ใช้เวลา 1 วัน (กลางวัน+กลางคืน) เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ เท่ากัน เพราะซีกโลกเหนือและใต้หมุนติดไปพร้อมกันจึงครบรอบพร้อมกัน

6. วันที่ 2 มกราคม เวลา 08:00 น. ของไทย (UT+7) ตรงกับวันและเวลาใดที่กรุงวอชิงตัน ดีซี (UT-5)

ตอบ วันที่ 1 มกราคม เวลา 20.00 น.

7. ถ้านักเรียนข้ามเส้นแบ่งวันสากล (ละติจูด 180E) จากตะวันออกไปตะวันตก นักเรียนจะเปลี่ยนวันที่นาฬิกาของนักเรียนอย่างไรจึงจะถูกต้อง

ตอบ เพิ่มขึ้น 1 วัน

8. ใน 1 วันนักเรียนเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใด ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก 12,756 กิโลเมตร

ตอบ 40,090 km.

9. ถ้านักเรียนไปอยู่บนดาวเสาร์ 1 วัน จะมีกี่ชั่วโมง ถ้าดาวเสาร์หมุนรอบตัวเอง 1 รอบใช้เวลา 10 ชั่วโมง 40 นาที และโคจรรอบดวงอาทิตย์ใช้เวลา ประมาณ 30 ปี

ตอบ หนึ่งวันบนดาวเสาร์มี 10 ชั่วโมง 40 นาที

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความเข้าใจในมติดาราศาสตร์พื้นฐาน

1. สมมติว่านักเรียนสร้างแบบจำลองโดยใช้ลูกบาศก์ขอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร แทนดวงอาทิตย์ ถ้าใช้มาตราส่วนเดียวกันนักเรียนควรจะวางลูกโลกห่างจากลูกบาศก์ขอบประมาณเท่าใด

- ก. น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ข. 3 เมตร
 ก. 15 เมตร ง. 30 เมตร
 จ. 60 เมตร

2. เส้นผ่านศูนย์กลางของโลกโดยประมาณมีค่าเท่าใด

- ก. 1,500 กิโลเมตร ข. 15,000 กิโลเมตร
 ก. 150,000 กิโลเมตร ง. 1,500,000 กิโลเมตร
 จ. 15,000,000 กิโลเมตร

3. ถ้านักเรียนอยู่ในยานอวกาศที่ลอยอยู่เหนือดวงจันทร์สูงจากระดับโคจรของดวงจันทร์เท่ากับ ระยะห่างระหว่างดวงจันทร์กับโลก นักเรียนจะเห็นดวงจันทร์สว่างมากน้อยเพียงใด

- ก. สว่างทั้งดวง ข. สว่าง 3 ใน 4 ของทั้งดวง
 ก. สว่างครึ่งดวง ง. มืดทั้งดวง
 จ. ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับข้างขึ้นข้างแรม

4. เมื่อนักเรียนอยู่บนโลกหากนักเรียนเหยียดแขนตรง นิ้วหัวแม่มือของนักเรียนจะบังดวงอาทิตย์ได้ทั้ง ดวงพอดี ถ้านักเรียนไปอยู่บนดาวเสาร์ ซึ่งอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็น 10 เท่าของโลก ขณะเหยียดแขนตรง นักเรียนจะใช้อะไรจึงจะบังดวงอาทิตย์ได้พอดี

- ก. ลูกฟุตบอล ข. กำปั้น
 ก. นิ้วหัวแม่มือ ง. ไม้จิ้มฟัน
 จ. เส้นผม

5. ถ้าประเทศไทย (ตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งลองจิจูด 105° E) เป็นเวลาเที่ยงวัน ประเทศที่อยู่ ณ ตำแหน่ง ลองจิจูด 15° E จะเป็นเวลาใดโดยประมาณ

- ก. เวลาดวงอาทิตย์ขึ้น ข. เป็นเวลาสาย
 ก. เวลาเที่ยงวัน ง. เวลาดวงอาทิตย์ตก
 จ. เวลาเที่ยงคืน

14. สมมติว่านักเรียนกำลังสร้างแบบจำลองขนาดของโลกและดวงจันทร์ ถ้านักเรียนใช้ลูกบาสเกตบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร แทนโลก หากใช้มาตราส่วนเดียวกัน นักเรียนควรจะใช้วัตถุใดแทนดวงจันทร์

- ก. ลูกโป่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร
- ข. ลูกฟุตบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร
- ค. ลูกตะกร้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร
- ง. ลูกเทนนิสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร
- จ. หัวเข็มหมุดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

15. การเกิดฤดูกาลบนโลกที่เราสามารถรับรู้ได้ทุกปี มีสาเหตุมาจากอะไร

- ก. ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง
- ข. ระยะห่างระหว่างโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์มีการเปลี่ยนแปลง
- ค. แกนของโลกเอียงในขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์
- ง. การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์
- จ. ระดับมลพิษในชั้นบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลก

แตกต่างกัน

16. ดวงจันทร์หมุนรอบตัวเอง 1 รอบ ใช้เวลาโดยประมาณกี่ชั่วโมง

- ก. ไม่หมุนรอบตัวเอง
- ข. 24 ชั่วโมง
- ค. 48 ชั่วโมง
- ง. 330 ชั่วโมง
- จ. 660 ชั่วโมง

17. จากรูปข้างล่างภาพใดที่แสดงรูปร่างของดวงจันทร์ในคืนแรม 8 ค่ำ

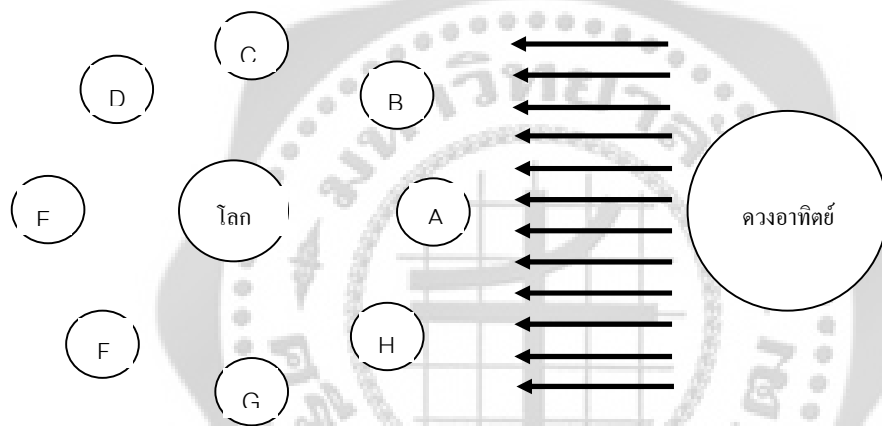


- ก. ภาพ A
- ข. ภาพ B
- ค. ภาพ C
- ง. ภาพ D
- จ. ภาพ C หรือ D

22. เมื่อเรามองดวงจันทร์จากโลกเราจะเห็นดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา จริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ก. จริง เพราะดวงจันทร์ไม่ได้หมุนรอบแกนตัวเอง
- ข. จริง เพราะดวงจันทร์หมุนรอบแกนตัวเองและโคจรรอบโลกใช้เวลาเท่ากัน
- ค. ไม่จริง เพราะดวงจันทร์หมุนรอบแกนตัวเองประมาณชั่วโมงละ 1 รอบ
- ง. ไม่จริง เพราะดวงจันทร์หมุนรอบแกนตัวเองประมาณวันละ 1 รอบ
- จ. ไม่จริง เพราะดวงจันทร์หมุนรอบแกนตัวเองประมาณปีละ 1 รอบ

ให้นักเรียนใช้รูปต่อไปนี้ ซึ่งประกอบด้วยดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ ตอบคำถามข้อ 23-24



23. จากรูปขณะที่เกิดจันทรุปราคาดวงจันทร์ควรอยู่ที่ตำแหน่งใด

- ก. ตำแหน่ง A
- ข. ตำแหน่ง B
- ค. ตำแหน่ง C
- ง. ตำแหน่ง D
- จ. ตำแหน่ง E

24. จากรูปขณะที่เกิดสุริยุปราคาดวงจันทร์ควรอยู่ที่ตำแหน่งใด

- ก. ตำแหน่ง A
- ข. ตำแหน่ง B
- ค. ตำแหน่ง D
- ง. ตำแหน่ง E
- จ. ตำแหน่ง G

25. ถ้าในคืนวันขึ้น 15 ค่ำ นักเรียนเห็นรูปกระต่ายบนดวงจันทร์ดังรูปต่อไปนี้ อยากจะทราบว่าในวันขึ้น 8 ค่ำ นักเรียนจะเห็นกระต่ายบนดวงจันทร์ดังรูปใด

- | | |
|----------|----------|
| ก. ภาพ A | ข. ภาพ B |
| ค. ภาพ C | ง. ภาพ D |
| จ. ภาพ E | |

26. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์ในแต่ละคืน(หรือข้างขึ้นข้างแรม)มีสาเหตุมาจากอะไร

- ก. เงาของโลกบังดวงจันทร์แตกต่างกัน
- ข. เมฆบังดวงจันทร์แตกต่างกัน
- ค. เงาของดวงอาทิตย์บังดวงจันทร์แตกต่างกัน
- ง. ดวงจันทร์ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน
- จ. ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ทำให้หันด้านสว่างเข้าหาโลกแตกต่างกัน

27. จากการสังเกตพบว่าดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงออกและตกทางทิศตะวันตก นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด

- ก. โลกหมุนรอบตัวเองจากตะวันตกไปตะวันออก
- ข. โลกหมุนรอบตัวเองจากตะวันออกไปตะวันตก
- ค. โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- ง. ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- จ. ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

28. เดือนอะไรที่กลางวันยาวที่สุดในประเทศไทย

- | | |
|--------------------|-------------|
| ก. มีนาคม | ข. มิถุนายน |
| ค. กันยายน | ง. ธันวาคม |
| จ. เท่ากันทุกเดือน | |

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์วัดความเข้าใจมโนติคาราาสตร์พื้นฐาน

แนวคำถาม มโนมิติมาตราส่วน

1. ถ้าโลกมีขนาดเท่าลูกฟุตบอลแล้ว ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ควรจะมีขนาดเท่ากับวัตถุใดในชีวิตประจำวัน และอยู่ห่างจากโลกประมาณเท่าใด
2. ให้นักเรียนสาธิตว่าเพราะเหตุใดในชีวิตประจำวัน เราจึงเห็นดวงอาทิตย์กับดวงจันทร์มีขนาดใกล้เคียงกัน
3. ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงขนาด และระยะห่างระหว่าง โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์
4. โลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอย่างไร

ฯลฯ

แนวคำถาม มโนมิติกลางวันกลางคืน

1. ให้นักเรียนสาธิตเพื่อแสดงว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้เกิดกลางวันกลางคืน
2. ให้นักเรียนสาธิตว่าโลกหมุนรอบตัวเองอย่างไร และใช้เวลาหมุนรอบ 1 รอบ
3. ให้นักเรียนทำการสาธิตเพื่ออธิบายว่าทำไมเราจึงเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกแล้วตกทางทิศตะวันตก
4. ให้นักเรียนบอกเวลาที่ตำแหน่งต่างๆ บนโลก เมื่อประเทศไทยเป็นเวลาเที่ยงวัน
5. ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงการเกิดกลางวันกลางคืน

ฯลฯ

แนวคำถาม มโนมิติฤดูกาล

1. ให้นักเรียนสาธิตเพื่อแสดงว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้เกิดฤดูกาล
2. ให้นักเรียนสาธิตว่าโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์อย่างไร และใช้เวลาโคจรรอบ 1 รอบนานเท่าใด
3. ให้นักเรียนบอกฤดูกาลที่ตำแหน่งต่างๆ บนโลก ในช่วงเดือนธันวาคม
4. ถ้าประเทศจีนเป็นฤดูหนาวประเทศออสเตรเลียจะเป็นฤดูกาลใด

ฯลฯ

แนวคำถาม มโนมิติข้างขึ้นข้างแรม

1. ให้นักเรียนสาธิตเพื่อแสดงว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้เกิดข้างขึ้นข้างแรม
2. ให้นักเรียนสาธิตว่าดวงจันทร์โคจรรอบโลกอย่างไร และใช้เวลาโคจรรอบ 1 รอบนานเท่าใด
3. ให้นักเรียนสาธิตว่าในคืนขึ้น 8 ค่ำ โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ทำมุมกันอย่างไร
4. ให้นักเรียนบอกว่าวันขึ้น 15 ค่ำ สองครั้งที่ติดกันห่างกันกี่วัน

ฯลฯ

แนวคำถาม มโนมติด้านหน้าของดวงจันทร์

1. ให้นักเรียนบอกว่าดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลาหรือไม่
2. ให้นักเรียนสาธิตเพื่อแสดงว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา
3. ให้นักเรียนสาธิตว่าดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองอย่างไร และใช้เวลาเท่าใดในการหมุนรอบตัวเอง

ครบ 1 รอบ

4. ให้นักเรียนอธิบายว่าด้านไกล (ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับโลก) ของดวงจันทร์มีตลอดเวลาหรือไม่อย่างไร

ฯลฯ

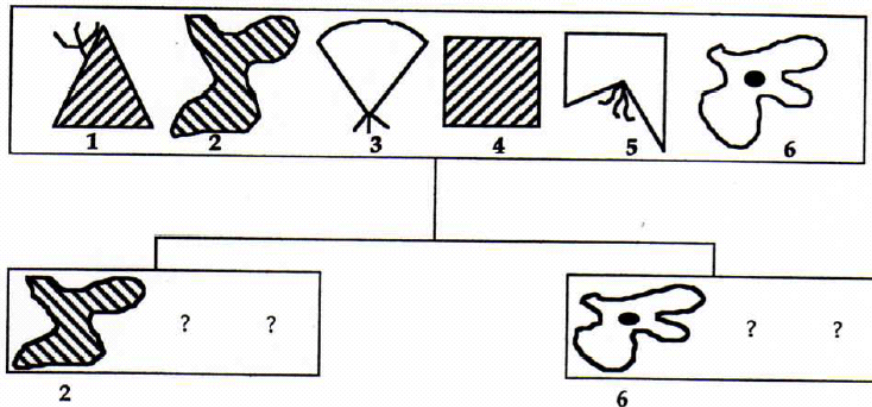
แนวคำถาม มโนมติดูปราคา

1. ให้นักเรียนสาธิตเพื่อแสดงว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้เกิดจันทรุปราคาและสุริยุปราคา
2. ให้นักเรียนอธิบายว่าสุริยุปราคาและจันทรุปราคาจะเกิดขึ้นในวันข้างขึ้นหรือข้างแรมกี่ค่ำ
3. ให้นักเรียนสาธิตเพื่ออธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงไม่เกิดอุปราคาทุกเดือน
4. ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงการเกิดอุปราคา

ฯลฯ

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. พิจารณาภาพ แสดงวิธีการแบ่งกลุ่มของสิ่งของออกเป็นสองกลุ่ม ดังนี้



ภาพหมายเลข 2 เป็นสมาชิกกลุ่มย่อยที่หนึ่ง ส่วนภาพหมายเลข 6 เป็นสมาชิกของกลุ่มย่อยที่ 2 นักเรียนคิดว่าภาพในข้อใด จะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับภาพหมายเลข 2 ?

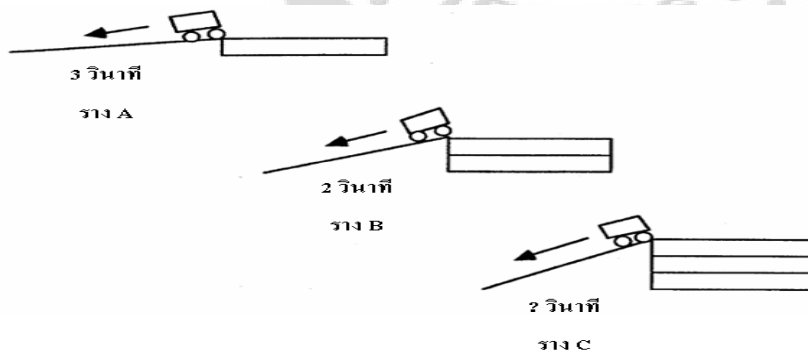
ก. 1, 4

ค. 3, 4

ข. 1, 5

ง. 3, 5

2. ดันไผ่ได้สร้างรางรถโดยใช้ไม้กระดานและกล้อ โดยกล้อมีขนาดความสูง 4 ซม. และรางมีความยาว 1 เมตร ดังรูปด้านล่าง จากนั้นเขาได้ทำการทดลองปล่อยรถลงจุดเริ่มต้นบนกล้อจากราง A พบว่ารถใช้เวลาเคลื่อนที่ 3 วินาทีจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายด้านล่างของราง และเมื่อการทำทดลองเช่นเดียวกับราง B พบว่าใช้เวลา 2 วินาทีจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย



เมื่อทำการปล่อยรถลงจากราง C รถน่าจะใช้เวลาเท่าใดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย

ก. 1.5 วินาที

ค. 2.9 วินาที

ข. 2.0 วินาที

ง. 3.5 วินาที

ตัวอย่างแบบวัดจิตวิทยาาสตร์

ข้อที่	ข้อความ	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1	ฉันมีความใส่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ๆ อยู่เสมอ					
2	ฉันชอบรายการโทรทัศน์ที่เกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์					
3	การเรียนในห้องเรียนก็เพียงพอแล้ว ไม่จำเป็นต้องเข้าห้องสมุดหรือค้นคว้าเพิ่มเติม					
4	การประดิษฐ์อุปกรณ์ที่แปลกใหม่เป็นงานที่ไม่น่าสนใจสำหรับฉัน					
5	ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเป็นเรื่องที่น่าทดลองหาสาเหตุว่าอะไรทำให้เกิดสิ่งนั้นๆ					
6	ฉันยอมรับผลการกระทำของฉันทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย					
7	ฉันชอบเขียนความรู้สึกละเอียดของฉันลงบนโต๊ะเรียนและฝาผนังห้องเรียน					
8	ฉันดำเนินการแก้ปัญหาที่ฉันสงสัยจนกว่าจะได้คำตอบ					
9	เมื่อได้รับมอบหมายงานซึ่งเป็นงานที่ไม่ถนัด ฉันจะพยายามเรียนรู้และฝึกฝนด้วยความตั้งใจจนสามารถทำงานเสร็จทันเวลา					
10	ฉันรู้สึกเบื่อที่ต้องทำการทดลองซ้ำกันหลายๆ ครั้งก่อนที่จะสรุปผล					

ตัวอย่างแบบประเมินกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน

คำชี้แจง ขอให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงตามระดับความคิดเห็นของท่านตามความเป็นจริง โดยแต่ละช่องมีความหมาย ดังนี้

5 หมายถึง ดีมาก 2 หมายถึง น้อย
4 หมายถึง ดี 1 หมายถึง น้อยมาก
3 หมายถึง ปานกลาง

ผู้ประเมิน ☐ ผู้วิจัย ☐ ครูผู้ร่วมวิจัย ☐ นักเรียนกลุ่ม.....

วันที่...../...../.....

กลุ่มที่	ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	การกำหนดประเด็นปัญหาที่มีความเหมาะสม					
	การตั้งสมมติฐานมีความเหมาะสม					
	การวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลมีความเหมาะสม					
	การเก็บรวบรวมข้อมูลครบถ้วน สมบูรณ์					
	การจัดกระทำข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลมีความเหมาะสม					
	การแปลความหมายข้อมูลและสรุปถูกต้องเหมาะสม					
	การนำเสนอคำอธิบายโดยใช้แบบจำลองมีความเหมาะสม					
	การตอบคำถามมีความถูกต้อง ชัดเจน					
2	การกำหนดประเด็นปัญหาที่มีความเหมาะสม					
	การตั้งสมมติฐานมีความเหมาะสม					
	การวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลมีความเหมาะสม					
	การเก็บรวบรวมข้อมูลครบถ้วน สมบูรณ์					
	การจัดกระทำข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลมีความเหมาะสม					
	การแปลความหมายข้อมูลและสรุปถูกต้องเหมาะสม					
	การนำเสนอคำอธิบายโดยใช้แบบจำลองมีความเหมาะสม					
	การตอบคำถามมีความถูกต้อง ชัดเจน					

ตัวอย่าง แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

เรื่อง.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อนักเรียน.....เลขที่.....ชั้น.....โรงเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแสดงความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามความเป็นจริง คำตอบของนักเรียนจะไม่มีผลใดๆ ต่อผลการเรียนของนักเรียน โดยผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

1. นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

2. นักเรียนพบปัญหา อุปสรรคอะไรบ้างในระหว่างเรียน

.....

3. นักเรียนคิดว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

4. นักเรียนคิดว่าสื่อที่ครูใช้ประกอบการสอนน่าสนใจหรือไม่ อย่างไร

.....

5. นักเรียนต้องการให้ครูเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้อย่างไรบ้าง

.....

6. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อะไรบ้าง

.....

7. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตัวอย่าง แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....วิชา.....
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....โรงเรียน.....จังหวัด.....
 วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....
 ชื่อผู้สอน.....

คำชี้แจง แบบบันทึกฉบับนี้ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียน เหตุการณ์ต่างๆ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างจัดการเรียนการสอนตลอดแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อนำไปปรับปรุงการเรียนการสอนในครั้งต่อไป

1. พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นของนักเรียน

1.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

.....

1.2 ขั้นสำรวจ

.....

1.3 ขั้นอธิบาย

.....

1.4 ขั้นขยายความรู้

.....

1.5 ขั้นประเมิน

.....

2. ความเหมาะสมของเนื้อหา

.....

.....

3. ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้

.....

.....

.....

4. ความเหมาะสมของเวลา

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(.....)

ภาคผนวก ง ผลการสัมภาษณ์นักเรียน



ผลการสัมภาษณ์วัดความเข้าใจนิมิตดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน

มโนคติมาตราส่วน

ผู้วิจัย	: โลกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณกลางเท่าใด
นักเรียน 1	: 15,000 กิโลเมตร
นักเรียน 2	: 12,000 กิโลเมตร
นักเรียน 3	: 15,000 กิโลเมตร
นักเรียน 4	: 15,000 กิโลเมตร
นักเรียน 5	: 12,700 กิโลเมตร
ผู้วิจัย	: ถ้าโลกมีขนาด 12 เซนติเมตร ดวงจันทร์ควรมีขนาดเท่าใด
นักเรียน	: 3 เซนติเมตร (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
ผู้วิจัย	: แล้วดวงจันทร์ควรจะอยู่ห่างจากโลกเท่าใด
นักเรียน 1	: 4 เท่า
ผู้วิจัย	: 4 เท่านี้คืออะไรคิดให้ดีๆครับ
นักเรียน 3	: ก็ขนาดของดวงจันทร์เล็กกว่าโลก
ผู้วิจัย	: แล้วดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลกกี่เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก
นักเรียน 2	: อืม... 30 เท่า
ผู้วิจัย	: ลองเอาดวงจันทร์ไปวางดูซิอยู่ตรงไหน
นักเรียน 4,5	: ตรงนี้ค่ะ (ประมาณ 3 เมตร)
ผู้วิจัย	: ดวงอาทิตย์จะควรมีขนาดเท่าใด
นักเรียน	: เยียบ
ผู้วิจัย	: นึกถึงแบบจำลองที่เราสร้างกันวันก่อนซิ
นักเรียน 5	: เท่าห้องเรียน
นักเรียน 1,2,3,4	: เท่าสนามบาสเกตบอล
ผู้วิจัย	: ในเมื่อดวงอาทิตย์โตกว่าดวงจันทร์มาก แล้วทำไมในชีวิตประจำวันเรา จึงเห็นดวงอาทิตย์มีขนาดใกล้เคียงกับดวงจันทร์
นักเรียน 3	: เพราะดวงอาทิตย์อยู่ไกลกว่าดวงจันทร์
นักเรียน 5	: เพราะดวงอาทิตย์อยู่ไกลกว่าดวงจันทร์มาก คล้ายกับที่เราเห็น เหรียญบาทบังเหรียญ 10 ได้
นักเรียน 4	: เพราะดวงจันทร์อยู่ใกล้โลก

นักเรียน 2 : เพราะดวงอาทิตย์โตกว่าดวงจันทร์ 400 เท่า และดวงอาทิตย์ก็อยู่ไกลกว่าดวงจันทร์ 400 เท่า เหมือนกัน เราจึงเห็นมันมีขนาดเท่ากัน

นักเรียน 1 : เหมือนกับคนที่ 5

มโนมติกกลางวันกลางคืน

ผู้วิจัย : กลางวันกลางคืนเกิดจากอะไรครับ

นักเรียน : โลกหมุนรอบตัวเอง (ทุกคนตอบพร้อมกัน)

ผู้วิจัย : นักเรียนลองสาธิตให้ดูหน่อยครับ

นักเรียน : นักเรียนทุกคนช่วยกันสาธิตได้ถูกต้องว่าโลกหมุนรอบตัวเองในทิศทวนเข็มนาฬิกา หรือตกไปออก ทำให้ด้านสว่างที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์เป็นกลางวัน ส่วนด้านมืดเป็นกลางคืน (นักเรียนคนที่ 1 หมุนโลก ทุกคนที่เหลือก็เห็นด้วย)

ผู้วิจัย : ถ้าโลกหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้น 2 เท่า ใน 1 วันจะมีกี่ชั่วโมง

นักเรียน 3 : 12 ชั่วโมง

นักเรียน 2,4,5 : 12 ชั่วโมง

นักเรียน 1 : ทำให้น้ำงินิดหน่อย

นักเรียน 2 : เร็วขึ้น

นักเรียน 1 : เออใช่ 12 ชั่วโมง

ผู้วิจัย : ทำไมเราจึงเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก

นักเรียน 2 : โลกหมุนรอบตัวเอง

ผู้วิจัย : อย่างไร

นักเรียน 4,1 : โลกหมุนรอบแกนตัวเอง หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ผู้วิจัย : หรือทิศไหนไปทิศไหน

นักเรียน 5 : ทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก

ผู้วิจัย : ดวงอาทิตย์เวลาส่องแสงมายังโลกส่องอย่างไร ลองสาธิตดู

นักเรียน 3,5 : ส่องในแนวระนาบเดียวกันกับเส้นศูนย์สูตร

ผู้วิจัย : เมื่อประเทศไทยเป็นเวลาเที่ยงวัน คนที่อยู่บริเวณไหนจะเห็นดวงอาทิตย์กำลังขึ้นจากขอบฟ้า

นักเรียน 1 : ประเทศแอมะซอน

นักเรียน 4 : ประเทศญี่ปุ่น

- นักเรียน 2 : ประเทศอินเดีย
- นักเรียน 3 : ประเทศไนจีเรีย
- นักเรียน 5 : ประเทศแอฟริกาใต้
- ผู้วิจัย : แล้วถ้าดวงอาทิตย์อยู่สูงจากขอบฟ้า 30 องศา นานแค่ไหนดวงอาทิตย์
จึงจะตกกลับขอบฟ้า
- นักเรียน 5 : หยุดคิด แล้วตอบว่า 2 ชั่วโมง
- นักเรียน 1,2,3,4 : เงียบ
- ผู้วิจัย : ใน 1 ชั่วโมง โลกหมุนรอบตัวเองกี่องศา
- นักเรียน : 15 องศา (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : อืม แล้วนานแค่ไหนดวงอาทิตย์จึงจะตกกลับขอบฟ้า
- นักเรียน 1,3,5 : 2 ชั่วโมง (ตอบพร้อมกัน)
- นักเรียน 2,4 : นั่งคิด แล้วตอบ เหมือนกัน 2 ชั่วโมง

มโนมติฤดูกาล

- ผู้วิจัย : อะไรคือสาเหตุที่ทำให้เกิดฤดูกาล
- นักเรียน 1 : โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์
- นักเรียน 2 : โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์และแกนของโลกเอียง 23 องศา
- นักเรียน 3,4,5 : เหมือนกัน
- ผู้วิจัย : แล้วโลกใช้เวลาในการโคจรนานเท่าใดจึงจะครบรอบ
- นักเรียน : 1 ปี (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : ไหนลองสาธิตดูซิ
- นักเรียน : นักเรียนช่วยกันสาธิตการโคจรของโลกได้อย่างถูกต้อง คือแกนชี้ทิศเดิม
ตลอดเวลา
- ผู้วิจัย : ลองสาธิตการเกิดฤดูใบไม้ร่วงในซีกโลกเหนือซิ
- นักเรียน 2,4,5 : สาธิตได้ถูกต้อง
- นักเรียน 1,3 : สาธิตไม่ถูกต้อง สลับระหว่างฤดูใบไม้ผลิกับฤดูใบไม้ร่วง
- นักเรียน 5 : มันเป็นฤดูใบไม้ร่วงก่อนแล้วเดี๋ยวจะเป็นฤดูหนาว
- นักเรียน 1,3 : (นั่งคิด) อืมใช่
- ผู้วิจัย : อีก 3 เดือนเป็นเดือนอะไร
- นักเรียน : เดือนธันวาคม (ทุกคนตอบพร้อมกัน)

- ผู้วิจัย : ชักโลกเหนือเป็นฤดูอะไร
 นักเรียน : ฤดูหนาว (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
 ผู้วิจัย : ชักโลกใต้ละเป็นฤดูอะไร
 นักเรียน : ฤดูร้อน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
 ผู้วิจัย : ในช่วงฤดูหนาวดวงอาทิตย์ขึ้นและตกทางทิศไหน
 นักเรียน 3 : ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก
 นักเรียน 1 : ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงไปทางทิศใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงไปทางทิศใต้
 นักเรียน 2,4,5 : เหมือนกัน (กับนักเรียน 1)
 ผู้วิจัย : แล้วกลางวันกับกลางคืนยาวเท่ากันตลอดทั้งปีหรือไม่
 นักเรียน : ไม่เท่ากัน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
 ผู้วิจัย : แตกต่างกันอย่างไร
 นักเรียน 5 : ฤดูร้อนกลางวันยาวที่สุด
 นักเรียน 4 : เดือนมิถุนายนในชักโลกเหนือกลางวันยาวที่สุด
 นักเรียน 1,2,3 : เหมือนกันกับนักเรียน 5

มโนคติข้างขึ้นข้างแรม

- ผู้วิจัย : อะไรคือสาเหตุที่ทำให้เกิดข้างขึ้นข้างแรม
 นักเรียน 2 : ดวงจันทร์โคจรรอบโลก
 นักเรียน 4 : ดวงจันทร์โคจรรอบโลก (หยุดคิด) ทำให้ส่วนสว่างที่หันมาทางโลกเปลี่ยนแปลง
 ผู้วิจัย : มีอะไรจะเพิ่มเติมไหม
 นักเรียน 3 : มุมระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ก็เปลี่ยนด้วย
 นักเรียน 1,5 : ไม่มีค่ะ เหมือนกัน
 ผู้วิจัย : ดวงจันทร์โคจรรอบโลก 1 รอบ ใช้เวลานานเท่าใด
 นักเรียน 1 : 30 วัน
 นักเรียน 5 : 29 วันครึ่ง
 นักเรียน 3 : 27 วันครึ่ง
 นักเรียน 2,4 : เหมือนนักเรียน 1
 ผู้วิจัย : เทียบกับอะไร หมายถึงดวงอาทิตย์ หรือดาวฤกษ์ที่อยู่นิ่ง

- นักเรียน 1 : ดวงอาทิตย์
- นักเรียน 5 : ดวงอาทิตย์
- นักเรียน 4 : ดวงอาทิตย์
- นักเรียน 3 : ดวงอาทิตย์
- นักเรียน 2 : ดวงอาทิตย์
- ผู้วิจัย : ลองสาธิตดูซิ
- นักเรียน 4,5 : นักเรียนสาธิตการโคจรของดวงจันทร์ได้ถูกต้องว่าโคจรในทิศทวนเข็มนาฬิกา นักเรียนที่เหลือก็เห็นด้วย
- ผู้วิจัย : แล้วในวันขึ้น 8 ค่ำดวงจันทร์อยู่ตรงไหน
- นักเรียน 3 : อยู่ตรงนี้ค่ะ (ทำมุมประมาณ 90 องศากับดวงอาทิตย์)
- ผู้วิจัย : แล้วในวันแรม 8 ค่ำละ ดวงจันทร์อยู่ตรงไหน
- นักเรียน 2 : อยู่ตรงนี้ค่ะ (ทำมุมประมาณ 270 องศากับดวงอาทิตย์)
- ผู้วิจัย : ดวงจันทร์หันด้านสว่างไปทางไหน
- นักเรียน 3 : ทางทิศตะวันตก (ตอบอย่างรวดเร็ว)
- นักเรียน 1,2,4,5 : ทางทิศตะวันออก
- นักเรียน 3 : หลังหยุดคิด อืมใช่ ทางทิศตะวันออก
- ผู้วิจัย : แล้วในวันขึ้น 15 ค่ำดวงจันทร์อยู่ตรงไหน
- นักเรียน 1 : อยู่ตรงนี้ค่ะ (ทำมุมประมาณ 180 องศากับดวงอาทิตย์)
- นักเรียน 4,5 : เหมือนกันค่ะ (เหมือนกับนักเรียน 1)
- ผู้วิจัย : อืม... แล้ววันขึ้น 15 ค่ำ สองครั้งที่ติดกันห่างกันกี่วัน
- นักเรียน : 30 วัน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : อยากทราบว่าในวันขึ้น 3 ค่ำนักเรียนจะเห็นดวงจันทร์ได้ในทิศใด
- นักเรียน 1 : ทางทิศตะวันตก
- นักเรียน 4 : ทางทิศตะวันออก
- นักเรียน 2,3,5 : ทางทิศตะวันตก
- ผู้วิจัย : เห็นได้ในเวลาใด
- นักเรียน 5 : ตอนเย็น
- นักเรียน 4 : ตอนหัวรุ่ง
- นักเรียน 3,2 : ตอนหัวค่ำ

- นักเรียน 1 : ตอน 1 ทุ่ม
- ผู้วิจัย : ในแต่ละวันดวงจันทร์ขึ้นจากขอบฟ้าในเวลาเดิมหรือไม่
- นักเรียน : ไม่ (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : เพราะเหตุใด
- นักเรียน : เจียบกันทุกคน ไม่มีใครตอบได้
- ผู้วิจัย : ใน 1 วัน ดวงจันทร์โคจรไปกี่องศา
- นักเรียน 3,4,5 : 12 องศา
- ผู้วิจัย : การขึ้นตกของดวงดาวเกี่ยวข้องกับการหมุนรอบตัวเองของโลกไหม
- นักเรียน : เกี่ยว (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : แล้วโลกหมุนรอบตัวเอง 1 องศา ใช้เวลาเท่าใด
- นักเรียน 1,2 : 4 นาที (นักเรียนที่เหลือก็เห็นด้วย)
- ผู้วิจัย : ดังนั้นถ้าดวงจันทร์เปลี่ยนตำแหน่งไป 12 องศา จะขึ้นเร็วขึ้นหรือช้าลง
- กัณหา :
- นักเรียน 3,4 : เร็วขึ้น 48 นาที
- นักเรียน 1,2,5 : ช้าลง 48 นาที
- ผู้วิจัย : ลองอธิบายโดยการสาธิตดูซิ
- นักเรียน 1,5 : สาธิตได้ถูกต้อง
- นักเรียน 2,3,4 : สาธิตได้ไม่ถูกต้อง

มโนมติด้านหน้าของดวงจันทร์

- ผู้วิจัย : ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลาใช่หรือไม่
- นักเรียน 1 : ใช่ (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : นักเรียนรู้ได้อย่างไร
- นักเรียน 1 : สังเกตจากกระต่ายบนดวงจันทร์
- นักเรียน 3 : เราเห็นกระต่ายบนดวงจันทร์ทุกคืน
- นักเรียน 5 : สังเกตจากกระต่ายในแบบจำลองหันเข้าหาโลกตลอดเวลา
- นักเรียน 2,4 : เหมือนกัน (เหมือนกับนักเรียน 5)
- ผู้วิจัย : อืม...แล้วเพราะเหตุใดดวงจันทร์จึงหันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา
- นักเรียน 3 : เพราะดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองใช้เวลาเท่ากับที่มันโคจรรอบโลก
- นักเรียน 4 : เพราะ ดวงจันทร์อยู่นิ่งไม่หมุน

- นักเรียน 5 : เพราะดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองใช้เวลาเท่ากับที่มันโคจรรอบโลก
- นักเรียน 1,2 : เหมือนกับนักเรียน 3,5
- ผู้วิจัย : ดวงจันทร์ใช้เวลาเท่าใดในการหมุนรอบตัวเองครบ 1 รอบ เทียบกับ
ดวงอาทิตย์
- นักเรียน 3 : 27 วันครึ่ง
- นักเรียน 4 : ประมาณ 30 วัน
- นักเรียน 5 : 29.5 วัน
- นักเรียน 2 : 30 วัน
- นักเรียน 1 : เหมือนกัน ประมาณ 30 วัน
- ผู้วิจัย : ลองสาธิตดูสิครับ
- นักเรียน : นักเรียนทุกคนช่วยกันสาธิตสาเหตุที่ทำให้ดวงจันทร์หันด้านเดิมเข้าหา
โลกตลอดเวลาได้ถูกต้อง
- ผู้วิจัย : ด้านไหนเป็นด้านมืด
- นักเรียน 1 : ด้านนี้ (นักเรียนชี้ด้านที่หันออกจากดวงอาทิตย์)
- นักเรียน 2 : เหมือนกัน
- ผู้วิจัย : ด้านไหนเป็นด้านสว่าง
- นักเรียน 4 : ด้านนี้ (นักเรียนชี้ด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์)
- ผู้วิจัย : ด้านไหนเรียกว่าด้านไกล
- นักเรียน 2,3,4,5 : ด้านนี้ (นักเรียนชี้ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับรูปกระต่ายซึ่งหันออกจากโลก)
- นักเรียน 1 : ด้านนี้ (นักเรียนชี้ด้านที่หันออกจากดวงอาทิตย์หรือด้านมืด)
- ผู้วิจัย : ด้านไหนเรียกว่าด้านใกล้
- นักเรียน 2,3,4,5 : ด้านนี้ (นักเรียนชี้ด้านที่เป็นรูปกระต่ายซึ่งหันเข้าหาโลก)
- นักเรียน 1 : ด้านนี้ (นักเรียนชี้ด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์หรือด้านสว่าง)
- ผู้วิจัย : ด้านไกลของดวงจันทร์มีตลอดเวลาหรือไม่
- นักเรียน 1 : มีตลอดเวลา
- นักเรียน 2,3,4,5 : ไม่ เพราะดวงจันทร์หมุนรอบตัวเอง
- ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่ากระต่ายบนดวงจันทร์หันหัวไปทางทิศไหน
- นักเรียน 1 : หยุดคิด แล้วตอบว่าทางทิศเหนือ
- นักเรียน 2 : ทิศเหนือ

- นักเรียน 3 : ทิศเหนือ
- นักเรียน 4 : ทิศเหนือ
- นักเรียน 5 : ทิศเหนือ
- ผู้วิจัย : แล้วส่วนหลังของกระดาษหันไปทางทิศไหน
- นักเรียน : ทางทิศตะวันตก (นักเรียนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : แล้วในวันขึ้น 15 ค่ำ ส่วนไหนของกระดาษที่โผล่ขึ้นจากขอบฟ้าเป็นลำดับแรก
- นักเรียน 5 : ส่วนหลัง
- นักเรียน 4 : ใบหู
- นักเรียน 3 : ขา
- นักเรียน 2 : ใบหูและส่วนหลัง
- นักเรียน 1 : ใบหูและส่วนหลัง
- ผู้วิจัย : นักเรียนลองสาธิตดูว่าในวันขึ้น 4 ค่ำส่วนไหนของกระดาษที่นักเรียนสามารถเห็นได้
- นักเรียน : นักเรียนทุกคนช่วยกันสาธิตได้ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 ถือไฟฉายนักเรียน 4 ถือลูกโลก และนักเรียน 5 ถือ ดวงจันทร์ไปวางท่ามุมประมาณ 45 กับดวงอาทิตย์ แล้วทุกคนก็ตอบเหมือนกันว่าเห็นส่วนหูและหลัง

มโนมติอุปราคา

- ผู้วิจัย : จันทรุปราคาเกิดจากอะไร
- นักเรียน 1,3,4 : โลกบังดวงจันทร์
- นักเรียน 2 : ดวงจันทร์เคลื่อนที่เข้าไปในเงาของโลก
- นักเรียน 5 : เงาของโลกบังดวงจันทร์
- ผู้วิจัย : สุริยุปราคาเกิดจากอะไร
- นักเรียน 5 : เงาของดวงจันทร์บังโลก
- นักเรียน 1,2,3,4 : ดวงจันทร์บังดวงอาทิตย์
- ผู้วิจัย : คนบนโลกจะเห็นสุริยุปราคาในเวลากลางวันหรือกลางคืน
- นักเรียน : กลางวัน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)

- ผู้วิจัย : จันทรุปราคาจะเห็นในเวลากลางวันหรือกลางคืน
- นักเรียน : กลางคืน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : สุริยุปราคาจะเกิดขึ้นในวันข้างขึ้นหรือข้างแรมกี่ค่ำ
- นักเรียน : แรม 15 ค่ำ (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : จันทรุปราคาจะเกิดขึ้นในวันข้างขึ้นหรือข้างแรมกี่ค่ำ
- นักเรียน : ขึ้น 15 ค่ำ (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : คนบนโลกที่อยู่ในเวลากลางวันจะเห็นสุริยุปราคาทุกคนหรือไม่
- นักเรียน : ไม่ (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : คนที่อยู่ตรงบริเวณไหนมองเห็น
- นักเรียน : ในเงาของดวงจันทร์ (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : คนที่อยู่ในเงามืดจะเห็นอย่างไร
- นักเรียน 2 : เต็มดวง
- นักเรียน 5 : สุริยุปราคาเต็มดวง
- นักเรียน 1,3,4 : เหมือนกัน
- ผู้วิจัย : คนที่อยู่ในเงามัวจะเห็นอย่างไร
- นักเรียน : สุริยุปราคาบางส่วน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : จันทรุปราคาจะคนที่อยู่ในบริเวณไหนมองเห็น
- นักเรียน 2 : ทุกคนที่อยู่ในเวลากลางคืน
- นักเรียน 1,3,4,5 : เหมือนกัน
- ผู้วิจัย : สุริยุปราคากับจันทรุปราคาที่เกิดขึ้นจะห่างกันกี่วัน
- นักเรียน : 15 วัน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : สุริยุปราคา 2 ครั้งที่เกิดขึ้นห่างกันเท่าใด
- นักเรียน : 6 เดือน (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : ดังนั้นใน 1 ปีจะเกิดสุริยุปราคากี่ครั้ง
- นักเรียน : 2 ครั้ง (ทุกคนตอบพร้อมกัน)
- ผู้วิจัย : แล้วทำไมมันไม่เกิดอุปราคาทุกเดือนครับ
- นักเรียน 3 : ดวงจันทร์มันเลื่อนตำแหน่งขึ้นลง
- ผู้วิจัย : ทำไมดวงจันทร์จึงเคลื่อนที่ขึ้นลง
- นักเรียน 1,2,5 : ระนาบวงโคจรของดวงจันทร์เอียง

- ผู้วิจัย : เทียบกับอะไรครับ
- นักเรียน 3 : ระนาบวงโคจรของโลก
- นักเรียน 1,2,4,5 : เหมือนกัน
- ผู้วิจัย : ลองสาธิตดูซิว่าทำไมไม่เกิดอุปราคาทุกเดือน
- นักเรียน : นักเรียนทุกคนช่วยกันสาธิตได้ถูกต้อง โดยนักเรียน 1 ถือไฟฉาย
 นักเรียน 2 ถือลูกโลก และนักเรียน 3 ถือ ดวงจันทร์ โดยนักเรียนคนที่ 3
 ถือดวงจันทร์ให้โคจรรอบโลกขึ้นสูงบ้างลงต่ำบ้าง ในขณะเดียวกัน
 นักเรียนคนที่ 2 ก็ทำให้โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ไปด้วย นักเรียน 4,5
 ก็ช่วยตรวจสอบความถูกต้อง



ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการเรียนรู้





ภาพประกอบ 18 นักเรียนกำลังศึกษามาตราส่วนระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์



ภาพประกอบ 19 นักเรียนกำลังสาธิตการเกิดกลางวันกลางคืน



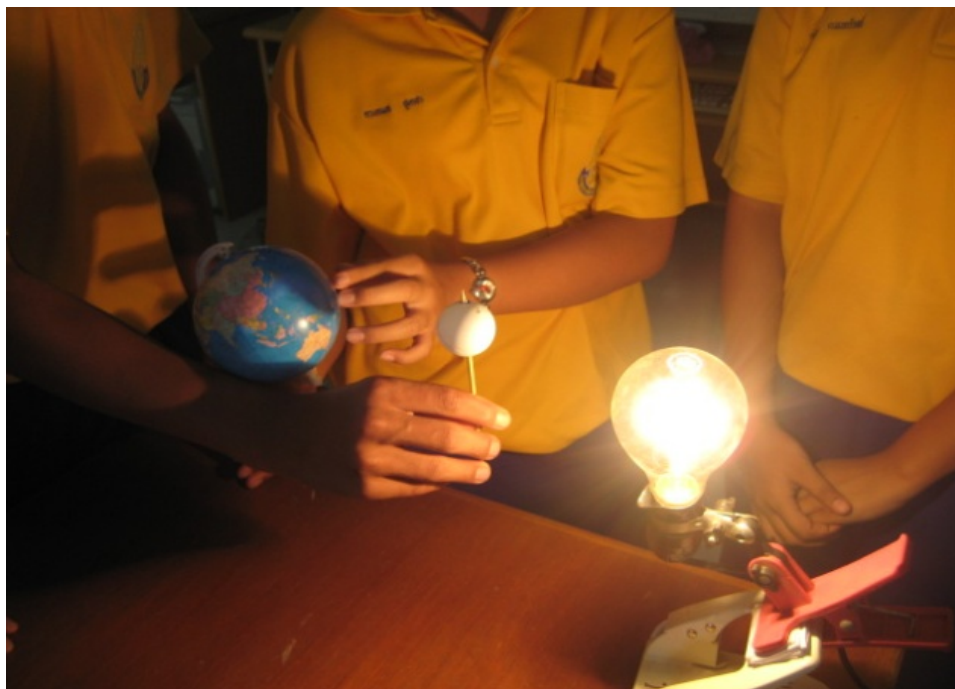
ภาพประกอบ 20 นักเรียนกำลังเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่ออธิบายการเกิดฤดูกาล



ภาพประกอบ 21 ครูกำลังแนะนำการเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องการเกิดช้างขึ้นช้างแรม



ภาพประกอบ 22 นักเรียนกำลังเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องด้านหน้าของดวงจันทร์



ภาพประกอบ 23 นักเรียนกำลังสาธิตการเกิดสุริยุปราคา



ภาพประกอบ 24 นักเรียนกำลังช่วยกันจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบาย



ภาพประกอบ 25 นักเรียนกำลังนำเสนอคำอธิบายของกลุ่มต่อสมาชิกในห้อง



ภาพประกอบ 26 นักเรียนกำลังทำแบบทดสอบหลังเรียน

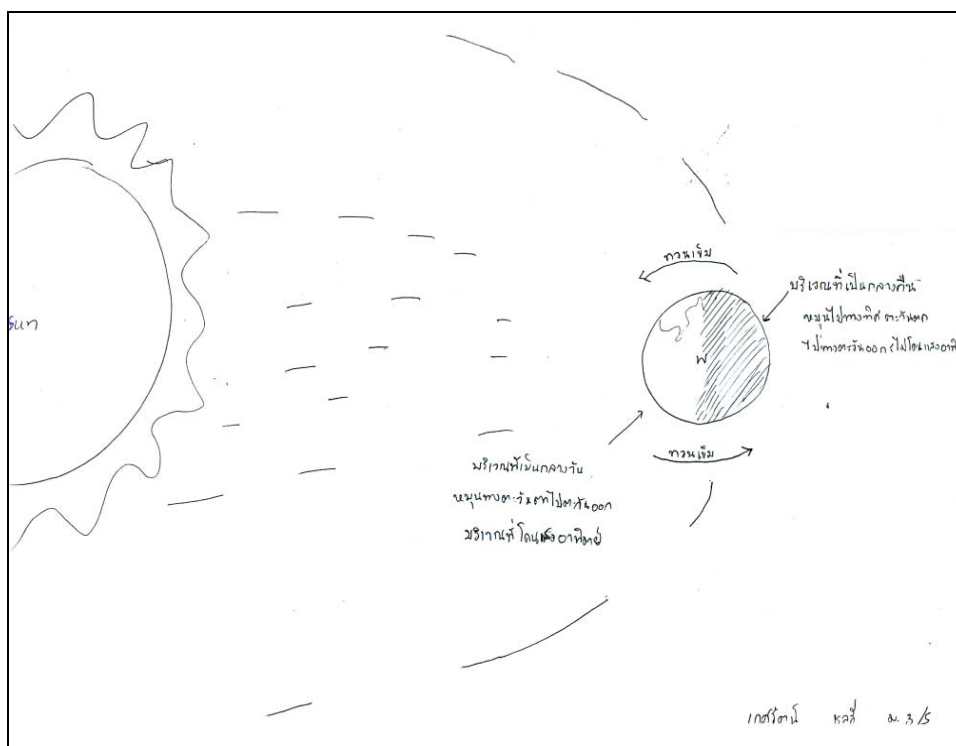
ภาคผนวก จ ตัวอย่างผลงานนักเรียน





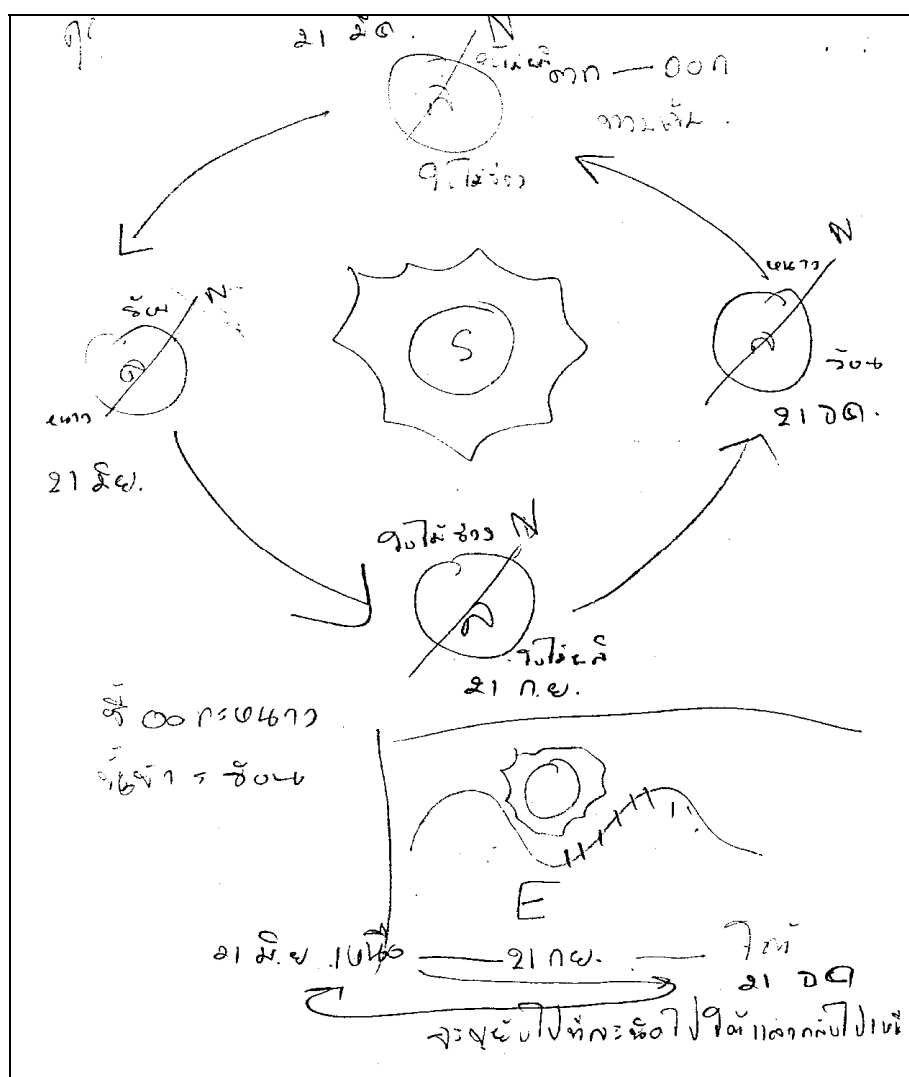
ภาพประกอบ 27 แสดงดวงอาทิตย์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อใช้มาตราส่วนเดียวกับโลกขนาด 2.5 เซนติเมตร

ความเห็นของผู้วิจัย : ดวงอาทิตย์ที่นักเรียนสร้างขึ้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
ประมาณ 2.7 เมตร ซึ่งนักเรียนสร้างได้ถูกต้องตามมาตราส่วนเดียวกับโลกขนาด 2.5
เซนติเมตร



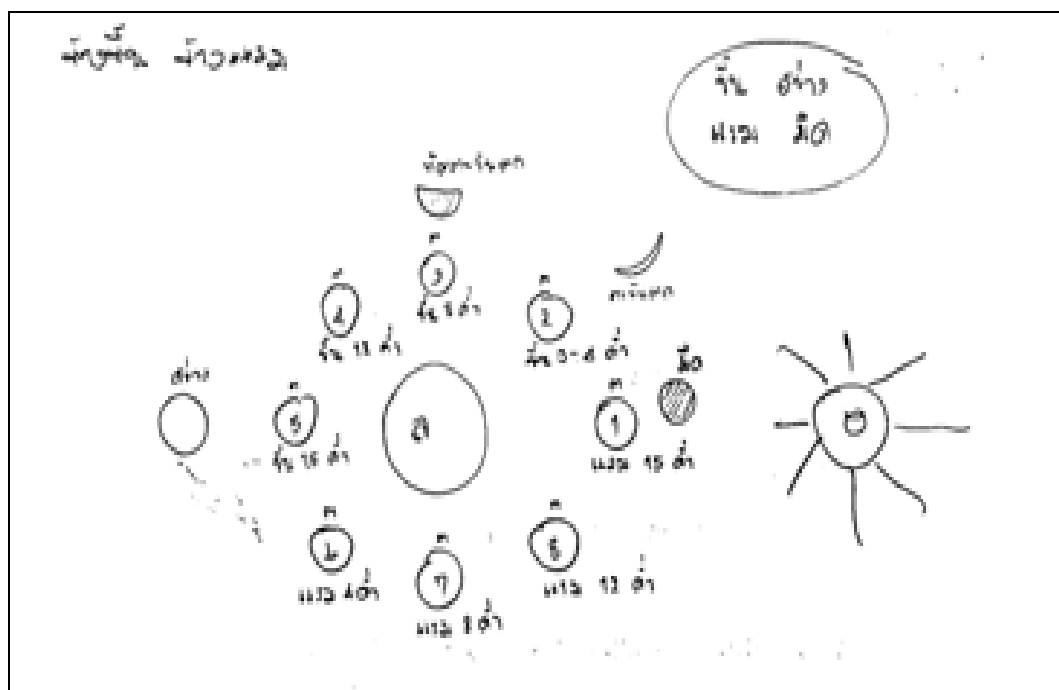
ภาพประกอบ 28 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดกลางวันกลางคืนของนักเรียน

ความเห็นของผู้วิจัย : ภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดกลางวันกลางคืนของนักเรียนมีความถูกต้อง กล่าวคือ กลางวันกลางคืนเกิดจากโลกหมุนรอบตัวเองในทิศทางเข็มนาฬิกา โดยโลกด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์เป็นเวลากลางวัน ส่วนโลกด้านที่หันออกจากดวงอาทิตย์เป็นเวลากลางคืน แต่สิ่งที่ยังไม่ถูกต้องคือแสงที่มาจากดวงอาทิตย์ต้องเป็นแสงขนาน



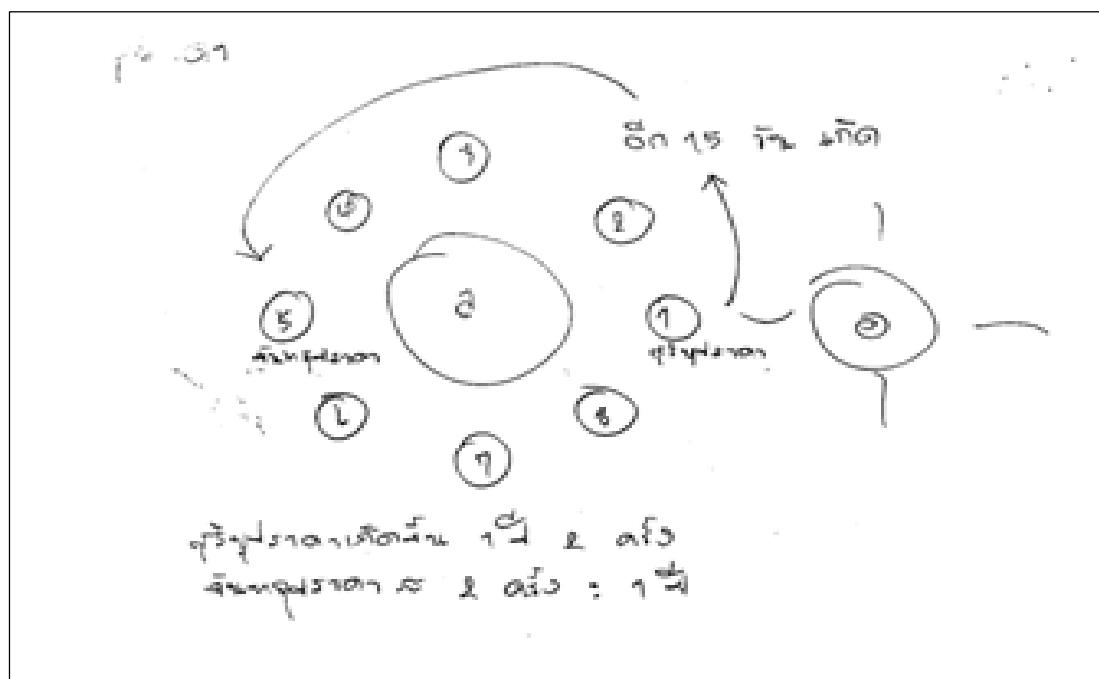
ภาพประกอบ 29 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดฤดูกาลของนักเรียน

ความเห็นของผู้วิจัย : ภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดฤดูกาลของนักเรียนมีความถูกต้อง กล่าวคือ ฤดูกาลเกิดจากแกนของโลกเอียงซึ่งตำแหน่งเดิมตลอดเวลาในขณะที่มันโคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้ซีกโลกเหนือเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ในเดือนมิถุนายนซีกโลกเหนือจึงเป็นฤดูร้อนและซีกโลกใต้เป็นฤดูหนาว ต่อมาในเดือนกันยายนแกนของโลกตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ทำให้ซีกโลกเหนือเป็นฤดูใบไม้ร่วง ส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูใบไม้ผลิ ต่อมาในเดือนธันวาคมซีกโลกเหนือเอียงออกจากดวงอาทิตย์และซีกโลกใต้เอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ทำให้ซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาวส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูร้อน ต่อมาในเดือนมีนาคมแกนของโลกตั้งฉากกับดวงอาทิตย์อีกครั้งหนึ่งทำให้ซีกโลกเหนือเป็นฤดูใบไม้ผลิ ส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูร้อน นอกจากนี้ตำแหน่งขึ้น-ตกของดวงอาทิตย์ก็มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี



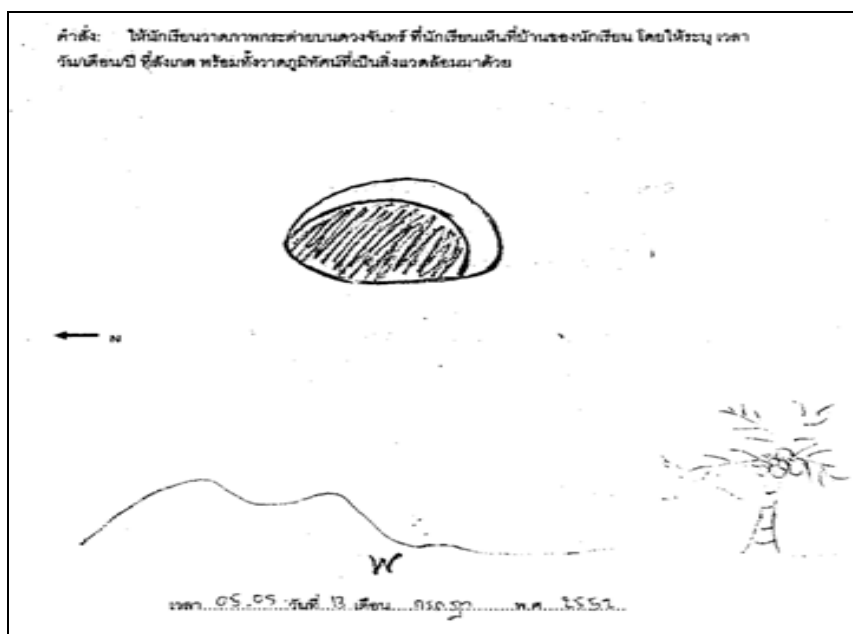
ภาพประกอบ 30 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดข้างขึ้นข้างแรมของนักเรียน

ความเห็นของผู้วิจัย : ภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดข้างขึ้นข้างแรมของนักเรียนมีความถูกต้อง กล่าวคือ ข้างขึ้นข้างแรมเกิดจากดวงจันทร์โคจรรอบโลก เมื่อดวงจันทร์อยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จะเป็นแรม 15 ค่ำ (มืดทั้งดวง) อีก 3 วันต่อมาดวงจันทร์จะปรากฏเป็นเสี้ยวทางทิศตะวันตก ซึ่งตรงกับขึ้น 3 ค่ำ ต่อมาเมื่อถึงวันขึ้น 8 ค่ำดวงจันทร์ก็จะสว่างครึ่งดวง ดวงจันทร์จะสว่างมากขึ้นในวันข้างขึ้นจนสว่างมากสุดในวันขึ้น 15 ค่ำ ที่ดวงจันทร์อยู่ตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ ตามภาพวาดของนักเรียนก็ยังไม่สมบูรณ์คือไม่ได้บอกทิศทางที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก และไม่แสดงรูปร่างของดวงจันทร์ในวันข้างแรม นอกจากนี้แสงที่มาจากดวงอาทิตย์ควรเป็นแสงขนาน



ภาพประกอบ 31 แสดงภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดอุปราคาของนักเรียน

ความเห็นของผู้วิจัย : ภาพวาดแบบจำลองแสดงการเกิดอุปราคาของนักเรียนมีความถูกต้องบางส่วน กล่าวคือ อุปราคาเกิดขึ้นเมื่อ โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยสุริยุปราคาเกิดขึ้นเมื่อดวงจันทร์อยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ส่วนจันทรุปราคาเกิดขึ้นเมื่อโลกอยู่ระหว่างดวงจันทร์กับดวงอาทิตย์ และสุริยุปราคากับจันทรุปราคาที่ติดกันจะเกิดขึ้นห่างกัน 15 วัน ส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์คือแบบจำลองของนักเรียนไม่ได้แสดงให้เห็นว่าใน 1 ปีเกิดอุปราคา 2 ครั้ง ห่างกันประมาณ 6 เดือน



ภาพประกอบ 32 แสดงภาพวาดกระท่ายบนดวงจันทร์ในคืนแรม 5 ค่ำที่บ้านของนักเรียน

ความเห็นของผู้วิจัย: ภาพวาดแสดงรูปร่างของดวงจันทร์ในวันแรม 5 ค่ำ เวลา 05.05 น. ของนักเรียนมีความถูกต้อง กล่าวคือ จะเห็นเพียงส่วนท้องของกระท่าย (แรงาสีดำ) ซึ่งหันไปทางทิศตะวันออก และในเวลาดังกล่าวนักเรียนจะเห็นดวงจันทร์อยู่สูงจากขอบฟ้าทางทิศตะวันตก แต่ภาพวาดของนักเรียนยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ใส่มุมที่ดวงจันทร์อยู่สูงจากขอบฟ้าทิศตะวันตก



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อชื่อสกุล	นายสุวิทย์ คงภักดี
วันเดือนปีเกิด	15 มกราคม 2522
สถานที่เกิด	ตำบล เพขลา อำเภอลองท่อม จังหวัด กระบี่
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	44 ม. 3 ต. เพขลา อ. คลองท่อม จ. กระบี่ 81120
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2534	ประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านพรุเตย จ. กระบี่
พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนคลองท่อมราชานุวัตรรังสรรค์ จ. กระบี่
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยตรัง จ. ตรัง
พ.ศ. 2544	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
พ.ศ. 2547	ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
พ.ศ. 2552	การศึกษาคณะบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ