

การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวพจนา โพธิ์นิล

วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ.2568

การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวพจนา โพธิ์นิล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ.2568

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



ใบอนุมัติวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นางสาวพจนา โพธิ์นิล แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(อาจารย์อนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษกนก ดวงชาทม)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....ปี.....

ชื่อเรื่อง	:	การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	:	นางสาวพจนา โพธิ์นิล
ปริญญา	:	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้
ปีที่สำเร็จการศึกษา	:	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตำบลแวงน่าง อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 10 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 11 แผน เวลา 22 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.88-4.91 ($S.D.$=0.27–0.29) ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด 2) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ใช้วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังจากจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ มีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ มีความเที่ยงตรงโดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในระหว่าง 0.89-1.00 มีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.36-0.50 มีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.61-0.93 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86 และมีค่าดัชนีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนเท่ากับ 0.93 และ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) และค่าร้อยละ (%) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และ ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ระดับปานกลางจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และระดับต่ำจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็น

ร้อยละ 80 และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีมากจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ระดับดีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ระดับปานกลางจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ระดับต่ำจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และระดับต่ำมาก จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีมากจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ระดับดีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และระดับปานกลางจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาตร์เพิ่มขึ้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งและมีการพัฒนาองค์ประกอบของการโต้แย้งเพิ่มขึ้นในทุกองค์ประกอบ

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง, การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์, การวิจัยเชิงปฏิบัติการ, พันธะเคมี

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

_____อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Title	:	Enhancing Scientific Argumentation Skills in Chemistry on the Topic of Chemical Bonding through Argument-Driven Inquiry of Grade 10 Students
Author	:	Miss Potjana Ponil
Degree	:	Master of Education (Science Education) Rajabhat Mahasarakham University, Thailand.
Advisors	:	Assistant Professor Dr. Panwilai Dokmai
Year	:	2025

ABSTRACT

This research aimed to develop the scientific argumentation skills of Grade 10 students on the topic of chemical bonding through argument-driven Inquiry. The action research study was conducted with the target group of 10 Grade 10 students from Mueang Mahawichanukool School, Maha Sarakham Province. The participants were enrolled in the first semester of the 2024 academic year. The research tools were: 1) Argument-driven inquiry lesson plans on the topic of chemical bonding, consisting of 11 plans with duration time of 22 hours, The lesson plans had indicated at high appropriate level, with mean scores ranging from 4.88 to 4.91 ($S.D.$=0.27–0.29); 2) Scientific argumentation skills subjective test consisted of three scenarios, with three questions provided for each scenario, to assess students' argumentation skills after each operational cycle. The test had IOC validity ranging from 0.89 to 1.00, difficulty ranging from 0.36 to 0.50, discrimination index from 0.61 to 0.93, and reliability of 0.86 and rater agreement index (RAI) was 0.93; and 3) Observation form for scientific argumentation behavior observation. The quantitative data were analyzed by mean ($\overline{X}$), standard deviation ($S.D.$) and percentage (%). The qualitative data was analyzed through content analysis.

The research results found that on the first operational cycle, 70% of the students met the moderate-level criteria, and 30% did not. Students' scientific argumentation skill levels were as follows: two students (20%) had scientific argumentation skills at a good level, five students (50%) at a moderate level, and

three students (30%) at a low level. The second operational cycle, 80% of the students met the moderate-level criterion, and 20% did not. Students' skill levels were as follows: two students (20%) at a very good level, two students (20%) at a good level, four students (40%) at a moderate level, one student (10%) at a low level, and one student (10%) at a very low level. The third operational cycle, 100% of the students met the moderate-level criterion. Students' skill levels were as follows: three students (30%) at a very good level, one student (10%) at a good level, and six students (60%) at a moderate level. These findings indicate that students' scientific argumentation skills have improved after the instruction using argument-driven inquiry approach, with progressive development observed in all components of scientific argumentation.

Keywords: Argument Driven Inquiry, Scientific Argumentation, Action Research, Chemical Bonding

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

_____Major Adviser

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้มอบความรู้ คำแนะนำ และกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียดถี่ถ้วน รวมถึงให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง, รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนัด, อาจารย์ ดร.รัตติกาล สารกอง และนายอาพินันท์ วรธิพรหมมา ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการและครูโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล หรือให้การสนับสนุนด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือข้าพเจ้าในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุนส่งเสริม และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอมอบความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แด่ทุกท่าน

นางสาวพจนา โพธิ์นิล

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 4
1.3 ขอบเขตการวิจัย 5
1.4 นิยามคำศัพท์ 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 8
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 8
2.2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ 21
2.3 การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 27
2.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 32
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 71
2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย 79
บทที่ 3 วิธีดำเนินวิจัย 80
3.1 กลุ่มเป้าหมาย 80
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 81
3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 82
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 94

หัวเรื่อง **หน้า**

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 98
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 99
บทที่ 4 ผลการวิจัย 103
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิจัย 103
4.2 ลำดับการนำเสนอผลการวิจัย 103
4.3 ผลการวิจัย 104
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 152
5.1 สรุป 152
5.2 อภิปรายผล 153
5.3 ข้อเสนอแนะ 159
บรรณานุกรม 161
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 170
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 175
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 193
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ 199
การเผยแพร่ผลงานวิจัย 208
ประวัติผู้วิจัย 209

MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พันธะเคมี 19
2.2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 41
2.3 บทบาทครูที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับการจัดการเรียนแบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 43
2.4 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Lin and Minzes (2010) 53
2.5 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Amielia, Suciati and Maridi (2018) ที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik (2011) 55
2.6 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Effendi-Hasibuan (2020) 56
2.7 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559) 57
2.8 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม (2561) 58
2.9 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ เมธานนท์ สง่าชาติ และคณะ (2561) 59
2.10 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 60
2.11 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ 63
2.12 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ 64
3.1 ผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 81
3.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี 83
3.3 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 84

ตารางที่ **หน้า**

3.4 การวิเคราะห์แบบวัดให้สอดคล้องกับองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 90
3.5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 90
3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย 97
4.1 ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 117
4.2 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 118
4.3 ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 133
4.4 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาวงจรปฏิบัติการที่ 2 134
4.5 ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 146
4.6 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาวงจรปฏิบัติการที่ 3 147
4.7 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 149

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินการโต้แย้งแบบวิทยาศาสตร์ของ Sampson (2012) 39
2.2 กรอบแนวคิดการวิจัย 79
4.1 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 109
4.2 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 111
4.3 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 114
4.4 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 116
4.5 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16 126
4.6 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17 128
4.7 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18 130
4.8 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19 132
4.9 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 20 141
4.10 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 143
4.11 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 145
4.12 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 149
4.13 ผลการพัฒนาองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 150

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็วของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิตผู้คนในสังคมหลายด้าน ซึ่งการศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาคุณภาพทรัพยากรบุคคล ในการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องเตรียมและผลิตทรัพยากรบุคคลที่มีคุณภาพสูงและมีทักษะหรือสมรรถนะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ทั้งนี้แผนพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2566-2570 ได้ระบุทักษะในศตวรรษที่ 21 สำคัญคือ 3Rs และ 8Cs (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2565) และมาตรฐานการศึกษาของชาติ 2561 ได้กำหนดคุณลักษณะที่คาดหวังหลังสำเร็จการศึกษาแต่ละระดับ โดยมุ่งหวังให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้ มีความสามารถที่เกิดจากความรู้หลากหลายด้าน เป็นผู้ที่สามารถสร้างนวัตกรรมและเป็นพลเมืองที่แข็งแกร่ง มีความยุติธรรม ความเท่าเทียม ความเสมอภาค และสามารถอยู่ร่วมกันในสังคมไทยและในประชาคมโลกอย่างสันติสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2561) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการสื่อสาร แลกเปลี่ยนความคิดของตนเองกับผู้อื่น การเลือกรับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง มีความสามารถในการคิดตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีการตัดสินใจโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ในยุคดิจิทัลที่ข้อมูลข่าวสารแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว โฆษณาชวนเชื่อต่าง ๆ ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล มีการหาหลักฐานที่น่าเชื่อถือประกอบการคิด จนนำไปสู่การตัดสินใจต่าง ๆ อย่างรอบคอบอยู่บนพื้นของเหตุผลและหลักฐาน ตามหลักวิทยาศาสตร์นั้นต้องใช้หลักการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการพิจารณา (เอกภูมิ จันทรขันตี, 2559) ซึ่งการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการพิสูจน์ข้อกล่าวอ้าง ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและนำเสนอข้อโต้แย้งตามหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างหรือสมมติฐานนั้น (Erduran, 2019) ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Lin and Mintzes, 2010) การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นกระบวนที่สำคัญสำหรับนักเรียน เนื่องจากช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะ

การแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีม ช่วยให้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้นและปลูกฝังนิสัยการคิดเหมือนนักวิทยาศาสตร์ (Özelma and Seyhan, 2022) นอกจากนี้ยังพัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและทักษะการสื่อสารระหว่างบุคคล การโต้แย้งไม่เพียงแต่ให้โอกาสแก่นักเรียนในการแบ่งปันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองกับผู้อื่นเท่านั้น แต่ยังให้เห็นมุมมองที่แตกต่างของผู้อื่นผ่านกระบวนการโต้แย้ง (Celep, 2015) การส่งเสริมทักษะการโต้แย้งไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสื่อสาร และความสามารถในการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน (เอกภูมิ จันทรขันตี, 2559) นอกจากนี้แล้วการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นอีกหนึ่งทักษะที่สามารถนำมาใช้พัฒนาทักษะอื่น ๆ ทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์ จำแนกข้อเท็จจริงและความคิดเห็น การส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม พัฒนาทักษะการสื่อสาร ปลูกฝังความเป็นพลเมืองที่รู้เท่าทันและพัฒนาคุณภาพการศึกษาซึ่งทักษะนี้จำเป็นต่อการทำงานในศตวรรษที่ 21 และช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในชีวิตเป็นพลเมืองที่รู้เท่าทัน สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ และมีส่วนร่วมในสังคมอย่างสร้างสรรค์ (วนิดา ผาระนัด และประสาท เนืองเฉลิม, 2561)

จากการศึกษาขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) โดยเป็นข้อมูลที่เผยความสามารถในการรับมือกับข่าวปลอม (Fake News) และข้อมูลข่าวสารอันเป็นเท็จ ของเด็กอายุ 15 ปี จาก 77 ประเทศทั่วโลก พบว่า เด็กไทยอยู่อันในลำดับรั้งท้ายที่ 76 จาก 77 ประเทศ แสดงให้เห็นว่าเด็กไทยมีศักยภาพในการกรองข่าวปลอมที่ต่ำมาก (OECD, 2021) เป็นผลมาจากการที่เด็กไทยขาดทักษะในการคิดเชิงวิพากษ์ ซึ่งช่วยในการแยกแยะข้อมูลที่ถูกต้องจากข้อมูลที่ผิดพลาด ที่เปรียบเสมือนเข็มทิศนำทาง ช่วยให้สามารถกลั่นกรองข้อมูลที่ได้รับ มุ่งเน้นไปที่ข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็นที่น่าเชื่อถือ และละเลยข้อมูลที่ขาดหลักฐานสนับสนุนหรือมีเจตนาบิดเบือน ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่พบจากการติดตามการสอดคล้องประเมินตนเองของโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่พบว่า นักเรียนบางคนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและการคิดเชิงวิพากษ์ (โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล, 2565) สอดคล้องกับผลการการสังเกตและทดลองสอนผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการโต้แย้ง การให้เหตุผลและการให้หลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือซึ่งเป็นพื้นฐานของทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ คือ มีการคิดวิเคราะห์และใช้วิจารญาณเพื่อให้เข้าใจและแก้ไขปัญหาโดยใช้ตรรกะเหตุผล และกระบวนการตัดสินใจหรือสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างมีเหตุผลและเชื่อถือได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียน 10 คน พบว่า มีความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระดับดี 1 คน ระดับปานกลาง 4 คน ระดับต่ำ 4 คน และระดับต่ำมาก 1 คน แสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดทักษะการโต้แย้งเป็นส่วนมากและหากมองลงถึงองค์ประกอบการโต้แย้งพบว่า

นักเรียนขาดความสามารถในการให้เหตุผลและการให้หลักฐาน การโต้แย้งและการให้เหตุผลในการโต้แย้งกลับ ซึ่งเป็นผลมาจากการขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ร่วมด้วย

แนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาได้ดีขึ้นและนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือสรุปเนื้อหาโดยใช้หลักฐานและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบเปิด (ศุทธินี มณีทัพ และสุภกร หาญสูงเนิน, 2566) การจัดการเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ไม่เป็นทางการ และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Amelia, Asrial and Effendi-Hasibuan, 2020) จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งในการพัฒนาความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างข้อโต้แย้ง การตรวจสอบหลักฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการสืบเสาะค้นคว้าหาหลักฐานเพื่อใช้ในการสร้างโต้แย้งและสรุปข้อมูล (ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี, 2562) ซึ่งมีความเหมาะสมกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเปิดที่ไม่ได้มีขั้นตอนการโต้แย้งที่เฉพาะเจาะจง นักเรียนไม่ได้ฝึกการโต้แย้งอย่างเต็มที่และไม่มีการเขียนรายงานการตรวจสอบการโต้แย้ง และยังเหมาะสมกว่าการจัดการเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ไม่เป็นทางการ ซึ่งมีลักษณะเป็นกิจกรรมแบบร่วมมือที่เน้นให้นักเรียนแบ่งปันข้อมูลหรือสื่อสารกันในกลุ่ม ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อฝึกทักษะการโต้แย้งโดยตรง ไม่มีช่วงโต้แย้งระหว่างกลุ่มอย่างมีเป้าหมายและมีขั้นตอนซับซ้อนใช้เวลามาก ส่งผลให้นักเรียนบางส่วนไม่สามารถสร้างข้อโต้แย้งได้ครบถ้วนเห็นได้จากงานวิจัยของ Effendi-Hasibuan, Bakar and Harizon (2020) ได้เปรียบความสามารถในการโต้แย้งของการจัดการเรียนรู้สามแบบคือ การจัดการเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ไม่เป็นทางการ และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งมากที่สุด

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั่วไปที่ไม่ได้ออกแบบให้มีขั้นตอนในการโต้แย้งโดยเฉพาะนั้น ทำให้ความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร ต่างจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีขั้นตอนการโต้แย้งโดยเฉพาะซึ่งส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งได้ดีกว่าการสอนแบบทั่วไป การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการสอนทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างข้อโต้แย้ง การตรวจสอบหลักฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการสืบเสาะ ค้นคว้าหาหลักฐานเพื่อใช้ในการสร้างโต้แย้งและสรุปข้อมูล (ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี, 2562) ซึ่งในการเรียนการสอนวิชาเคมีเป็นวิชาที่มีความเจาะจงในเนื้อหา

ซึ่งส่วนใหญ่นั้นอยู่ในระดับจุลภาคคือ มีปรากฏการณ์เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถสังเกตเห็นหรือสัมผัสได้ มีเนื้อหาที่ซับซ้อน และต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องในหลายเรื่องมาเชื่อมโยงกันส่งผลให้ยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งการสอนในห้องเรียนเน้นบรรยายเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้นักเรียนไม่ค่อยมีโอกาสได้คิดและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่หลากหลายเข้ากันได้ (พิมพ์ผกา คำอาจ, 2565) พันธะเคมีเป็นเนื้อหาหลักที่สำคัญในวิชาเคมี ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของสสาร ปฏิกิริยาเคมี และสมบัติของธาตุต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเนื้อหามีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม นักเรียนจำนวนมากจึงประสบปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดเชิงลึก การใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอข้อกล่าวอ้าง ใช้หลักฐาน และให้เหตุผลอย่างมีตรรกะอันนำไปสู่การตั้งคำถาม แก้ไขความเข้าใจผิด และการอธิบายแนวคิดด้วยภาษาของตนเอง อีกทั้งยังส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น และพัฒนาความเข้าใจร่วมกัน ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Walker and Sampson (2013) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งช่วยเสริมสร้างความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงวิพากษ์ ผ่านกระบวนการออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสร้างข้อโต้แย้งจากหลักฐาน ทั้งยังสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ซึ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการสืบค้น การอภิปราย และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยเฉพาะในเนื้อหาที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม เช่น วิชาเคมี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการคิดอย่างมีเหตุผล จำแนกข้อเท็จจริงจากความคิดเห็น ประเมินข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณ และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลางขึ้นไป

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

1.3.1 ขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตำบลแวงน่าง อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 10 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับปานกลาง

1.3.2 ขอบเขตตัวแปรที่ศึกษา

1.3.2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

1.3.2.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1.3.3 ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ตามมาตรฐานและผลการเรียนรู้ พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยที่ 3 เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 22 ชั่วโมง โดยจัดการเรียนการสอนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง ซึ่งมีเนื้อหาย่อยประกอบด้วย

1.3.3.1 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและกฎออกเตต จำนวน 2 ชั่วโมง

1.3.3.2 พันธะไอออนิก จำนวน 6 ชั่วโมง

1.3.3.3 พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 12 ชั่วโมง

1.3.3.4 พันธะโลหะ การใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ จำนวน 2 ชั่วโมง

1.3.4 ขอบเขตสถานที่

โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

1.3.5 ขอบเขตระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

1.4 นิยามคำศัพท์

"การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง" หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบดำเนินการ วิเคราะห์ และโต้แย้งเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการสร้างและตรวจสอบความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนเป็นผู้ขับเคลื่อนการเรียนรู้ โดยตั้งคำถาม ออกแบบและดำเนินการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง มีการใช้หลักฐานและเหตุผล เพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของตน และโต้แย้งกับผู้อื่นเพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุด ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์ และทักษะการสื่อสาร การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน คือ

1. การระบุงาน เป็นการแนะนำหัวข้อที่จะศึกษา เชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ของนักเรียนและสร้างความสนใจแก่นักเรียน มีการกำหนดปัญหาและหัวข้อที่จะต้องศึกษา

2. การรวบรวมข้อมูล นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มเพื่อออกแบบการทดลอง หรือทำการสืบเสาะหาความรู้ เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและสืบเสาะ

3. การสร้างข้อโต้แย้ง นักเรียนจะเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ มีการแลกเปลี่ยนความคิดและร่วมมือกันแก้ปัญหาในกลุ่ม สามารถให้เหตุผลโดยให้คำอธิบายที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานที่ใช้ว่ามีความถูกต้องหรือสอดคล้องกับข้อมูลหรือไม่

4. กิจกรรมการโต้แย้ง การเสนอ สนับสนุน วิจารณ์ คำอธิบายและความคิดเห็นของตนผ่านการนำเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน การอภิปรายช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายและให้เหตุผลถึงการโต้แย้งที่สร้างขึ้น และเพื่อให้นักเรียนสามารถโต้แย้งความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นที่พิจารณาแล้วว่าไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. การเขียนรายงานการตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเขียนอธิบายผลลัพธ์ของการค้นคว้าในรูปแบบของรายงานหรือแบบบันทึก เพื่อให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดของตัวเองได้อย่างชัดเจนและกระชับ องค์ประกอบของรายงานได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

6. การประเมินโดยเพื่อน นักเรียนประเมินรายงานของเพื่อน และตัดสินใจว่ารายงานนั้นเป็นที่ยอมรับหรือต้องการแก้ไขตามเกณฑ์ที่แนบมาในแบบประเมินหรือไม่โดยไม่มีการระบุผู้ตรวจเป็นส่วนหนึ่งในการทบทวนความรู้

7. การแก้ไขรายงาน ขั้นตอนที่นักเรียนเขียนหรือแก้ไขรายงานใหม่ตามคำแนะนำของผู้ตรวจทานจากนั้นส่งรายงานที่แก้ไขให้ครูตรวจอีกครั้ง

8. การอภิปรายสะท้อนความคิด สรุปผลลัพธ์ของการค้นคว้าและแนวคิดที่ได้จากการสืบเสาะหรือทดลองที่มีความถูกต้องตามแนวคิดทฤษฎีและกฎ

“ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์” หมายถึง กระบวนการที่บุคคลใช้หลักฐานและเหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ เป็นการอภิปรายและวิเคราะห์ข้อเท็จจริงและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การประเมิน

ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง เป็นคำตอบหรือความคิดที่นักเรียนต้องการสนับสนุนเป็นการนำเสนอผลลัพธ์จากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง หรือความคิดเห็นต่อประเด็นที่กำลังพิจารณา

2. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การใช้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง และสนับสนุนให้ข้อกล่าวอ้างนั้นมีความน่าเชื่อถือ โดยเหตุผลนี้อาจถูกโต้แย้งหรือคัดค้านได้

3. การใช้หลักฐาน เป็นข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ได้มาจากการสำรวจ ตรวจสอบ หรือการทดลอง ใช้เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อให้เกิดความเชื่อถือในข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างนั้น

4. การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป เป็นการนำเสนอข้อโต้แย้งที่ตรงข้ามกับข้อกล่าวอ้างที่ได้เสนอไว้ในเบื้องต้น โดยการนำเสนอเหตุผลจากมุมมองที่แตกต่างซึ่งอาจไม่ได้ถูกพิจารณาหรือกล่าวถึงในครั้งแรก การกระทำเช่นนี้ทำให้ข้อกล่าวอ้างเดิมมีความน่าเชื่อถือลดลง กระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาข้อผิดพลาดและปรับปรุงข้อกล่าวอ้างที่ได้เสนอไว้ก่อนหน้านี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5. เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ การเสนอเหตุผลเพิ่มเติมจากข้อกล่าวอ้างเดิม การโต้แย้งมีไว้เพื่อลดความเชื่อถือของข้อโต้แย้งนั้นลง โดยการนำเสนอหลักฐานและเหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการสนับสนุนเดิม การเสนอเหตุผลเสริมเหล่านี้ควรสามารถทำให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปมีความน่าเชื่อถือลดลงได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นแนวทางให้กับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และนักการศึกษาในการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปใช้ในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1.5.2 เป็นแนวทางให้กับครูและนักการศึกษาในการนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปประยุกต์ใช้กับการการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และรายวิชาอื่น ๆ เช่น รายวิชาคณิตศาสตร์

1.5.3 เป็นแนวทางให้กับครูและนักการศึกษาในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งและการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาเคมีและรายวิชาอื่น ๆ

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
3. การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดการวิจัย

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.1.1 วิสัยทัศน์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุขมีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2.1.2 หลักการหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.3 ความสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในสังคมในปัจจุบันและอนาคต เพราะมันเกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวันและอาชีพต่าง ๆ พร้อมทั้งเทคโนโลยี อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้ชีวิตและทำงาน สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับจินตนาการและความรู้ในด้านอื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาวิธีการคิดของมนุษย์ รวมถึงการคิดเชิงเหตุผล การสร้างสรรค์ การวิเคราะห์และการวิจารณ์ ซึ่งมีความสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ และการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ ยังสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและหลักฐานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมในโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมที่เน้นการเรียนรู้ ดังนั้น ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ได้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.4 เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.1.5 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1. สาระการเรียนรู้พื้นฐานแบ่งเป็น 4 สาระ

1.1 สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.3 สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1.4 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

2. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม 4 สาระ

2.1 สาระที่ 1 ชีววิทยา

เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพโครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตกล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และ อนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

2.2 สาระที่ 2 เคมี

เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมี และสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2.3 สาระที่ 3 ฟิสิกส์

เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์แรงและการเคลื่อนที่และพลังงาน

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดิส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์

ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.4 สาระที่ 4 โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ

เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลม ฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะรวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

2.1.6 คุณภาพของนักเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดคุณภาพของนักเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

1. เข้าใจการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์กลไกการรักษาดุลยภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2. เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

3. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม สมบัติบางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ

ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมีโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเขียนสมการเคมี

4. เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่ง ผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

5. เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สีกับการมองเห็นสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6. เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน สาเหตุกระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

7. เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิส ที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรและผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

8. เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิ๊กแบง ประเภทของกาแล็กซีโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดและการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ความสัมพันธ์ระหว่างสีอุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

9. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

10. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษา

ค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

11. วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

12. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

13. แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

14. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

15. ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

17. วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อนการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะ ทรัพยากรเพื่อออกแบบสร้างหรือพัฒนาผลงานสำหรับ

แก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

18. ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่นมาประยุกต์ใช้สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม

2.1.7 คำอธิบายรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำอธิบายรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลาเรียนทั้งหมด 40 ชั่วโมง จำนวน 1.0 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ระบุว่า การวางแผนการทดลองและรายงานการทดลอง ข้อปฏิบัติเบื้องต้นและปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ เลือกและใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการและวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย ใช้ประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์และวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ ความหมายของไอโซโทป การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ การยกตัวอย่างนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกโดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส สูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก สมบัติของสารประกอบไอออนิก สมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามด้วยโครงสร้างลิวอิส สูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ การเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ คำนวณ วิเคราะห์ คาดคะเน เปรียบเทียบและระบุ หมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะและกึ่งโลหะ ของธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ แนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ สมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชันกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟ ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี พลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้งพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และจุดหลอมเหลว จุดเดือด และ

การละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ สมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ และตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ

โดยใช้การสังเกต การอภิปราย การอธิบาย การโต้แย้ง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การจำแนกประเภท การแก้ปัญหา ทำงานเป็นกลุ่ม มีคุณธรรม จริยธรรม มีความรู้และประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนพื้นฐานปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีความพร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียน

2.1.8 ผลการเรียนรู้รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ได้กำหนดผลการเรียนรู้ ดังนี้

1. บอกและอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

2. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

3. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง

4. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

5. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

6. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป

7. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ

8. ระบุหมู่คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ

9. วิเคราะห์และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ

10. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟ

11. อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี

12. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

13. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส

14. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

15. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์

16. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก

17. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

18. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส

19. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

20. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ

21. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

22. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวจุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์

23. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ

24. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ

25. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม

2.1.9 โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดโครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พันธะเคมี โดยมีผลการเรียนรู้ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พันธะเคมี

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้ /สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จำนวน (ชั่วโมง)
3	พันธะเคมี		
	พันธะไอออนิก	- อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกโดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส - เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก - คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์	8

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้ /สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จำนวน (ชั่วโมง)
		- อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก - เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ	
	พันธะโคเวเลนซ์	- อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส - เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ - วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ - คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ - ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือดและการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ - สืบค้นข้อมูลและอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่างๆ	12
	พันธะโลหะ การใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ	- อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ - เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะได้อย่างเหมาะสม	2
		รวม	22

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้วิจัยได้นำเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พันธะเคมี เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

2.2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

2.2.1 ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

Kemmis and McTaggart (1988) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การผสาน "การลงมือทำ" เข้ากับ "การวิจัย" เปรียบเสมือนสะพานเชื่อม "แนวคิด" สู่การ "ลงมือทำจริง" เพื่อพัฒนาการศึกษาให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนซึ่งมีประโยชน์ต่อการพัฒนาการสอน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการวิจัย และทักษะการทำงานร่วมกัน

Johnson (2012) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติ คือ กระบวนการศึกษาสถานการณ์ในโรงเรียน ห้องเรียน หรือการเรียนการสอน เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงคุณภาพของการกระทำหรือการสอน ซึ่งถือเป็นรูปแบบขั้นสูงสุดของการสะท้อนตนเองของครู

Lufungulo, Mambwe and Kalinde (2021) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติ คือ กระบวนการศึกษาเชิงพัฒนาที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหา พัฒนาการปฏิบัติ และสร้างการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก มักดำเนินการโดยครู ผู้บริหาร หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทางการศึกษา โดยมีลักษณะเป็นกระบวนการแบบวนรอบหรือเป็นเกลียว

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติ คือ การวิจัยที่มีวิธีการศึกษาเพื่อค้นหาข้อเท็จจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป้าหมายหลักคือเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปแก้ปัญหาที่พบเจอในงานที่รับผิดชอบ ทั้งด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผล ผู้วิจัยสามารถทำการวิจัยซ้ำ ๆ ได้จนกว่าผลลัพธ์ของงานจะบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้สำเร็จ

จากความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการข้างต้น สรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการผสาน "การลงมือทำ" เข้ากับ "การวิจัย" มุ่งเน้นการพัฒนาการศึกษา แก้ปัญหา พัฒนาการปฏิบัติ และสร้างการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับครู ผู้บริหาร และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสถานศึกษา ช่วยให้พัฒนาคุณภาพการศึกษาและบรรลุเป้าหมายการศึกษาอย่างยั่งยืน

2.2.2 จุดมุ่งหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงจุดมุ่งหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

Lesha (2014) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การพัฒนาการสอนของครูผ่านการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบในบริบทจริง เพื่อให้การเรียนการสอนมีคุณภาพสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งยังส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนและการเติบโตทางวิชาชีพของครูโดยการศึกษาผลของการสอนในบริบทจริง แก้ปัญหาในชั้นเรียน ส่งเสริมการพัฒนาอย่างมืออาชีพและเชื่อมโยงทฤษฎีให้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริง

Oranga and Gisore (2023) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การสร้างองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อนักเรียน ครู โรงเรียน ผู้บริหาร และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในวงการศึกษาอื่น ๆ นอกจากนี้ วิธีการ ในการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการด้านการศึกษานั้นมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับประเด็นและหัวข้อที่สนใจ โดยวิธีการเหล่านี้จะถูกกำหนดโดยบริบท ประสบการณ์ และอัตลักษณ์ทางวิชาชีพของผู้วิจัยเอง

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การมุ่งเน้นการพัฒนา "ประสิทธิภาพ" และ "ประสิทธิผล" ของการปฏิบัติงานประจำให้ดีขึ้นผ่านกระบวนการวิเคราะห์ พัฒนา และลงมือแก้ไขอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์ นำงานที่ปฏิบัติอยู่มาวิเคราะห์สภาพและปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อความสำเร็จ โดยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง เสาะหาข้อมูลและวิธีการที่คาดว่าจะแก้ปัญหาได้ นำวิธีการที่ได้จากการวิเคราะห์และหาแนวทางมาทดลองใช้กับกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ประเมินผลลัพธ์จากการทดลอง วิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน และปรับปรุงวิธีการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากข้อความข้างต้นสรุปจุดมุ่งหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการคือ การพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบในบริบทจริงของการปฏิบัติงาน โดยเน้นการศึกษาผลของการสอน การพัฒนาวิชาชีพครู และการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเหมาะสม ทั้งยังช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อครู นักเรียน ผู้บริหาร และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในแวดวงการศึกษา พร้อมทั้งเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริงเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามบริบทและอัตลักษณ์ของผู้วิจัย

2.2.3 ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติไว้ ดังนี้

Kemmis and McTaggart (1988) ได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Planning) เป็นการวางแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติไว้ล่วงหน้า โดยมองถึงอนาคตมีการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน วัดผลได้ และมีความเป็นไปได้ และตระหนักถึงความเสี่ยงและ

ข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นแผนควรมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามผลลัพธ์ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติและมุ่งสร้างผลลัพธ์ที่ยั่งยืนเน้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) คือ การลงมือปฏิบัติตามแผนการวิจัยที่วางไว้ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ จดบันทึกการสังเกต วิเคราะห์ และตีความข้อมูลเบื้องต้น ปรับแผนการวิจัยตามความเหมาะสม โดยการปฏิบัติอย่างตั้งใจ ควบคุม ปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติอย่างระมัดระวังและรอบคอบ โดยมีการวิเคราะห์และตระหนักถึงบริบทอย่างรอบด้าน การปฏิบัตินี้ตระหนักถึงแนวคิดในการปฏิบัติที่อยู่ในกระบวนการ และใช้การปฏิบัติเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาการการปฏิบัติต่อไป

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) ในงานวิจัยเชิงปฏิบัติ คือ การสังเกต บันทึกผลกระทบของการกระทำ การสังเกตช่วยให้เข้าใจผลลัพธ์ของการกระทำที่ได้อย่างชัดเจน ทั้งผลลัพธ์ที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณา วิเคราะห์ และเรียนรู้จากประสบการณ์ช่วยให้เข้าใจข้อจำกัดและอุปสรรค เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติ การกระทำในอนาคต การสังเกตไม่ได้แค่บันทึกสิ่งที่เกิดขึ้น แต่ต้องมองไปความเป็นไปได้ คาดการณ์ผลลัพธ์ โดยการสังเกตต้องทำอย่างละเอียดและรอบคอบ เก็บรายละเอียดสำคัญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน การสังเกตควรมีการวางแผนล่วงหน้า กำหนดวิธีการ เครื่องมือ และหมวดหมู่ข้อมูล แผนการสังเกตควรยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ ผู้สังเกตควรเปิดกว้าง มองสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างเป็นกลาง

4. ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection) การสะท้อนกลับเป็นขั้นตอนสำคัญในงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกไว้จากการสังเกต วิเคราะห์กระบวนการ ปัญหาประเด็น และข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติการตามแแผนที่วางไว้ มีการพิจารณาสถานการณ์จากมุมมองต่าง ๆ ในบริบททางสังคม เข้าใจประเด็นและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ เพื่อเป็นแนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาและเป็นพื้นฐานสำหรับการปรับแผนโดยนำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนกลับไปปรับปรุงแผนการดำเนินการในครั้งต่อไป

Johnson (2012) ได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

1. ตั้งคำถาม ระบุปัญหา หรือเลือกหัวข้อวิจัย ตัดสินใจว่าจะศึกษาอะไร ตั้งคำถาม ระบุปัญหา หรือ กำหนดพื้นที่ที่น่าสนใจในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

2. ตั้งปัญหาหรือหัวข้อวิจัยในบริบททฤษฎี คือการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น บทความวิชาการ หนังสือ เพื่อดูว่าผู้อื่นมีข้อคิดเกี่ยวกับหัวข้อวิจัยที่เชื่อมโยงหัวข้อวิจัยกับทฤษฎีหรือวิจัยปัจจุบันเป็นการฝึกทักษะการวิเคราะห์เชื่อมโยงทฤษฎีกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

3. กำหนดแผนสำหรับการเก็บข้อมูล เป็นการกำหนดข้อมูลที่จะตรวจสอบ กำหนดวิธีการเก็บข้อมูลและกำหนดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

4. เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เก็บข้อมูลตามแผนที่กำหนด วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาหมวดหมู่ หรือรูปแบบ เพื่อนำไปใช้ในการปรับแผนการเก็บข้อมูล

5. คำถามหรือปัญหา เป็นการปรับกลยุทธ์การสอน แหล่งข้อมูล หรือจุดประสงค์ของการศึกษาตามข้อมูลที่เก็บเนื่องจากการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงและเหตุผลที่เปลี่ยนแปลง

6. วิเคราะห์และจัดรูปข้อมูล ระบุจำนวน หมวดหมู่ และประเภทของข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

7. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ ทำการตีความข้อมูลและสรุปผลการศึกษาถึงปัญหาที่พบและการแก้ปัญหาเพื่อเสนอแนะแนวทางต่อไป

8. สร้างแผนการปฏิบัติ เป็นขั้นตอนการปฏิบัติในงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยการวางแผนการดำเนินการตามข้อสรุปและข้อเสนอแนะ หลังจากทำการปฏิบัติต้องมีการประเมินผลการดำเนินการว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ ซึ่งวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการยังคงดำเนินต่อไป

9. รายงาน นำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบที่ถูกต้อง เช่น รายงานเขียน หรืองานวิชาการ

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) ได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติไว้ 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุแนวคิดและนิยามปัญหา ให้นิยามสิ่งที่ต้องการค้นคว้า วิเคราะห์สาเหตุในเบื้องต้น ชี้แจงผลกระทบที่เกิดขึ้นและกำหนดขอบเขตของการศึกษา

2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยอธิบายข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาที่พบ

3. วางแผน กำหนดยุทธศาสตร์สำหรับการดำเนินงานแก้ไขปัญหา ระบุวัตถุประสงค์ วิธีการ และเครื่องมือที่จะใช้

4. ลงมือปฏิบัติ นำวิธีการที่วางแผนไว้ไปทำจริง

5. สังเกตการณ์และประเมินผล ติดตามและตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินการ

6. สะท้อนกลับ วิเคราะห์ผลจากการนำแผนวิจัยทางปฏิบัติไปใช้ โดยพิจารณาจากหลายมุมมอง ด้วยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการประเมินในขั้นตอนที่ 5

7. ทบทวนและปรับปรุงแผน ตรวจสอบแผนวิจัยในการปฏิบัติและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

8. ลงมือปฏิบัติ (แผนที่ปรับปรุง) นำแผนวิจัยที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปทำจริง

9. สะท้อนกลับ (แผนที่ปรับปรุง) วิเคราะห์ผลจากการนำแผนวิจัยที่ปรับปรุงไปใช้

10. ทำซ้ำจนบรรลุเป้าหมาย ดำเนินการซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีการเห็นพ้องกันว่าปัญหาได้รับการแก้ไขจนถึงระดับที่น่าพอใจ

จากขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติไว้ 4 ขั้นตอน

ดังนี้ 1) ขั้นวางแผน (Planning) 2) ขั้นปฏิบัติ (Action) 3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และ 4) ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

2.2.4 ประโยชน์การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์การวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

สินธะวา คามดิษฐ์ (2557) ได้กล่าวถึงประโยชน์การวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การศึกษาภายในห้องเรียนเป็นกระบวนการที่มีประโยชน์มากต่อการเรียนการสอน ทั้งสำหรับนักเรียน ครู และสถานศึกษา ดังนี้

1. ประโยชน์ต่อนักเรียน นักเรียนในห้องเรียนมีพื้นฐานความรู้และความสามารถที่แตกต่างกัน ถ้าครูใช้แนวทางการสอนเดียวกันกับทุกคน อาจทำให้บางกลุ่มนักเรียนไม่สามารถพัฒนาได้เต็มที่หรือไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่ขัดขวางการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาในด้านการศึกษาอื่น ๆ ด้วย

2. ประโยชน์ต่อครู การวางแผนการสอนอย่างมีระเบียบจะทำให้ครูมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนในการปฏิบัติงาน โดยทำให้มีโอกาสในการคิดค้นวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ซึ่งจะทำให้ครูได้อธิบายว่าแนวทางการจัดการเรียนการสอนสามารถนำไปสู่การพัฒนานักเรียนในลักษณะใด

3. ประโยชน์ต่อสถานศึกษา ความร่วมมือระหว่างครูในสถานศึกษาจะช่วยเสริมสร้างการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการร่วมกันคิดค้นวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ตั้งแต่การวิเคราะห์สาเหตุไปจนถึงการเขียนรายงาน ผลจากการใช้ทักษะและความชำนาญที่หลากหลายของแต่ละบุคคลจะทำให้คุณภาพของการวิจัยดีขึ้น

สุวิมล ว่องวาณิช (2559, อ้างถึงใน กฤติภณ เณรตาก้อง, 2564) ได้กล่าวถึงประโยชน์การวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการพัฒนาวิชาชีพครู เนื่องจากให้ข้อค้นพบที่ได้มาจากกระบวนการสืบค้นที่เป็นระบบและเชื่อถือได้ ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้และครูเกิดการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผู้ที่มีส่วนร่วม นำไปสู่การพัฒนาชุมชนแห่งการเรียนรู้และด้วยหลักการสำคัญของการวิจัยปฏิบัติที่เน้นการสะท้อนผลทำให้ส่งเสริมบรรยากาศของการทำงานแบบประชาธิปไตยที่ทุกฝ่ายเกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และยอมรับในข้อค้นพบร่วมกันการวิจัยในชั้นเรียนมีประโยชน์ต่อนักเรียน ครูโรงเรียน และวงการการศึกษา ดังนี้

1. ประโยชน์ต่อนักเรียน

1.1 เนื่องจากนักเรียนในชั้นเรียนมีความรู้ความสามารถพื้นฐานแตกต่างกัน ถ้าครูใช้รูปแบบการสอนเพียงแบบเดียวกับนักเรียนทุกคน อาจทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้รับการพัฒนาหรือ

แก้ไขปัญหาซึ่งอาจส่งผลกระทบไปถึงปัญหา จึงเป็นหน้าที่ของครูที่จะต้องพยายามวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้วคิดหาทางแกปัญหาจนสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนให้ดีขึ้น

1.2 ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้พัฒนานักเรียนให้เกิดการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

1.3 นักเรียนไม่มีปัญหาการเรียนอีกต่อไป ซึ่งส่งผลไปถึงการขจัดปัญหาและผลกระทบอื่น ๆ ด้วย

2. ประโยชน์ต่อครู

2.1 ครูมีการวางแผนการทำงานในหน้าที่ของตนอย่างเป็นระบบ

2.2 ช่วยให้ครูเกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ในการหาทางแก้ปัญหาตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

2.3 ได้นวัตกรรมที่ผ่านการปรับปรุงจนเป็นที่ยอมรับได้และเกิดความมั่นใจในการทำงานมากขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าตนเองสามารถจัดการเรียนรู้ให้เกิดผลแก่นักเรียนเป็นรายคนและแต่ละคนอย่างไรบ้าง

2.4 เป็นการพัฒนาหลักสูตร กระบวนการเรียนการสอน และปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนโดยการวิจัย

2.5 เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการพัฒนาวิชาชีพครู เนื่องจากข้อค้นพบที่ได้มาจากกระบวนการค้นคว้าที่เป็นระบบและเชื่อถือได้ และครูเกิดการพัฒนาการเรียนการสอน

3. ประโยชน์ต่อโรงเรียน

3.1 ครูในโรงเรียนมีการสื่อสารและทำงานร่วมกันมากขึ้นทั้งในวิชาต่าง ๆ และระหว่างกลุ่มวิชาต่าง ๆ

3.2 การร่วมกันคิดหาวิธีแก้ไขปัญหา ตั้งแต่การวิเคราะห์สาเหตุไปจนถึงการจัดทำรายงานจะช่วยให้การรวบรวมความสามารถจากแต่ละคนทำให้ผลงานวิจัยมีคุณภาพสูงขึ้น

3.3 การศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวกับความรับผิดชอบของครูจะช่วยให้การจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถหาสาเหตุและระบุปัญหาได้อย่างชัดเจน และแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด

4. ประโยชน์ต่อวงการการศึกษา

4.1 ผลงานการวิจัยในชั้นเรียน สามารถนำมาเป็นข้อมูลในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของครู เกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาและพัฒนานักเรียนที่ครูแต่ละคนดำเนินการว่ามีความเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร ครูแต่ละคนจะประยุกต์นำไปใช้เพื่อพัฒนานักเรียนของตนได้อย่างไร

4.2 ทำให้การเรียนการสอนได้รับการพัฒนาอย่างถูกต้อง เป็นระบบเกิดผลดีแก่นักเรียน

4.3 เป็นการสร้างสังคมทางการศึกษาและกระตุ้นให้มีการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

4.4 ทำ

วิชัย วงษ์ใหญ่

1. แก้ไขปัญ

2. เกิดความ

3. การจัดก

4. พัฒนาไ

5. เพิ่มความ

จากการพั

ปฏิบัติการในชั้นเรียนอย่

ปฏิบัติการในชั้นเรียน เพร

Thinking) ทำให้การจัด

สร้างนวัตกรรมแก้ปัญหา

ด้านการจัดทำสื่อการเรีย

ได้ทั้งวิจัยและได้ทั้งการจัด

จากการศึกษาป

ในชั้นเรียนมีความสำคัญแ

ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดการ

บุคคลโดยผ่านการวิเคราะ

ประโยชน์เท่านั้นแต่ยังช่วย

และยอมรับในความหลากห

ในการวิเคราะห์และแก้ไข

คุณภาพและตอบสนองต่อ

การศึกษาที่ยั่งยืน

2.3. การโต้แย้งทางวิ

2.3.1 ความหมายก

นักวิชาการทางการศึ

Maloney and

เหตุผลสำหรับการกล่าวอ้าง

Os

ในการนำเส

สร้างความเข้

และการโต้แย้

Ha

ในการสร้างแล

กับความสาม

ในการคิดเชิงวิ

Eff

ความสามารถ

มีการใช้เหตุผล

ร่วมในการเจร

เอก

เชิงประจักษ์เ

สร้างความเข้า

จาก

เหตุผล ซึ่งประ

ข้อมูล หลักฐา

ข้อกล่าวอ้างอ

ที่ลึกซึ้งในประเ

2.3.2 อ

นักวิชาก

Sim

1

การโต้แย้งเป็น

2

3

4

ข้อกล่าวอ้างนั้น

5

สามารถใช้เพื่อ


RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

Amielia, Suciati and Maridi (2018) ได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อความที่ให้ไว้เพื่อตอบคำถามที่ถามหรือข้อสรุป

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อเท็จจริงที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การให้เหตุผลที่ทำให้หลักฐานเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง

4. การโต้แย้งกลับ (Rebuttals) คือ การนำเสนออธิบายทางเลือกนั้น ๆ โดยมีการนำเสนอหลักฐานและการให้เหตุผลที่ตรงกันข้ามเพื่อแสดงให้เห็นว่าเหตุใดคำอธิบายนั้นจึงไม่เหมาะสม เพื่อตอบโต้ข้อโต้แย้งของอีกฝ่ายหรือเพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของข้อกล่าวอ้าง

จากองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น องค์ประกอบของการโต้แย้งสามารถจำแนกได้เป็นประเด็นสำคัญ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ซึ่งเป็นข้อสรุปหรือคำตอบที่ผู้โต้แย้งเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดหรือผลการวิเคราะห์ ข้อมูลหรือหลักฐาน (Data/Evidence) นำมาใช้เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยอาจได้จากการทดลอง การสังเกต หรือการศึกษาค้นคว้า เหตุผลสนับสนุน (Warrant/Reasoning) ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้ง นอกจากนี้ การโต้แย้งกลับ (Rebuttal/Counter Argument) ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้แสดงมุมมองที่แตกต่างหรือตรวจสอบข้อจำกัดของข้อกล่าวอ้าง รวมถึงเหตุผลสนับสนุนเพิ่มเติม (Backing/Supportive Argument) ที่ช่วยเสริมความเข้มแข็งของข้อโต้แย้งและความเป็นไปได้ (Qualifier) ซึ่งเป็นการระบุขอบเขตหรือเงื่อนไขของข้อกล่าวอ้าง องค์ประกอบเหล่านี้เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยส่งเสริมให้การโต้แย้งมีความชัดเจน เป็นระบบ และมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Lin and Mintzes (2010) และระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) การใช้หลักฐาน (Evidence) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument) และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)

2.3.3 ความหมายการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการทางการศึกษาและผู้วิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของการโต้แย้งไว้ ดังนี้

Güler and Doğru (2017) ได้ให้ความหมาย การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการที่บุคคลมีส่วนร่วมในการให้เหตุผลและการอภิปรายเพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงตรรกะ โดยมีการสร้างและประเมินข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของหลักการทางวิทยาศาสตร์และหลักฐาน

Erduran (2019) ได้ให้ความหมาย การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและนำเสนอข้อโต้แย้งตามหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างหรือสมมติฐานนั้น

Ping, Halim and Osman (2020) ได้ให้ความหมาย การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการที่ให้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และอธิบายว่าหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นอย่างไรเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ช่วยให้สามารถเข้าใจเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการที่บุคคลใช้หลักฐานและเหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ เป็นการอภิปรายและวิเคราะห์ข้อเท็จจริงและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

2.3.4 ความสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการทางการศึกษาและผู้วิจัยหลายท่านได้กล่าวถึงความสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

Celep (2015) ได้กล่าวว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์เชิงวิพากษ์ พัฒนาปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและทักษะการสื่อสารระหว่างบุคคล การโต้แย้งไม่เพียงแต่ให้โอกาสแก่นักเรียนในการแบ่งปันความคิดเห็นของตนเองกับผู้อื่นเท่านั้น แต่ยังให้เห็นมุมมองที่แตกต่างของผู้อื่นผ่านกระบวนการโต้แย้ง

Boğar (2019) ได้กล่าวว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายที่สำคัญสำหรับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ หนึ่งในจุดเน้นของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมเฉพาะด้าน ข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเพื่อให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้หลักฐานและความถูกต้องของหลักฐานขึ้นอยู่กับการประเมินความคิดที่กล่าวอ้าง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ หากนักเรียนไม่ตั้งคำถามกับความรู้ที่ได้มาของตนในการโต้เถียง นักเรียนจะต้องยอมรับความคิดของบุคคลอื่นอย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ในการกำหนดความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Özelma and Seyhan (2022) ได้กล่าวว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักเรียน เนื่องจากช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีม นอกจากนี้ การโต้แย้งยังช่วยให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้นและปลูกฝังนิสัยการคิดเหมือนนักวิทยาศาสตร์

เอกภูมิ จันทรขันตี (2559) ได้กล่าวว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบความถูกต้องในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรียนรู้อย่างมีความหมาย สนใจวิทยาศาสตร์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วม ปลูกฝังคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของพลเมือง และส่งเสริมการรู้คิด

จากการศึกษาความสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลนำเสนอข้อโต้แย้งเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านแนวคิดหรือสมมติฐาน กระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ เช่น การระบุข้อเท็จจริง ข้อสันนิษฐาน ข้อโต้แย้ง การแยกแยะหลักฐาน คัดค้านข้อโต้แย้ง และการประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐาน ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกันเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยต้องเข้าใจแนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้จึงจะสามารถโต้แย้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การโต้แย้งยังช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการคิดอย่างเป็นระบบและเชิงเหตุผล ซึ่งจำเป็นสำหรับการเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน

2.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.4.1 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

นักวิชาการทางการศึกษาและผู้วิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะไว้ ดังนี้

Spronken-Smith (2008) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า เป็นแนวทางการศึกษาที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ลักษณะเด่นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะคือกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและใฝ่หาคำตอบด้วยตนเอง เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง มุ่งเน้นให้นักเรียนมีบทบาทนำในการเรียนรู้ คิดวิเคราะห์ ตัดสินใจด้วยตัวเอง ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยให้นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตัวเองผ่านการทดลอง ค้นคว้า และหาคำตอบและให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติได้ลงมือทำด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจ ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใช้ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้ เพื่ออธิบาย

ปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหา อย่างเป็นระบบ มีการวางแผนอย่างมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน มีการประเมินผลในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้

นิพนธ์ จันเลน (2560) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า เป็นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อทำ ความเข้าใจปรากฏการณ์ตามธรรมชาติจึงกล่าวได้ว่าหัวใจสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในชั้นเรียนก็คือการให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ (Investigation Process) และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาข้อสงสัยที่ตนมีเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการหรือเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนได้ทำ ระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีส่วนที่คล้ายคลึงกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง

ยุวพร ดวงศรี และบุญสม ทับสาย (2561) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการสังเกต ตั้งคำถาม และค้นหาความรู้ด้วยวิธีการที่เป็นระบบ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจ และมีความอิสระในการเรียนรู้ ทั้งนี้ยังช่วยให้นักเรียนพร้อมที่จะแก้ไขปัญหาและเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิผล

จากการศึกษาความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นแนวทางการศึกษาที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยมุ่งหวังให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

Bybee, et al. (2006) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการนำเสนอบทเรียนหรือประเด็นที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับประสบการณ์หรือความรู้ที่นักเรียนมีอยู่แล้ว กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และสนใจในหัวข้อนั้น ๆ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Exploration) ครูให้คำแนะนำและเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนกระทำการสำรวจด้วยตนเอง ไม่เน้นการอธิบายแนวคิดแต่เน้นการให้นักเรียนดำเนินการสำรวจ เก็บข้อมูล และบันทึกข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) นำเสนอแนวทางและแนวคิดเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการและความสัมพันธ์ของเนื้อหา สร้างบรรยากาศการเรียนที่นักเรียนร่วมมือกันในการทำความเข้าใจและกระตุ้นให้นักเรียนขยายความรู้ในบทเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ส่งเสริมการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ สนับสนุนให้นักเรียนใช้ทักษะต่าง ๆ และแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ทดสอบความรู้ของนักเรียนผ่านกระบวนการประเมินและปรับปรุงตามผลประเมินเพื่อพัฒนาทักษะและความเข้าใจของนักเรียน

จรรยา โท๊ะนาบุตร (2560) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นกระบวนการที่นำไปสู่การเรียนรู้หรือหัวข้อที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสงสัยของเราเอง ความสนใจส่วนตัว หรือการพูดคุยในกลุ่ม เช่น เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหรือเนื้อหาที่เชื่อมโยงกับความรู้ที่มีอยู่ การกระตุ้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดสิ่งที่จะเรียนรู้ ครูสามารถใช้สื่อหลายอย่างเพื่อกระตุ้นความสนใจหรือเสนอประเด็น อย่างไรก็ตาม ควรมีการนำเสนอโดยไม่กดดันให้นักเรียนต้องเห็นด้วยกับเนื้อหาที่ครูให้ความสำคัญ เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนมากเห็นด้วย ควรกำหนดขอบเขตและชี้แจงรายละเอียดร่วมกันเพื่อเสริมความเข้าใจ รวมถึงการรวมรวมข้อมูล ประสบการณ์ หรือความรู้จากแหล่งที่มาต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจเนื้อหาที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น และมีแนวทางในการสำรวจอย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) หลังจากที่เข้าใจประเด็นหรือคำถามที่ตั้งใจจะศึกษาแล้ว ควรวางแผนและกำหนดแนวทางสำหรับการสำรวจและตรวจสอบ โดยการตั้งสมมติฐานและพิจารณาทางเลือกที่เป็นไปได้ จากนั้นสามารถรวบรวมข้อมูล ข่าวสาร หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านวิธีการตรวจสอบที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ การศึกษาเอกสารอ้างอิง หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนถัดไป

ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อมีข้อมูลที่เพียงพอในการทำการสำรวจแล้ว จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ แปลผล และสรุปผลจากข้อมูลที่ได้ โดยนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวาดภาพ หรือการสร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ การโต้แย้งกับสมมติฐาน หรือการพัฒนาแนวคิดที่กำหนดไว้ ผลลัพธ์ที่ได้รับจะช่วยสร้างความรู้และสนับสนุนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพในหลาย ๆ ด้าน

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaboration) กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการนำความรู้ใหม่ที่เราค้นพบไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่เราเรียนรู้มาก่อน เปรียบเสมือนการทำให้ความรู้ขยายออกไปในขอบเขตที่กว้างขึ้นและลึกซึ้งยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้มาเพื่ออธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ การค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิม หรือการศึกษาหัวข้อที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) คือการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีความรู้ในเนื้อหานั้น ๆ มากน้อยเพียงใด โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การทดสอบ การสังเกต การทำงานกลุ่ม เป็นต้น หลังจากการประเมินแล้ว ผลที่ได้จะถูกวิเคราะห์ว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ และสามารถอธิบายหรือแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหานั้น ๆ หรือไม่ กระบวนการสำรวจความรู้เหล่านี้จะช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้ทั้งในด้านเนื้อหา หลักการและทฤษฎี รวมถึงประสบการณ์ในการปฏิบัติ เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

นิพนธ์ จันเลน (2560) ได้อธิบายถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนากระบวนการคิดไว้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการแนะนำบทเรียนหรือหัวข้อที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความอยากรู้อยากเห็น หรืออาจเริ่มต้นจากความสนใจส่วนตัว หรือเกิดขึ้นจากการอภิปรายเป็นกลุ่ม

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา การวางแผนและกำหนดวิธีการวิจัยโดยการตั้งสมมติฐานและเลือกทางเลือกที่เป็นไปได้ จากนั้นจึงดำเนินการรวบรวมข้อมูล ข้อเท็จจริง หรือปรากฏการณ์เพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป การวิเคราะห์ข้อมูลและสารสนเทศที่ได้มาตี ความผลลัพธ์ การสรุปผลลัพธ์ และการนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ การบูรณาการความรู้ใหม่กับความรู้ที่มีอยู่หรือแนวคิดที่ได้รับการสำรวจเพิ่มเติม หรือใช้แบบจำลองและการอนุมานเพื่ออธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินความรู้ การประเมินการเรียนรู้โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อค้นหาว่านักเรียนมีความรู้เท่าใด

จากขั้นตอนของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างความสนใจ (Engagement) เพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน การสำรวจและค้นหา (Exploration) ที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอผลลัพธ์ การขยายความรู้ (Elaboration) โดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม และการประเมินผล

(Evaluation) เพื่อวัดผลการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล การแก้ปัญหา และการเรียนรู้อย่างมีความหมายในบริบททางวิทยาศาสตร์

2.4.3 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไว้ ดังนี้

Sampson and Walker (2012) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นรูปแบบการสอนที่ออกแบบมาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบ ดำเนินการ วิเคราะห์ และโต้แย้งเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ เน้นการโต้แย้งเพื่อสร้างและตรวจสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้อง ออกแบบและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารและอธิบายผลการทดลองกับผู้อื่น เขียนรายงานการทดลองและประเมินผลงานของเพื่อน

Hasnunidah, et al. (2015) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สมจริง มีคุณค่าทางการศึกษาและมีความเป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีการเน้นย้ำกระบวนการการโต้แย้ง เพื่อสร้างและตรวจสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝน การคิดวิเคราะห์ และพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์โดยกระตุ้นให้นักเรียนสร้างและสนับสนุนคำอธิบายสำหรับคำถามที่สร้างขึ้น

เอกภูมิ จันทรขันตี (2559) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นการบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ในบริบทของการสืบเสาะ เป็นการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการนี้เริ่มต้นจากการตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ จากนั้นนักเรียนจะออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้าง โดยมีหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังกล่าว

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบดำเนินการ วิเคราะห์ และโต้แย้งเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการสร้างและตรวจสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเป็นผู้ขับเคลื่อนการเรียนรู้ โดยตั้งคำถาม ออกแบบและดำเนินการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ด้วยตนเอง มีการใช้หลักฐานและเหตุผล เพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของตน และโต้แย้งกับผู้อื่น เพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุด ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์ และทักษะการสื่อสาร

2.4.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไว้ ดังนี้

Sampson and Gleim (2009) ได้กำหนดขั้นการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การระบุงาน มีการแนะนำหัวข้อที่จะศึกษา เชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ของนักเรียนและสร้างความสนใจแก่นักเรียน มีการกำหนดปัญหาและหัวข้อที่จะต้องศึกษา ขั้นตอนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 15 นาที

ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูล นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มเพื่อออกแบบการทดลอง ทำการทดลองและสืบเสาะ เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยมีการเลือกเครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสม ใช้เวลาประมาณ 55 นาที

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้ง นักเรียนจะเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ มีการแลกเปลี่ยนความคิดและร่วมมือกันแก้ปัญหาในกลุ่ม สามารถให้เหตุผลโดยให้คำอธิบายที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานที่ใช้ว่ามีความถูกต้องหรือสอดคล้องกับข้อมูลหรือไม่ ขั้นตอนนี้นักเรียนใช้เวลาสร้างข้อโต้แย้ง 20 นาที

ขั้นตอนที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง คือ การเสนอ สนับสนุน วิจารณ์ คำอธิบายและความคิดเห็นของตนผ่านการนำเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน การอภิปรายช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายและให้เหตุผลถึงการโต้แย้งที่สร้างขึ้น และเพื่อให้นักเรียนสามารถโต้แย้งความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นที่พิจารณาแล้วว่าไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาในการทำกิจกรรม 50 นาที

ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงานการตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเขียนอธิบายผลลัพธ์ของการค้นคว้าในรูปแบบของรายงาน เพื่อให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดของตัวเองได้อย่างชัดเจนและกระชับ องค์ประกอบของรายงาน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ในขั้นตอนนี้แนะนำให้เป็นการบ้านเพื่อประหยัดเวลาในการสอน

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินโดยเพื่อน นักเรียนประเมินรายงานของเพื่อน และตัดสินใจว่ารายงานนั้นเป็นที่ยอมรับหรือต้องการแก้ไขตามเกณฑ์ที่แนบมาในแบบประเมินหรือไม่โดยไม่มีการระบุผู้ตรวจ เป็นส่วนหนึ่งในการทบทวนความรู้ใช้เวลาในการประเมินประมาณ 20-30 นาที

ขั้นตอนที่ 7 การแก้ไขรายงาน คือ ขั้นตอนที่นักเรียนเขียนหรือแก้ไขรายงานใหม่ตามคำแนะนำของผู้ตรวจทานจากนั้นส่งรายงานที่แก้ไขให้ครูตรวจอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 8 การอภิปรายสะท้อนความคิด สรุปผลลัพธ์ของการค้นคว้าและแนวคิดที่ได้จากการสืบเสาะหรือทดลองที่มีความถูกต้องตามแนวคิดทฤษฎีและกฎ

Sampson, Walker and Glooms (2012) ได้กำหนดขั้นการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การระบุภาระงาน โดยครูในห้องเรียนในขั้นตอนนี้มีเป้าหมายคือการแนะนำหัวข้อหลักที่จะศึกษา ขั้นตอนนี้ถูกออกแบบมาเพื่อดึงดูดความสนใจและสร้างความสนใจของนักเรียน ครูยังต้องเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งในอดีตและปัจจุบัน (เช่น สิ่งที่นักเรียนรู้อยู่แล้วและสิ่งที่พวกเขาต้องรู้ และเน้นย้ำเป้าหมายของการสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล นักเรียนออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูลอย่างรอบคอบและถูกต้อง นักเรียนทำงานกลุ่มให้ความร่วมมือเพื่อพัฒนาและนำวิธีการไปใช้ เช่น การทดลอง การสังเกตอย่างเป็นระบบ เพื่อแก้ไขปัญหาหรือตอบคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนแรก จุดประสงค์โดยรวมของขั้นตอนนี้คือเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้วิธีการออกแบบการสืบเสาะข้อมูล การใช้เทคนิคการรวบรวมหรือการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสมและเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของหลักฐาน ขั้นตอนนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่าเหตุใดวิธีการบางอย่างจึงทำงานได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้ง ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

1. ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อสรุป การคาดเดา คำอธิบาย หรือคำตอบอื่น ๆ ของคำถามที่กำหนด

2. หลักฐาน คือ หลักฐานที่ได้จากการการวัดผลหรือการสังเกตที่ใช้เพื่อสนับสนุนความถูกต้องของข้อกล่าวกล่าวอ้าง หลักฐานนี้สามารถมีได้หลายรูปแบบตั้งแต่ข้อมูลตัวเลข เช่น pH มวล อุณหภูมิ ไปจนถึงการสังเกต เช่น สี คำอธิบายของเหตุการณ์ ขั้นนี้มีขึ้นเพื่อช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และวิธีพิจารณาว่าหลักฐานที่มีอยู่นั้นถูกต้อง เกี่ยวข้อง และน่าเชื่อเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่

3. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง คือ การหาเหตุผลซึ่งบ่งชี้ว่าเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และเหตุใดหลักฐานที่ให้มาจึงควรนับเป็นหลักฐาน

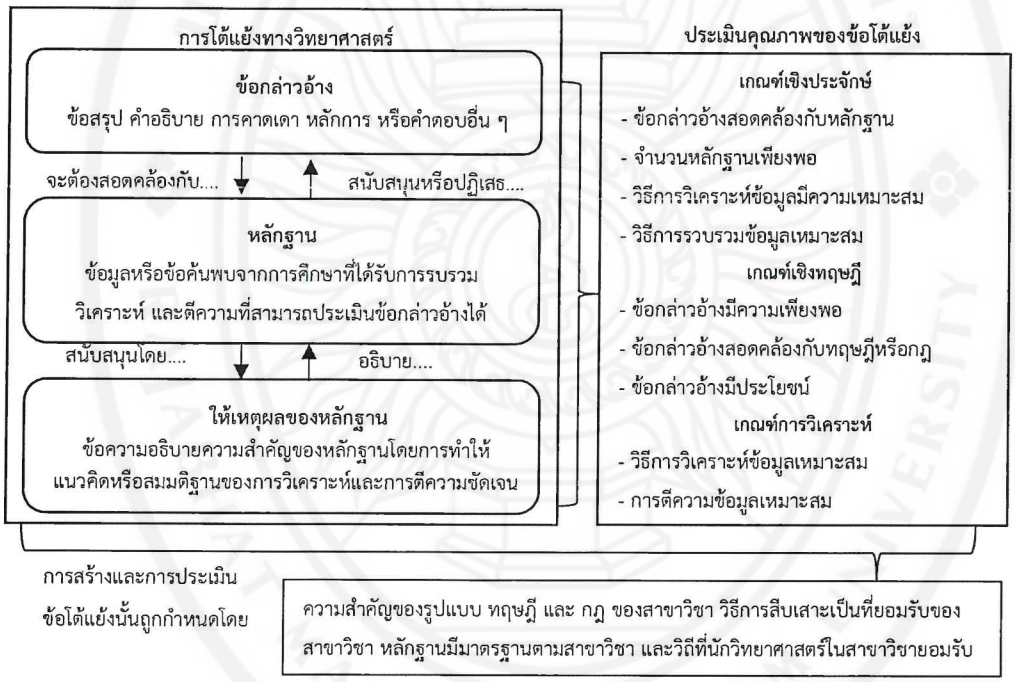
ขั้นตอนที่ 4 เป็นการโต้แย้ง โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ มีการแบ่งปันข้อโต้แย้งของตนกับกลุ่มอื่น ๆ และวิจารณ์งานของผู้อื่นเพื่อพิจารณาว่าคำกล่าวอ้างใดถูกต้องหรือยอมรับได้มากที่สุดหรือพยายามปรับปรุงคำกล่าวอ้างเพื่อให้ถูกต้องมากขึ้นหรือเป็นที่ยอมรับ การโต้แย้งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนพิจารณาอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงานการตรวจสอบ โดยนักเรียนแต่ละคนเขียนในรายงานแบบตรวจสอบตามที่กำหนด การเขียนเป็นส่วนสำคัญของวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์

จะต้องสามารถแบ่งปันผลการวิจัยของตนเองผ่านการเขียน นักวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถอ่านและเข้าใจงานเขียนของผู้อื่นและประเมินคุณค่าของงานเขียนนั้นได้

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินโดยเพื่อนร่วมชั้น ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะประเมินรายงานของเพื่อน และตัดสินใจว่ารายงานนั้นเป็นที่ยอมรับหรือต้องมีการแก้ไขหรือไม่ เกณฑ์ที่จะใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงานการการตรวจสอบจะถูกกำหนดกรอบเป็นคำถาม ผู้เขียนใช้หลักฐานที่แท้จริงมาสนับสนุนคำอธิบายหรือไม่ และการให้เหตุผลของผู้เขียนเพียงพอและเหมาะสมหรือไม่ จากนั้นตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือจำเป็นต้องแก้ไขเพิ่มเติมหรือไม่

ขั้นตอนที่ 7 การแก้ไขรายงานตามผลการประเมินโดยเพื่อน เมื่อเสร็จสิ้นรายงานที่แก้ไขแล้วจะถูกส่งไปยังครูเพื่อประเมินครั้งที่สอง หากยังคงยอมรับรายงานไม่ได้ ก็จะถูกส่งกลับไปยังผู้เขียนอีกครั้งเพื่อแก้ไขรอบที่สอง ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้โอกาสสำหรับนักเรียนในการพัฒนาการเขียน การโต้แย้ง และความเข้าใจใน นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเขียน เช่น การสร้าง การประเมินผล การแก้ไข และการส่งรายงาน



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Sampson (2012). ปรับปรุงจาก "Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Students Write to Learn by Learning to Write in Chemistry." โดย Samson, V. and Walker, J. P., 2012, *International Journal of Science Education*, *34*(10), 1443–1485.

Amelia, Asrial and Effendi-Hasibuan (2020) ได้กำหนดขั้นการเรียนรู้ 9 ขั้นตอน โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้เหมือน Sampson, Walker and Gloom (2012) แต่ได้มีการเพิ่มขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก การนำเข้าเนื้อหาและขั้นตอนสุดท้าย การอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อสรุปผล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอเนื้อหา คือ ขั้นตอนที่ครูแนะนำหัวข้อหลักที่จะศึกษาและตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ คำถามควรเป็นคำถามที่เปิดกว้างและสามารถตอบได้ด้วยกระบวนการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 การระบุปัญหา ครูระบุปัญหา เป้าหมายของครูคือการจัดหาบริบทสำหรับการสืบเสาะและแนะนำคำถามให้นักเรียนตอบ

ขั้นตอนที่ 3 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะทำงานในกลุ่มรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ การทดลอง การสังเกตอย่างเป็นระบบ เพื่อตอบคำถามที่ระบุไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น เป็นขั้นตอนของการสร้างข้อโต้แย้งโดยมีให้กลุ่มนักเรียนสร้างข้อโต้แย้งที่เป็นลายลักษณ์อักษร ซึ่งประกอบด้วย คำตอบสำหรับคำถาม (ข้อกล่าวอ้าง) หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหลักฐาน

ขั้นตอนที่ 5 กิจกรรมการโต้แย้ง คือ กิจกรรมการโต้แย้งกลุ่มเล็ก ๆ โดยนักเรียนจะมีโอกาสแบ่งปันข้อโต้แย้งและวิจารณ์ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 6 การเขียนรายงานการตรวจสอบ นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานการตรวจสอบเป็นรายบุคคล

ขั้นตอนที่ 7 การตรวจสอบรายงานโดยเพื่อน เมื่อนักเรียนจัดทำรายงานการสอบสวนเสร็จแล้ว พวกเขาจะส่งรายงานให้กับครู จากนั้นครูจะสุ่มแจกรายงานไปยังแต่ละกลุ่ม พร้อมเกณฑ์เฉพาะที่จะใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงานการตรวจสอบที่ครูกำหนด

ขั้นตอนที่ 8 การแก้ไขรายงาน โดยแก้ไขตามคำแนะนำของเพื่อน จากนั้นรายงานที่แก้ไขจะถูกส่งไปยังครูเพื่อการประเมินขั้นสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 9 การอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อสรุปผล คือขั้นตอนที่นักเรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปผลการสืบเสาะ ขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และทักษะการสื่อสาร ซึ่งอาจเกี่ยวกับประเด็นต่อไปนี้ ข้อมูลใดที่สนับสนุนหรือคัดค้านข้อโต้แย้ง มีข้อจำกัดใดในการสืบเสาะ และผลการสืบเสาะเป็นอย่างไร

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีโต้แย้งของ Sampson and Gleim (2009) ซึ่งได้กำหนดขั้นการเรียนรู้ไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุงาน ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้ง ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานการตรวจสอบ ขั้นที่ 6 การประเมินโดยเพื่อน ขั้นที่ 7 การแก้ไขรายงาน และขั้นที่ 8 การอภิปรายสะท้อนความคิด

2.4.5 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้อธิบายบทบาทครูและนักเรียนในการเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไว้ ดังนี้

Sampson and Gleim (2009) ได้อธิบายบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งดังนี้

ตารางที่ 2.2 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การระบุงาน	- แนะนำหัวข้อหลักที่จะเรียนรู้ - สร้างความสนใจและความอยากเรียนรู้ - เชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้ในอดีตกับปัจจุบัน - เตรียมเอกสารประกอบการเรียนที่มีคำอธิบายสั้น ๆ และคำถาม/ปัญหากิจกรรม	- มีส่วนร่วมทางความคิดกับหัวข้อบทเรียน - เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมก่อนหน้านี้
2. การรวบรวมข้อมูล	- จัดเตรียมรายการวัสดุที่จำเป็นสำหรับการสืบเสาะ เช่น ตัวอย่าง แบบจำลอง สไลด์ อุปกรณ์ทดลอง ฯลฯ - ให้คำแนะนำแก่นักเรียนเกี่ยวกับวิธีการเริ่มต้นในการสืบเสาะหรือค้นหา - คอยดูแลและให้คำปรึกษาแก่นักเรียนระหว่างการดำเนินการสืบเสาะและค้นคว้า - ตอบคำถามและชี้แจงข้อสงสัย	- ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อพัฒนาและดำเนินวิธีการสืบเสาะ - ออกแบบและวางแผนการสืบเสาะ - เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสรุปผลการสืบเสาะ - นำเสนอผลการสืบเสาะหน้าชั้นเรียน
3. การสร้างข้อโต้แย้ง	- อธิบายขั้นตอนและเป้าหมายของกิจกรรม - ให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่นักเรียน - ตรวจสอบข้อโต้แย้งของนักเรียน - กระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์	- พัฒนาข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วยคำอธิบายหลักฐาน และ การใช้เหตุผล - ตอบคำถามและอธิบาย เหตุผลของตน - ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มพัฒนาข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วยคำอธิบาย หลักฐานและการใช้เหตุผล
4. กิจกรรมการโต้แย้ง	- เตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นการอภิปราย - ควบคุมการอภิปรายให้อยู่ในประเด็น - กระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ - สรุปประเด็นสำคัญ	- นำเสนอข้อโต้แย้งของตนเอง - สนับสนุนข้อโต้แย้งด้วยหลักฐานและเหตุผล - วิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งของผู้อื่น - เรียนรู้จากผู้อื่นและปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนเอง

(ต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. การเขียนรายงานการตรวจสอบ	- แนะนำรูปแบบรายงานการตรวจสอบ และอธิบายวัตถุประสงค์ของการเขียน - แสดงตัวอย่างรายงานการตรวจสอบ เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรายงานการตรวจสอบ - ประเมินรายงานการตรวจสอบ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด	- อ่านและทำความเข้าใจรูปแบบรายงานการสืบสวน - เขียนข้อโต้แย้งที่ใช้ในโน้มน้าวใจเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง - จัดระเบียบข้อมูล และเขียนรายงานให้ชัดเจน กระชับ และอ่านง่าย - ส่งรายงานการตรวจสอบภายในกำหนด
6. การประเมินโดยเพื่อน	- แจกรายงานการตรวจสอบแบบสุ่มให้กับแต่ละกลุ่ม - จัดเตรียมใบประเมินเพื่อน - อธิบายวิธีการประเมินและเกณฑ์การประเมิน	- ประเมินรายงานโดยใช้เกณฑ์ตามใบประเมินเพื่อน - ให้ข้อเสนอแนะที่ชัดเจนเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นต้องทำเพื่อปรับปรุงคุณภาพของรายงาน - เขียนข้อเสนอแนะให้เพื่อน
7. การแก้ไขรายงาน	- ตรวจสอบรายงานที่ปรับปรุงแล้ว - ให้คะแนนรายงาน - ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (หากจำเป็น)	- ปรับปรุงรายงานตามข้อเสนอแนะ - ส่งรายงานที่ปรับปรุงแล้วให้ครู
8. การอภิปรายสะท้อนความคิด	- อภิปรายกระตุ้นให้นักเรียน สะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้ - ตอบคำถาม/ยกตัวอย่างเกี่ยวกับเนื้อหา -เสนอแนะแนวทางสำหรับการสืบเสาะในอนาคต	- พูดคุยเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้ - ตอบคำถามเกี่ยวกับงานของตนฟังและเรียนรู้จากเพื่อนร่วมชั้น - ประเมินสิ่งที่ได้จากการทำกิจกรรม - รับฟังข้อเสนอแนะ

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก “Argument-Driven Inquiry to Promote The Understanding of Important Concepts & Practices in Biology,” โดย Sampson, V. and Gleim, L., (2009), *The American Biology Teacher*, *71*(8), 465-472.

Grooms, et al. (2016) ได้อธิบายบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยสรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 บทบาทครูที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับการจัดการเรียนแบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนรู้	สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบที่มีการโต้แย้ง	ไม่สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบที่มีการโต้แย้ง
1. การระบุงาน	- สร้างความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน - สร้างความต้องการให้นักเรียนออกแบบและดำเนินการสืบเสาะ - แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม - จัดหาอุปกรณ์ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ - การพูดคุยเรื่องเครื่องมือเพื่อให้นักเรียนทราบวิธีใช้อุปกรณ์หรือเพื่อแสดงวิธีการที่เหมาะสมและให้คำแนะนำแก่นักเรียน	- ให้คำตอบที่เป็นไปได้แก่นักเรียนสำหรับคำถาม - บอกนักเรียนว่ามีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว - จัดทำรายการคำศัพท์หรืออธิบายเนื้อหาอย่างชัดเจน
2. การรวบรวมข้อมูล	- สนับสนุนให้นักเรียนถามคำถามขณะออกแบบการสืบเสาะ - ถามคำถามเกี่ยวกับวิธีการของพวกเขา เช่น ทำไมจึงทำแบบนี้ - สนับสนุนให้คำปรึกษาคำแนะนำแก่นักเรียนและอธิบายหรือให้แนวทางในสิ่งที่นักเรียนสงสัย	- ให้ขั้นตอนการปฏิบัติแก่นักเรียน - ไม่ตั้งคำถามกับนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการออกแบบหรือประเภทของข้อมูลที่พวกเขาคาดหวังที่จะรวบรวม - อนุมัติข้อมูลการสอบสวนที่คลุมเครือหรือไม่สมบูรณ์
3. การสร้างข้อโต้แย้ง	- เตือนนักเรียนถึงคำถามและสิ่งที่เป็นหลักฐานที่เหมาะสมในทางวิทยาศาสตร์ - กำหนดให้นักเรียนต้องสร้างข้อโต้แย้งและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างด้วยหลักฐานที่แท้จริง - ถามนักเรียนถึงความคิดที่ขัดแย้งกันหรือการโต้แย้ง - จัดเตรียมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง	- กำหนดให้นักเรียนเพียงคนเดียวเตรียมพร้อมในการอภิปรายข้อโต้แย้ง - ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน - บอกนักเรียนถึงคำตอบที่ถูกต้อง
4. กิจกรรมการโต้แย้ง	- เตือนนักเรียนถึงพฤติกรรมที่เหมาะสมในการเรียนรู้ - กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถามกับเพื่อน ๆ - ทำให้การอภิปรายเน้นไปที่องค์ประกอบของข้อโต้แย้ง - ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดว่าอะไรควรและไม่ควร	- อนุญาตให้นักเรียนโต้ตอบผู้อื่นในทางลบ - ถามคำถามเกี่ยวกับการกล่าวอ้างของนักเรียนก่อนที่นักเรียนคนอื่นจะถาม - ให้นักเรียนอภิปรายแนวคิดที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจากหลักฐาน - อนุญาตให้นักเรียนใช้เกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมในการพิจารณาว่าสิ่งใดมีประโยชน์และไม่มีประโยชน์

(ต่อ)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบที่มีการโต้แย้ง	ไม่สอดคล้องกับการเรียนรู้แบบที่มีการโต้แย้ง
5. การเขียนรายงานการตรวจสอบ	- แจ้งนักเรียนเกี่ยวกับหัวข้อ และวัตถุประสงค์ของรายงาน - จัดทำคู่มือการทบทวนโดยครูล่วงหน้า - ให้ตัวอย่างรายงานที่ดีและตัวอย่างรายงานที่ไม่ดี	- ให้นักเรียนเขียนเพียงส่วนหนึ่งของรายงาน - เลื่อนไปยังกิจกรรม/หัวข้อถัดไปโดยไม่ให้ข้อเสนอแนะ
6. การประเมินโดยเพื่อน	- เตือนนักเรียนถึงพฤติกรรมที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการประเมิน - ตรวจสอบให้แน่ใจว่าทุกกลุ่มให้การประเมินที่มีคุณภาพและยุติธรรม - อธิบายเป้าหมายการประเมินคือการกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับได้โดยมีหลักฐานสนับสนุนและเหตุผล - ให้ผู้ตรวจสอบมีความรับผิดชอบในการประเมิน	- อนุญาตให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับผู้เขียน เช่น บุคคลนี้โง่ แทนที่จะแสดงความเห็นเกี่ยวกับงานของพวกเขา เช่น คำกล่าวอ้างนี้ต้องมีหลักฐานสนับสนุน - อนุญาตให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ใช่ ในแต่ละข้อ รายการโดยไม่ต้องให้การประเมินที่สำคัญของรายงาน
7. การแก้ไขรายงาน	- กำหนดให้นักเรียนแก้ไขรายงานตามความคิดเห็นของผู้วิจารณ์ - กำหนดให้นักเรียนยอมรับต่อการให้คะแนนและความคิดเห็นของผู้วิจารณ์ - ให้นักเรียนตรวจสอบแก้ไขคำตอบหลังจากที่ส่งรายงาน	- อนุญาตให้นักเรียนส่งรายงานโดยไม่ต้องกรอกแบบฟอร์มการประเมินโดยเพื่อนให้เสร็จ - อนุญาตให้นักเรียนส่งรายงานโดยไม่ต้องปรับปรุงก่อน
8. การอภิปรายสะท้อนความคิด	- สนับสนุนให้นักเรียนอภิปรายสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและวิธีการ - สนับสนุนให้นักเรียนอภิปรายสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ - สนับสนุนให้นักเรียนคิดหาวิธีที่จะมีประสิทธิผลมากขึ้นในครั้งต่อไป	- สอนเนื้อหาในรูปแบบการบรรยาย - ข้ามขั้นตอนการอภิปรายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์เพื่อประหยัดเวลา - บอกนักเรียนว่า "สิ่งที่พวกเขาควรจะได้เรียนรู้" หรือ "นี่คือสิ่งที่พวกคุณทุกคนควรจะคิดออก"

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *"Argument-Driven Inquiry in Lab Investigations for Grades 6–8 Physical Science,"* โดย Grooms, J., Enderle, P. J., Hutner T., Murphy, A., and Sampson V., 2016, Virginia: Argument-Driven Inquiry, LLC..

Boğar (2019) ได้อธิบายบทบาทของนักเรียนในการเรียนด้วยรูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งว่า นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการโต้แย้งในวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งควรใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเป็นวิธีการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยความร่วมมือของบุคคล ซึ่งทำได้โดยการทำงานเพื่อให้คำอธิบายกับหลักฐานและเปรียบเทียบคำอธิบายที่สนับสนุนกับข้อโต้แย้ง ช่วยปรับปรุงทักษะการใช้เหตุผลของนักเรียนและสามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองได้ หน้าที่ของนักเรียนในการโต้แย้ง นักเรียนจะต้องสร้างข้อกล่าวอ้าง คิดเชื่อมโยงระหว่างข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นกับหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้ง ซึ่งจะช่วยปรับปรุงทักษะการคิดวิเคราะห์ การโต้แย้งถือเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันในการแก้ไขปัญหาเรียนรู้ความรับผิดชอบ สามารถคิดได้เหมือนนักวิทยาศาสตร์และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ครูเป็นผู้จัดกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง การคิดเชิงวิพากษ์และการสื่อสารโดยใช้การโต้แย้งเป็นเครื่องมือ นักเรียนเรียนรู้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณและระบุข้อสรุปที่ถูกต้องและช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีสื่อสารความคิดของตนอย่างมีประสิทธิภาพและชัดเจน ด้วยการระบุประเด็นหรือคำถามที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ จากนั้นนักเรียนจะรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งมุมมองของตนเอง สุดท้ายนักเรียนจะนำเสนอการโต้แย้งของตนต่อผู้อื่นและรับฟังการโต้แย้งของผู้อื่น

2.4.6 ประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

Newton, et al. (1999, อ้างถึงใน Dawson and Venville, 2010) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การโต้แย้งเป็นกระบวนการพัฒนาและพิสูจน์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์การโต้แย้งเปรียบเสมือนเวทีอภิปรายสำหรับนักวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอข้อเสนอและหลักฐานสนับสนุน เช่น การสังเกต การอ้างอิง ทฤษฎี จากนั้นเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนโต้แย้ง ตรวจสอบ และวิพากษ์วิจารณ์ภายในชุมชนนักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งกระบวนการนี้เปรียบเสมือนกลไกขับเคลื่อนการสร้างเสริมองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจะเกิดเข้าใจบรรทัดฐานและภาษาที่ใช้ในแวดวงวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. การโต้แย้งส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการโต้แย้งช่วยให้นักเรียนเข้าร่วมการอภิปรายสามารถนำเสนอความคิดเห็น แลกเปลี่ยน และเรียนรู้จากผู้อื่น

งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาทักษะการโต้แย้ง ส่งผลดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากการพูดและเขียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การอธิบายแนวคิด หรือการสนับสนุนการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางสังคม-วิทยาศาสตร์ ล้วนช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหา

3. การโต้แย้งเป็นทักษะสำคัญสำหรับชีวิต ทักษะการโต้แย้งไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในวิทยาศาสตร์ แต่เป็นทักษะจำเป็นสำหรับชีวิตการที่เยาวชนสามารถใช้เหตุผล คิดวิเคราะห์ เข้าใจและเสนอแนะการโต้แย้งอย่างมีเหตุผลและสอดคล้องกัน ทั้งการพูดและการเขียน ช่วยให้สามารถมีส่วนร่วมในสังคมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและถือเป็นผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ของการศึกษาในสังคมประชาธิปไตย

Jimnez-Aleixandre and Erduran (2007, อ้างถึงใน สันติชัย อนุวรชัย, 2553) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ส่งเสริมการเข้าถึงกระบวนการทางปัญญาและเมตาคอกนิชั่น การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล คล้ายคลึงกับนักวิทยาศาสตร์เชี่ยวชาญ

2. พัฒนาการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนฝึกฝนการสื่อสารความคิดอย่างมีตรรกะ เรียนรู้ที่จะฟังผู้อื่น และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณ

3. ส่งเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการพูดและเขียน การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้ง ฝึกฝนการอธิบายความคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

4. ปลูกฝังวัฒนธรรมการปฏิบัติแบบนักวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีคิดวิเคราะห์ และประเมินข้อมูลอย่างนักวิทยาศาสตร์

5. พัฒนาการคิดวิเคราะห์และให้เหตุผล การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ เรียนรู้ที่จะหาเหตุผลสนับสนุนข้อคิดเห็นของตนเอง และเข้าใจมุมมองที่แตกต่าง

Dawson and Venville (2010) และ Osborne, et al. (2012) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการฝึกทักษะการตัดสินใจของนักเรียน

2. เป็นการประเมินความถูกต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงวิธีการสอนเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนได้

3. ช่วยส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร และกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร รวมทั้งวิทยาศาสตร์สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการตอบสนองต่อปัญหาทางสังคมและวัฒนธรรมได้อย่างไร ตัวอย่างเช่น การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นฐาน

สำคัญ และเมื่อได้รับความรู้แล้ว ควรผ่านการตรวจสอบ วิพากษ์วิจารณ์จากนักวิทยาศาสตร์หรือสังคมโดยรวม เพื่อให้ความรู้นั้นมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือที่สุด

4. ช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมายแก่นักเรียน เนื่องจากในการโต้แย้งอภิปรายนักเรียนจะต้องสืบค้นข้อมูลและบูรณาการความรู้ในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอให้ผู้อื่นรับทราบ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

5. หากประเด็นที่ให้นักเรียนโต้แย้งเกี่ยวข้องกับปัญหาสังคม จะทำให้การเรียนมีความน่าสนใจมากขึ้น เพราะนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันในการมีส่วนร่วมหรือแสดงความคิดเห็นเชิงวิทยาศาสตร์ต่อชุมชน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของการเป็นผู้ที่เข้าใจวิทยาศาสตร์ และทำให้นักเรียนเห็นถึงประโยชน์และคุณค่าของสิ่งที่เรียน

6. ใช้เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนมักคิดว่า การเรียนวิทยาศาสตร์คือการจำข้อเท็จจริงที่ผู้เชี่ยวชาญรวบรวมไว้แล้ว (Factual Knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่ไม่สามารถแก้ไขหรือโต้แย้งได้ ให้เปลี่ยนเป็นการเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสังคม ที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการวิพากษ์วิจารณ์ หรือโต้แย้งเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือและความเป็นไปได้ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงหรือโต้แย้งได้

7. การโต้แย้งด้วยเหตุผลและหลักฐานช่วยปลูกฝังคุณลักษณะที่ดีของพลเมืองในสังคมประชาธิปไตย ซึ่งคือการยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างจากตนเอง

8. ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพราะการรู้คิดคือการที่นักเรียนสามารถตระหนักรู้ถึงความคิดของตนเอง และในขณะที่นักเรียนโต้แย้ง หรือเมื่อเพื่อนแสดงความคิดเห็นที่ไม่เห็นด้วย นักเรียนจะต้องคิดอย่างรอบคอบและตัดสินใจว่า ควรตอบสนองอย่างไรต่อไป ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างทักษะในการสื่อสารและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

วนิดา ผาระนัด และประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนฝึกคิดอย่างเป็นระบบ แยกแยะข้อเท็จจริงออกจากความคิดเห็น และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล

2. พัฒนาทักษะการสื่อสาร นักเรียนจะได้ฝึกการนำเสนอความคิดของตนเองอย่างชัดเจน กระชับ และมีเหตุผล รวมถึงการรับฟังและตอบสนองต่อความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างเหมาะสม

3. สร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง การโต้แย้งช่วยให้นักเรียนได้สำรวจประเด็นต่าง ๆ อย่างรอบด้าน ทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและรอบด้านยิ่งขึ้น

4. เตรียมความพร้อมสำหรับชีวิตจริง ในชีวิตจริงนักเรียนจะต้องเผชิญกับปัญหาและความท้าทายมากมาย การฝึกโต้แย้งอย่างมีเหตุผลจะช่วยให้พวกเขามีความมั่นใจในการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ส่งเสริมความเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ การโต้แย้งอย่างมีเหตุผลเป็นทักษะสำคัญสำหรับพลเมืองในสังคมประชาธิปไตย ช่วยให้พวกเขาสามารถมีส่วนร่วมในการอภิปรายประเด็นสาธารณะ และตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับสังคม

จากประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนหัวใจสำคัญของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการพัฒนานักเรียน ช่วยให้พัฒนาทักษะสำคัญสำหรับการเรียนรู้ พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และตัดสินใจพัฒนาทักษะการสื่อสาร เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พัฒนาการคิดวิเคราะห์ หาเหตุผล และเข้าใจมุมมองที่แตกต่างและการมีส่วนร่วมในสังคม สามารถใช้เหตุผล คิดวิเคราะห์ เข้าใจ และเสนอแนะการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล ช่วยให้มีส่วนร่วมในสังคมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.4.7 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการทางการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Lin and Minzes (2010) ได้วัดความสามารถในโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ คำถาม 4 ข้อโดยคำถามแต่ละข้อเป็นคำตอบของนักเรียนต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของการโต้แย้ง ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นสถานการณ์ข้อมูลเกี่ยวกับบริบททางสังคม การเมือง เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมของประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการก่อตั้งอุทยานแห่งชาติ Ma-Guo และความคิดเห็นของกลุ่มผลประโยชน์

> ตามมุมมองทางเศรษฐกิจ ประชาชนที่เห็นด้วยกับการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติ Ma-Guo โดยกล่าวว่าจะส่งเสริมรัฐบาลในการลงทุนเงินจำนวนมากเพื่อสร้างพื้นที่ ดึงดูดนักท่องเที่ยวจำนวนมากให้มาเยี่ยมชมอุทยาน ซึ่งช่วยปรับปรุงเศรษฐกิจ การพัฒนาท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม ผู้คนที่ไม่เห็นด้วยกับการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติ Ma-Guo ระบุว่ากลุ่มธุรกิจพิเศษได้รับประโยชน์ แทนที่จะเป็นชาวพื้นเมืองที่ได้รับผลประโยชน์ทางการเงินจากนักท่องเที่ยว คนพื้นเมืองที่อาศัยอยู่ที่นั่นจะไม่ได้รับการแบ่งปันผลประโยชน์ทำให้คุณภาพชีวิตของพวกเขาจะไม่ดีขึ้น

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิด 4 ข้อ คำถามแต่ละข้อเป็นการสำรวจคำตอบของนักเรียนต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของการโต้แย้ง

1. เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติ Ma-Guo ในไต้หวัน จงเขียนความคิดและเหตุผล (ข้อกล่าวอ้าง)

2. หากมีใครไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นที่คุณแสดงไว้ในคำถามแรก เขามีเหตุผลใด (การสร้างข้อโต้แย้ง)

3. คุณจะโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับคุณได้อย่างไร หากพวกเขาให้เหตุผลดังกล่าวดังในคำถามข้อที่สอง (เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งและการโต้แย้งกลับ)

4. หากคุณถูกขอให้แสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของคุณเองในคำถามที่ 1 หรือ 3 หลักฐานคืออะไร (การสร้างหลักฐาน)

กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559) ได้วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด แบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่ 1 คือ ส่วนที่เป็นเนื้อเรื่องและส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการโต้แย้งจำนวน 5 ข้อ เกี่ยวข้องการระบุขอกล่าวอ้าง การให้เหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ ดังนี้

1. การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน (Claim and Warrant)

ถามคำถามที่วัดการระบุข้อกล่าวอ้างว่า “นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่กล่าวว่า กินอาหารฟังก์ชันแทนอาหารหลักได้” และคำถามที่วัดการให้เหตุผลสนับสนุนว่า “นักเรียนมีเหตุผลใดมาสนับสนุนความคิดของนักเรียน”

2. การใช้หลักฐานสนับสนุน (Evidence)

เมื่อผู้วิจัยถามคำถามว่า “นักเรียนมีหลักฐาน /ข้อมูลอื่น ๆ หรือประสบการณ์ของนักเรียนเองมาใช้สนับสนุนและยืนยันเหตุผลในข้อ 1 อย่างไร”

3. การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument)

เมื่อผู้วิจัยถามคำถามว่า “หากมีเพื่อนนักเรียนคนอื่นที่ตอบตรงข้ามกับนักเรียนในข้อ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไร”

4. การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)

เมื่อผู้วิจัยถามว่า “นักเรียนจะใช้เหตุผลใดในการโต้แย้งเพื่อให้เพื่อนที่มีความคิดเห็นตรงข้ามกับนักเรียนในตอนแรกให้คล้อยตามและเห็นด้วยกับนักเรียน”

มาศสุภา รัตนไทรงาม (2561) ได้วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ ดังนี้

แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นร้านก๋วยจั๊บแช่ขา อ.เบตง จ.ยะลา

คำชี้แจง

แบบวัดทักษะในการโต้แย้งฉบับนี้เป็นแบบวัดทักษะชนิดปลายเปิด ทั้งหมด 2 หน้า จำนวน 6 ข้อโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลสำหรับให้นักเรียนอ่านประกอบ

ตอนที่ 2 เป็นคำถามสำหรับการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ชนิดเขียนตอบจำนวน 6 ข้อ

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานร้านก๋วยจั๊บแช่ขา อ.เบตง จ.ยะลา

"ก๋วยจั๊บแช่ขา" ริมน้ำอัยเยอร์เวง”

6 เม.ย.59 ผู้เขียนได้นำทีมสื่อมวลชน ไปลองชิมและถ่ายทำ ภาพสกู๊ปข่าว สีสัน ของตำบลอัยเยอร์เวง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา ที่กำลังเป็นกระแสของสังคมในสามจังหวัดชายแดนใต้ คือ "ก๋วยจั๊บแช่ขา" ริมน้ำอัยเยอร์เวง ก๋วยจั๊บแช่ขา คือ ธุรกิจต่อยอดของชาวบ้าน ตำบลอัยเยอร์เวง ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจของนักท่องเที่ยวในสามจังหวัดชายแดนใต้ หลังจากที่เปิดขายเพียงแค่ 1 สัปดาห์

เริ่มต้นจากปลายปี 2557 พลังโซเชียลเน็ตเวิร์ก นามว่า เฟซบุ๊ก คือ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระแส การหลั่งไหลมา ของผู้คนทั่วทิศ ทั้งไทยและต่างประเทศ โดยเฉพาะพี่น้องมุสลิมในสามจังหวัดชายแดนใต้ ต่างพากันมาชมทะเลหมอก เดือนละ 10,000 คน จนทำให้ เกิดอาชีพแม่ค้าพ่อค้า ขายข้าว ยำ โรตี ข้าวหมก ข้าวต้ม เหนียวปิ้ง เหนียวไก่ย่าง กาแฟ น้ำชา และนมสด กว่า 10 เจ้า โดยเฉพาะ วันศุกร์ เสาร์ อาทิตย์ และวันหยุดเทศกาลต่าง ๆ พร้อม ๆ กับการเกิดแหล่งชมทะเลหมอก 360 องศา เขากุนุงซิลิปัต หรือ เขากุนุงสาลี เป็นไฮไลต์อีกแห่ง ตรงพื้นที่ ม.1 ติดกับตำบลตาเน๊าะแมเราะ อำเภอเบตง จังหวัดยะลา คนก็แห่กันมาอีก เมื่อรวมยอดปลายปีนับจำนวนคนโดยนับการกลับมาเที่ยวซ้ำด้วยก็ปาเข้าไปหลายหมื่นคน

ต่อมากลางปี 2558 ก็เกิดชาวบ้านหัวใส เปิดกิจการล่องแก่งล้อยาง ล่องแม่น้ำปัตตานี จากจุด กม.33 ถึง กม. 36 ก็ทำให้เกิดกระแสร่วมกับการแห่ไปเที่ยวน้ำตกเฉลิมพระเกียรติ ร.9 น้ำตกละอองรุ้งล่องแพเที่ยวเกาะทวด บ้านจุฬาภรณ์ 7 บ้านจุฬาภรณ์ 9 ป่าฮาลา-บาลา เพื่อได้ลิ้มรสบรรยากาศทะเลสาบบนภูเขาที่สวยสะอาด สมบูรณ์ที่สุดแห่งหนึ่งในสยามประเทศ ก็เกิดกระแส โฮมสเตย์ล่องแก่งล้อยาง ที่สามารถเรียกร้องความสนใจนักท่องเที่ยวทั่วสามจังหวัดชายแดนใต้ได้อีกครั้ง

จนกระทั่งเมื่อปลายปี 2558 หอคอยชมหมอก จุดชมทะเลหมอก เริ่มเป็นรูปเป็นร่าง สื่อมวลชนเริ่มทยอยมาทำข่าว นักท่องเที่ยวเซลฟี่โพสผ่านเฟซบุ๊ก ก็เกิดกระแสทะเลหมอกอัยเยอร์เวงบูม

อีกครั้ง ถึงขนาดผู้คนแห่กันมาตั้งแต่เที่ยงคืน จนถึง 9 โมงเช้า วันละกว่า 4,000 คน ในช่วงเทศกาลปีใหม่ 2559 รถติดยาวกว่า 2 กิโลเมตร สาเหตุเพราะถนนแคบไม่มีที่จอดรถยนต์ ในขณะที่ห้องน้ำอาคารละหมาด หอชมหมอกและทางเดินระเบียงต่างก็ยังไม่เสร็จ ระบบการจัดการก็ไม่เป็นระบบ ก็ยังเกิดธุรกิจล่องแก่งคายัคของชาวบ้านอีก บริเวณช่องแคบของแม่น้ำปัตตานี ที่เปิดให้นักท่องเที่ยวได้ล่องเรือคายัค มาตั้งแต่ กม.24 ถึง กม.29 ถึง 2 เจ้า มีเรือกว่า 40 ลำ

ตั้งแต่นั่นมา ทะเลหมอก สะพานแตปูชู น้ำตก ร.9 น้ำตำละอองรุ้ง ล่องแก่งคายัค ล้อยางก็เป็นแม่เหล็กดึงดูดให้คนแห่มาเที่ยวตำบลอัยเยอร์เวง จนกระทั่งในเมื่อต้นเดือนมีนาคม 2559 ก็เกิดล่องแก่งล้อยาง อีกจ้าว ตรง กม.32 ที่ปล่อยให้ล่องจาก กม. 30 ถึง กม.32 ผู้เขียนคิดว่าน่าจะอิ่มตัว เพราะรวม ๆ แล้ว สามารถรองรับนักท่องเที่ยวพร้อม ๆ กันถึง 200 คน สำหรับธุรกิจล่องแก่งทุกเจ้าในตำบลอัยเยอร์เวง

ใคร ๆ ก็คิดว่า โปรแกรมต่อไป ที่จะสร้างกระแสบูม น่าจะเป็น แช่น้ำแร่ บ่อน้ำร้อนนากอ แล้วต่อไปเยี่ยมเผ่าอัสลี ที่หมู่ 9 บ้านนากอ ตำบลอัยเยอร์เวง อำเภอเบตงจังหวัดยะลา ที่อยู่ในระแวกเดียวกัน แต่ที่ไหนได้ เมื่อย่างเข้าสู่เดือนเมษายน 2559 จากกระแสความร้อนระอุของฤดูร้อนที่เขาว่ากันว่า ร้อนที่สุด และแล้งที่สุดในรอบ 40 ปีของสยามประเทศ ก็กำเนิดเกิดกระแสใหม่ ธุรกิจที่แรงแซงทางโค้ง คงเพราะปากต่อปาก และเฟซบุ๊กเจ้าเก่า รวมไปถึงไอเดียที่ดันกระฉูดถูกที่ถูกเวลา ก็ทำให้เกิดกระแสใหม่ ที่สอดรับจากธุรกิจล่องแก่งที่บูมสุด ๆ นั่น ก็คือ "ก๋วยจั๊บแช่ขา"

สิบปากว่า ไม่เท่าตาเห็น สิบตาเห็น ไม่เท่ามือคลำ มีหลาย ๆ คนเป็นห่วง มีหลายคนกังวล ผู้เขียนจึง พาสื่อไปพิสูจน์ ทั้งบรรยากาศ ทั้งรสชาติ ทั้งความสะอาดปลอดภัย การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม แม่น้ำลำคลองสาธารณะ ของผู้ประกอบการเจ้าถิ่น ที่เป็นแค่ครอบครัวเด็กหนุ่มสาวเล็ก ๆ ใน "ตระกูลสะอะ" ที่มีที่ดินทำกิน ทำสวนยาง สวยผลไม้ และอยู่อาศัยแนวยาวตลอดทั้งสองฝั่ง คุ้งน้ำปัตตานี บริเวณแก่งอัยเยอร์เวงแห่งนี้ โต๊ะที่นั่ง แผ่นไม้ ตอไม้ ก้อนหินธรรมชาติ ที่การติดตั้งแบบชั่วคราว ใช้วิธียกขึ้น ยกลงทุกวัน ขยะมูลฝอยที่ใส่ถุงดำทุกชิ้น กฎข้อห้ามสำหรับการนำเครื่องดื่มจากที่อื่น โดยเฉพาะประเภท ยาเสพติด ของมึนเมาแอลกอฮอล์ทั้งหลาย มาดื่มกินที่นี่โดยเด็ดขาด (แต่อาจจะมีกาแฟโบราณ น้ำชาแดงแบบบ้าน ๆ ในวันข้างหน้า) จึงทำให้มั่นใจได้ว่า ตระกูลสะอะคงจะควบคุม ปกป้องสิ่งแวดล้อม สาธารณะประโยชน์ ให้คงอยู่ในแบบที่สังคมอารยะต้องการแน่นอน ไม่เชื่อ ก็ขอท้ามาลองดู ลองชิม ด้วยตัวท่านเอง .... (ศณีรา : รายงาน)

ตอนที่ 2

1. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับกรณีร้านก๋วยจั๊บแช่ขา อ.เบตง จ.ยะลา

2. นักเรียนมีเหตุผลอะไรที่สนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียนในข้อ 1

3. นักเรียนมีหลักฐานหรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อใช้ในการสนับสนุนและยืนยันเหตุผลในข้อที่ 2 ของนักเรียนบ้างหรือไม่

4. หากมีเพื่อนนักเรียนคนอื่นที่ตอบตรงกันข้ามกับคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไร

5. นักเรียนจะใช้เหตุผลอะไรในการโต้แย้งเพื่อให้เพื่อนที่ไม่เห็นด้วยกับนักเรียนในตอนแรกให้คล้อยตามและเห็นด้วยกับนักเรียน

พิมพ์ผกา คำอาจ (2565) ได้วัดความสามารถในการโต้แย้งโดยใช้ข้อสอบอัตนัยจำนวน 4 สถานการณ์ โดยในแต่ละสถานการณ์มีข้อคำถามตามองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งของนักเรียนหลังจากอภิปรายภายในชั้นเรียนเรื่อง ก้อนน้ำแข็งเทียม

หัวข้อการโต้แย้ง : กระแสการใช้ก้อนน้ำแข็งเทียมจากพอลิเมอร์กำลังเป็นที่นิยมกันเป็นอย่างมาก โดยนำก้อนน้ำแข็งเทียมไปแช่ในตู้เย็นให้แข็งตัว จากนั้นนำมาใส่ในแก้วแล้วเติมเครื่องดื่มที่ชอบลงไปจะได้เครื่องดื่มเย็น ๆ จากก้อนน้ำแข็งเทียม นักเรียนคิดว่าก้อนน้ำแข็งเทียมที่ผลิตจากโครงสร้างพอลิเมอร์ชนิดใดที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด (กักเก็บความเย็นได้นาน และทนทาน)

คำถามตามองค์ประกอบการโต้แย้ง

1. ความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็น
2. เหตุผลที่สนับสนุนแนวคิดของฉัน
3. หลักฐานที่ฉันจะนำมาใช้โน้มน้าวเพื่อน
4. ข้อโต้แย้งที่ขัดกับความคิดเห็นของฉัน
5. เหตุผลที่ฉันจะทำการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยกับฉัน

ธัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ และธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2566) ได้วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นสถานการณ์โต้แย้งจำนวน 2 ประเด็น ประเด็นละ 4 ข้อคำถาม ซึ่งเป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนแสดงถึงองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ ซึ่งคำถามแต่ละข้อมีลักษณะของคำถาม ดังนี้

ข้อที่ 1 ให้บอกว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับประเด็น/คำกล่าวพร้อมแสดงความคิดเห็นของตนเองและให้เหตุผลประกอบ

ข้อที่ 2 ถ้ามีบางคนไม่เห็นด้วยกับความคิดของเรา คิดว่า “เหตุผลของเพื่อน” ที่คิดต่างจากเราคืออะไร

ข้อที่ 3 ให้บอกวิธีโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับเหตุผลของเรา (ขยายความและให้เหตุผลสนับสนุนเพิ่มเติมจากคำตอบข้อ 1)

ข้อที่ 4 ให้บอกหลักฐานที่สนับสนุนแนวคำตอบและเหตุผลของตนเอง

จากตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นพบว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยที่ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นสถานการณ์ท และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการโต้แย้ง ผู้วิจัยได้นำมาปรับให้เข้าบริบทของวิจัย ซึ่งจะวัดตามองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claim) และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) การใช้หลักฐาน (Evidence) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument) และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)

2.4.8 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการทางการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Lin and Minzes (2010) ได้ประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของการโต้แย้ง ซึ่งมีลักษณะการให้คะแนนบวกเพิ่มขึ้นตามจำนวนของเหตุผลและคุณภาพของเหตุผลที่นำมาตอบ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Lin and Minzes (2010)

องค์ประกอบ	คำตอบ	การให้คะแนนและคำอธิบาย
1. ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีคำตอบหรือเหตุผลไม่ถูกต้อง	0
	มีข้อกล่าวอ้างแต่ไม่มีเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1 (1 คะแนนสำหรับการบอกข้อกล่าวอ้าง)
	มีข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1 + 1 (1 คะแนนสำหรับการบอกข้อกล่าวอ้าง + 1 คะแนนต่อ 1 เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)
	มีข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างมากกว่า 1 ข้อ	1+2 (1 คะแนนสำหรับเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพิ่มเติม)
2. หลักฐาน	ไม่มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	0
	หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างถูกต้อง	1 + (1 คะแนนต่อ 1 หลักฐาน)
3. ข้อโต้แย้ง	ไม่ตอบหรือไม่ให้เหตุผล	0
	ตอบโดยให้เหตุผลหรือมีข้อโต้แย้ง 1 ข้อหรือมากกว่า	1 + (1 คะแนนต่อ 1 เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้ง)

(ต่อ)

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

องค์ประกอบ	คำตอบ	การให้คะแนนและคำอธิบาย
4. เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	ไม่ตอบหรือไม่ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	0
	อธิบายเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้เหมาะสม (เทียบกับข้อ 1)	1+ (1 คะแนนต่อ 1 เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ)
	อธิบายเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้เหมาะสม (เทียบกับข้อ 1)	1+ (1 คะแนนต่อ 1 เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ)
	ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้เพิ่มเติมและถูกต้อง (เทียบกับข้อ 1)	1+ (1 คะแนนต่อ 1 เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับเพิ่มเติม)
	การโต้แย้งข้อโต้แย้ง (เทียบกับข้อ 3)	2+ (2 คะแนนสำหรับการโต้แย้งแต่ละครั้ง)

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก "Learning Argumentation Skills Through Instruction in Sociocentric Issues : The Effect of Ability Level," โดย Lin, S. and Mintzes, J. J., 2010, *International Journal of Science and Mathematics Education, 8*(6), 993-1017.

Amielia, Suciati and Maridi (2018) ได้ประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik (2011) ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล และการคัดค้าน โดยมีการให้คะแนนดังนี้ 0 คะแนนให้กับระดับ 0 1 คะแนนให้กับระดับ 1 และ 2 คะแนนให้กับระดับ 2 โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Amielia, Suciati and Maridi (2018) ที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik (2011)

องค์ประกอบการโต้แย้ง	ระดับ		
	0	1	2
- ข้อกล่าวอ้าง เป็นข้อความที่ตอบคำถามที่ถามหรือข้อสรุป	ไม่มีข้อกล่าวอ้างหรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์และถูกต้อง
- หลักฐาน ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างข้อมูลต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีแต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างแต่ไม่เพียงพอ	มีหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
- การให้เหตุผล การหาเหตุผลที่ทำให้หลักฐานเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการให้เหตุผลหรือมีการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	มีการให้เหตุผลเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยเหตุผลนั้นมีการแสดงความเห็นร่วมกับการให้เหตุผล	มีการให้เหตุผลเชื่อมโยงกล่าวอ้างและหลักฐาน มีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือตามหลักการทางวิทยาศาสตร์
- การโต้แย้งกลับ อธิบายข้อโต้แย้งทางเลือกนั้น ๆ โดยให้หลักฐานและเหตุผลที่ตรงกันข้ามเพื่อแสดงให้เห็นว่าเหตุใดข้อโต้แย้งหรือทางเลือกนั้นจึงไม่เหมาะสม	ไม่มีการโต้แย้งที่เหมาะสม	มีการให้คำอธิบายการโต้แย้งที่เหมาะสมแต่มีหลักฐานและการให้เหตุผลไม่เพียงพอ	มีการให้คำอธิบายและโต้แย้งที่เหมาะสมโดยมีหลักฐานและการให้เหตุผลที่เพียงพอ

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก "Enhancing Students' Argumentation Skills Using an Argument Driven Inquiry-Based Module," โดย Amielia S. D., Suciati and Maridi, 2018, *Journal of Education and Learning (EduLearn), 12*(3), 464-471.

Effendi-Hasibuan, Bakar and Harizon (2020) ได้ประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบการโต้แย้ง ระบุคำกล่าวอ้าง/คำตอบ ข้อมูล/หลักฐาน และระบุเหตุผล โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Effendi-Hasibuan (2020)

ระดับ	คะแนน	คำอธิบาย
5	10	ข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์ (1) ข้อมูลถูกต้องและเกี่ยวข้อง (2) เหตุผลถูกต้องและเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง (2)
4	8	ข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์ (1) ข้อมูลถูกต้องและเกี่ยวข้อง (2) เหตุผลถูกต้องแต่เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างจำกัด (1)
3	6	ข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์ (1) ข้อมูลถูกต้องและเกี่ยวข้อง (2) เหตุผลไม่ถูกต้องและไม่ได้เชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง (0)
2	4	ข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์ (1) ข้อมูลถูกต้องแต่ไม่เกี่ยวข้อง (1) ไม่มีเหตุผล (0)
1	2	ข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์ (1) ข้อมูลไม่ถูกต้องและไม่เกี่ยวข้อง (0) ไม่มีเหตุผล (0)
0	0	ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ (0) ข้อมูลไม่ถูกต้องและไม่เกี่ยวข้อง (0) ไม่มีเหตุผล (0)

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก “Skills to Argue: Using Argument-Based Learning (ABL) and Socio Scientific Issues to Promote University Students’ Argumentation Skills in Chemistry,” โดย Effendi-Hasibuan, MH., Bakar and Harizon, *Journal of physics: conference series, 1567, 022042.*

กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559) ได้ประเมินความสามารถในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบการโต้แย้งตาม Lin and Mintzes (2010) โดยได้กำหนดเกณฑ์ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559)

ระดับ	เกณฑ์การประเมิน			
	การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	การใช้หลักฐาน	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	การให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ
ดีมาก	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลน่าเชื่อถือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป	แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลได้มากกว่า 2 หลักฐานขึ้นไป	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและให้เหตุผลสนับสนุนได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป
ดี	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลน่าเชื่อถือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ตั้งแต่ 1–2 เหตุผล	แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล 1–2 หลักฐาน	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและให้เหตุผลสนับสนุนตั้งแต่ 1–2 เหตุผล	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่โต้แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ 1–2 เหตุผล
พอใช้	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผล โดยเหตุผลนั้นแสดงอารมณ์ความรู้สึกร่วมกับการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือ	แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลแต่หลักฐานนั้นมาจากอารมณ์และความรู้สึก	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองแต่ให้เหตุผลสนับสนุนได้	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งแต่เหตุผลไม่สามารถทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้
ปรับปรุง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล หรือระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่แสดงอารมณ์และความรู้สึก	ไม่แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและไม่ให้เหตุผลสนับสนุน	โต้แย้งกลับได้ไม่ตรงตามประเด็นที่แย้งและไม่ให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก “การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน,” โดย กฤษฎา ทองประไพ, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, กฤษณา ชินสิญจน์, และอรยา แจ่มใจ, 2559, *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7*(1), 48-61.

ภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม (2561) ได้พัฒนาและกำหนดกรอบการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนเป็น 5 ระดับ ตามองค์ประกอบการโต้แย้ง โดยนำมากำหนดช่วงคะแนน และระดับทักษะการโต้แย้ง ดังนี้ 0-1 คะแนน คือ ระดับต่ำมาก 2-3 คะแนน คือ ระดับต่ำ 4–5 คะแนน คือ ระดับปานกลาง 6-7 คือ ระดับดี และ 8-10 คะแนน คือ ระดับดีมาก และได้นำการวิจัยของ Lin and Mintzes (2010) มาเป็นพื้นฐานและได้ปรับเกณฑ์การประเมินการโต้แย้ง ให้มีลักษณะแบบมาตรประมาณค่าที่มีคะแนน 3 ระดับ คือ 0-2 โดยให้ คำถามแต่ละประเด็นมีคะแนนสูงสุดในการตอบ คือ 10 คะแนน ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม (2561)

คำถาม	ส่วนประกอบ	ระดับคะแนน		
		0	1	2
ข้อ 1	ข้อกล่าวอ้าง	ไม่บอกข้อกล่าวอ้าง	บอกข้อกล่าวอ้างแต่ไม่ชัดเจน	บอกข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
	การให้เหตุผล	ไม่ให้เหตุผลนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือให้เหตุผลสนับสนุนที่ไม่เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์	ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ 1 ประเด็น	ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า 1 ประเด็น
ข้อ 2	การโต้แย้งกลับ	ไม่โต้แย้งกลับหรือโต้แย้งกลับแต่ไม่ถูกต้อง	โต้แย้งกลับได้อย่างถูกต้อง แต่มีเหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งไม่เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์	โต้แย้งกลับได้อย่างถูกต้อง และมีเหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์
ข้อ 3	การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ	ไม่ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับหรือให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับที่ไม่เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์	ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากการให้เหตุผลในข้อที่ 1	ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์และเป็นเหตุผลที่โต้แย้งกลับเหตุผลในข้อที่ 2
ข้อ 4	ตัวอย่าง/เหตุการณ์	ไม่ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่สนับสนุนความคิดเห็น	ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่สนับสนุนความคิดเห็นแต่ไม่เป็นข้อเท็จจริง	ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์สนับสนุนความคิดเห็นที่เป็นข้อเท็จจริง

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก “การพัฒนาเกณฑ์การประเมินทักษะการโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3,” โดย ภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม, 2561, *Veridian E-Journal, Silpakorn University, 11*(2), 2720-2735.

เมธานนท์ สง่าชาติ, เอกภูมิ จันทรขันตี และวีระศักดิ ฟุ้งเฟื่อง (2561) ได้ประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบตาม Lin and Mintzes (2010) คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เหตุผลสนับสนุน (Warrant) หลักฐาน (Evidence) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument) และ การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และควรปรับปรุง ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของเมธานนท์ สง่าชาติ และคณะ (2561)

ระดับ	เกณฑ์การประเมิน
ดีมาก (4)	นักเรียนตอบคำถามในองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือ ข้อมูลที่น่าเชื่อถืออย่างน้อย 2 เหตุผล
ดี (3)	นักเรียนตอบคำถามในองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือ ข้อมูลที่น่าเชื่อถืออย่างน้อย 1 เหตุผล
พอใช้ (2)	นักเรียนสามารถตอบคำถามในองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้แต่มีลักษณะการใช้อารมณ์ในการตอบคำถาม
ควรปรับปรุง (1)	นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามในองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก "การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งในบทเรียนเรื่อง ฮอร์โมนและต่อมไร้ท่อ," โดย เมธานนท์ สง่าชาติ, เอกภูมิ จันทรขันตี, และวีระศักดิ ฟุ้งเฟื่อง, 2561, *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56* (น. 155-162), กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จากการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการจัดระดับของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้เป็น 5 ระดับ โดยใช้ช่วงคะแนนเพื่อวัดระดับความสามารถในการโต้แย้งตาม ภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม (2561) คือ 0-1 คะแนน คือ ระดับต่ำมาก 2-3 คะแนน คือ ระดับต่ำ 4–5 คะแนน คือ ระดับปานกลาง 6-7 คือ ระดับดี และ 8-10 คะแนน คือ ระดับดีมาก และผู้วิจัยได้เลือกใช้การเกณฑ์การให้คะแนนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เสนอใน Amielia, Suciati and Maridi (2018) ที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik (2011) ซึ่งมีการให้ 0 คะแนน 1 คะแนน และ 2 คะแนน ในแต่ละองค์ประกอบ โดยผู้วิจัย

ได้นำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทงานวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คำถาม	องค์ประกอบการโต้แย้ง	เกณฑ์การให้คะแนน		
		0	1	2
ข้อที่ 1	ข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีข้อกล่าวอ้าง	ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์และถูกต้อง
	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการให้เหตุผลหรือมีการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานแต่ไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงกล่าวอ้างและหลักฐาน มีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือตามหลักการทางวิทยาศาสตร์
ข้อที่ 2	การใช้หลักฐาน	ไม่มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีแต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ	มีหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
ข้อที่ 3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	ไม่มีการโต้แย้ง	โต้แย้งกลับมีการให้คำอธิบายการโต้แย้งไม่เหมาะสม	โต้แย้งกลับได้อย่างเหมาะสม มีการให้คำอธิบายที่เหมาะสม
	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	ไม่ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับ	มีการให้เหตุผลและหลักฐานแต่มีไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลโดยมีหลักฐานและการให้เหตุผลที่เพียงพอ

2.4.8 การหาคุณภาพของเครื่องมือ

นักวิชาการทางการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้กล่าวถึงการหาคุณภาพของเครื่องมือไว้ ดังนี้

สิรินธร สินจินดาวงศ์ (2547) ได้กล่าวถึง การหาคุณภาพข้อสอบแบบอัตนัย ไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีเดียวกับข้อสอบปรนัย เนื่องจากข้อสอบอัตนัยไม่ได้ใช้การให้คะแนนแบบถูก 1 ผิด 0 ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีการเฉพาะในการวิเคราะห์ เช่น สูตรของ D.R. Whitney และ D.L. Sabers (1970) โดยการเปรียบเทียบผลคะแนนระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีผลการสอบสูงสุด 25% กับกลุ่มที่มีผลการสอบต่ำสุด 25% เพื่อประเมินคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อ ดังนี้

1. ดัชนีค่าความยาก (P_E) จากสูตร

$$P_E = \frac{S_U + S_L(2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})} \quad (2\text{-}1)$$

2. ดัชนีค่าอำนาจจำแนก คำนวณจากสูตร

$$D = \frac{S_U + S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})} \quad (2\text{-}2)$$

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความง่าย

D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน - แทนจำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนสูงสุด

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุด

การวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบในแต่ละข้อ มักพิจารณาจากค่าความยาก (Difficulty Index) ซึ่งควรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index) ควรมีค่ามากกว่า 0.20 ขึ้นไป

การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับของอัตนัย ได้แก่ การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) และการหาค่าความเที่ยงตรง (Validity)

1. ความเชื่อมั่น (Reliability)

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หมายถึง ความคงที่ของผลการวัด ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของคะแนนที่ได้จากการวัดซ้ำภายใต้เงื่อนไขและสถานการณ์เดียวกัน กล่าวคือ หากมีการวัดหลายครั้ง ผลการวัดควรมีลักษณะใกล้เคียงหรือเท่ากัน (Consistency Under the Same Condition) การประเมินค่าความเชื่อมั่นสามารถทำได้ 2 กรณี ได้แก่

1.1 ความเชื่อมั่นจากการวัดซ้ำ (Stability Reliability) เป็นการตรวจสอบความคงที่ของคะแนนเมื่อวัดซ้ำ โดยใช้วิธีการสอบซ้ำ (Test-retest) หรือแบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel forms)

1.2 ความเชื่อมั่นจากความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency Reliability) ใช้วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-half method) รวมถึงการคำนวณด้วยสูตรทางสถิติ เช่น Kuder-Richardson Formula (KR-20, KR-21) สำหรับข้อสอบแบบถูก-ผิด และ Cronbach's Alpha สำหรับแบบสอบที่มีระดับคะแนนหลายระดับ

2. ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการวัดสิ่งที่ตั้งใจจะวัดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ กล่าวคือ แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงจะให้ผลลัพธ์ที่สามารถตีความได้อย่างไม่ผิดพลาดตามจุดประสงค์ของการวัด การประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

2.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เป็นการพิจารณาว่าแบบทดสอบครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดได้อย่างครบถ้วน โดยอาศัยความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญหรือการวิเคราะห์ตามโครงสร้างของหลักสูตรและพิจารณาวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล

ก่อนที่จะดำเนินการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล (Content Validity) จำเป็นต้องมีการจัดทำตารางวิเคราะห์เนื้อหา (Table of Specifications) และระบุจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมอย่างชัดเจน จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับจุดมุ่งหมาย และความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายกับแบบทดสอบ โดยควรมีผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 5 ท่านเป็นผู้ประเมินในการพิจารณาแต่ละข้อ ผู้เชี่ยวชาญจะให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ได้แก่

+1 หมายถึง เห็นว่าข้อสอบมีความสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

–1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

คะแนนจากการประเมินจะถูกนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) โดยใช้สูตรของ Rovinelli and Hambleton (1977) ซึ่งค่าดัชนีที่ได้จะช่วยสะท้อนว่าแต่ละข้อสอบมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวัดมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่ามีความเที่ยงตรงในระดับที่ยอมรับได้

2.2 ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอกที่เป็นตัวแทนของพฤติกรรมหรือสมรรถนะที่ต้องการวัด เช่น ความสามารถในการทำนายผลการเรียน หรือผลสัมฤทธิ์ในอนาคต

2.3 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการวิเคราะห์ว่าแบบทดสอบสามารถสะท้อนหรือวัดโครงสร้างเชิงนามธรรม เช่น ความสามารถทางสติปัญญา ทัศนคติ หรือคุณลักษณะทางจิตวิทยา ได้อย่างแท้จริง

สำนักงาน ก.พ. (2553) ได้กล่าวถึง การหาคุณภาพข้อสอบแบบอัตนัย จะพิจารณาคุณลักษณะของข้อสอบ 2 ประการ ดังนี้

1. ดัชนีความยาก

ดัชนีความยากของข้อสอบ (Index of Difficulty) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนผู้สอบที่ตอบคำถามได้ถูกต้อง กับจำนวนผู้สอบทั้งหมด ซึ่งใช้สัญลักษณ์แทนด้วยตัวอักษร p

1.1 คุณสมบัติของดัชนีความยากของข้อสอบ

1.1.1 ค่า p จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง +1

1.1.2 หากข้อสอบมีค่า p ใกล้ 1 แสดงว่าผู้สอบส่วนใหญ่สามารถตอบได้ถูกต้อง ข้อนั้นจึงถือว่าง่าย

1.1.3 ในทางกลับกัน หากค่า p ใกล้ 0 หมายความว่ามีผู้สอบเพียงส่วนน้อยที่ตอบได้ถูกต้อง ข้อนั้นจึงจัดว่ายาก

ตารางที่ 2.11 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ

ค่าดัชนีความยาก	ความหมาย
0.81-1.00	ง่ายมาก
0.61-0.80	ง่าย
0.51-0.60	ค่อนข้างง่าย
0.5	ยากง่ายพอเหมาะ
0.40-0.49	ค่อนข้างยาก
0.20-0.39	ยาก
0.00-0.19	ยากมาก

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก "*คู่มือการสร้างข้อสอบเพื่อการเลือกสรรบุคคล,*" โดย สำนักงาน ก.พ., 2553, กรุงเทพฯ: สำนักงาน ก.พ.

1.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบบอัตนัย มีวิธีการดังนี้

1.2.1 เริ่มจากการตรวจและให้คะแนนกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบทั้งหมดแล้วจัดเรียงคะแนนจากมากไปหาน้อย

1.2.2 แบ่งกระดาษคำตอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคะแนนสูง (P_H) ซึ่งคิดเป็นประมาณ 27% แรกของจำนวนกระดาษคำตอบทั้งหมด และ กลุ่มคะแนนต่ำ (P_L) ซึ่งคิดเป็นประมาณ 27% ของทั้งหมด

1.2.3 คะแนนเต็มที่เป็นไปได้ คือ คะแนนสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในแต่ละข้อ โดยคำนวณจากคะแนนเต็มของข้อสอบคูณด้วยจำนวนผู้เข้าสอบ เช่น หากข้อสอบข้อละ 10 คะแนน และมีผู้เข้าสอบ 5 คน คะแนนเต็มที่เป็นไปได้จะเท่ากับ 5 × 10 = 50 คะแนน

1.2.4 การหาค่า ร้อยละของกลุ่มคะแนนสูงทำได้โดยนำคะแนนรวมของกลุ่ม P_H มาคำนวณเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม เช่น ถ้ากลุ่ม P_H ได้คะแนนรวม 26 จากคะแนนเต็ม 50 จะได้ค่า P_H % = (26 ÷ 50) × 100 = 52%

1.2.5 ข้อสอบที่มีคุณภาพควรมี ค่าดัชนีความยาก อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80

2. ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จะจำแนกความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถสูงกับผู้สอบที่มีความสามารถต่ำออกจากกันได้ถูกต้อง สัญลักษณ์ของค่าอำนาจจำแนก แทนด้วยตัวอักษร r

2.1 คุณสมบัติของค่าอำนาจจำแนก

2.1.1 ค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และ 0 ถึง -1

2.1.2 ข้อสอบที่มีค่า r เป็นบวก หมายถึง ผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถจะมีแนวโน้มที่จะตอบถูกในข้อสอบข้อนั้นมาก ส่วนผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถน้อยจะมีแนวโน้มตอบข้อนั้นผิดมาก

2.1.3 ข้อสอบที่มีค่า r เป็นลบ หมายถึง ผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถจะมีแนวโน้มที่จะตอบข้อนั้นผิดมาก ส่วนผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถน้อย จะมีแนวโน้มที่จะตอบข้อนั้นถูกมาก

2.1.4 ข้อสอบที่มีค่า r ใกล้ 0 หมายถึง ผู้สอบทั้งที่มีและไม่มีความรู้ความสามารถอาจจะตอบถูกหรือผิดก็ได้ ไม่แน่นอน

2.1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีดังนี้

ตารางที่ 2.12 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

ค่าดัชนีความยาก	ความหมาย
0.40 ขึ้นไป	เป็นข้อสอบที่ดี
0.30-0.39	เป็นข้อสอบที่ดี แต่ควรนำไปปรับปรุง
0.20-0.29	เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้ แต่ควรนำไปปรับปรุงใหม่
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ไม่ควรใช้

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *"คู่มือการสร้างข้อสอบเพื่อการเลือกสรรบุคคล,"* โดย สำนักงาน ก.พ., 2553, กรุงเทพฯ: สำนักงาน ก.พ.

ข้อสอบที่มีคุณภาพควรมี ค่าดัชนีความยาก อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และควรมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งแสดงถึงความสามารถของข้อสอบในการแยกแยะผู้ที่มีความสามารถสูงและต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบหรือข้อสอบทั้งฉบับ พิจารณาจากคุณลักษณะของข้อสอบที่ดี 2 ประการ คือ

2.2.1 ความตรง (Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการวัดสิ่งที่ตั้งใจจะวัด หรือวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการประเมิน ความตรงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง การที่แบบทดสอบสามารถวัดเนื้อหาและพฤติกรรมได้ตรงตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรหรือวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้การตรวจสอบความตรงประเภทนี้มักดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ โดยพิจารณาเนื้อหาและพฤติกรรมตามแผนผังการออกข้อสอบก่อนนำไปใช้จริง แนวทางการตรวจสอบ ดังนี้

- ตรวจสอบว่าเนื้อหาครอบคลุมทั้งเนื้อหาหลักและเนื้อหารองอย่างครบถ้วนและถูกต้องหรือไม่

พิจารณาว่าแต่ละข้อสอบสอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่หากผู้เชี่ยวชาญเห็นพ้องว่าแบบทดสอบตรงตามแผนผังข้อสอบก็สามารถถือว่าแบบทดสอบนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา

2.2.1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการวัดคุณลักษณะหรือแนวคิดที่ตั้งใจจะวัดตามกรอบแนวคิดหรือตามทฤษฎีที่กำหนดไว้ การตรวจสอบความตรงประเภทนี้จึงเป็นการประเมินว่ากรอบแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบนั้นมีความเหมาะสมและถูกต้องหรือไม่ ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลายวิธีโดยในที่นี้เสนอวิธีการตรวจสอบอย่างง่าย 2 วิธี ได้แก่

1) การตรวจเชิงเหตุผล เป็นการพิจารณาเนื้อหาของข้อสอบว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกับแนวคิดหรือทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการวัดหรือไม่ โดยมักจะให้ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องเป็นผู้ประเมิน

2) การตรวจสอบความสอดคล้องภายใน เป็นการประเมินว่าแบบทดสอบทุกข้อมีเป้าหมายในการวัดคุณลักษณะเดียวกันตามโครงสร้างที่วางไว้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแต่ละข้อกับคะแนนรวมของแบบทดสอบทั้งชุด

2.2.1.3 ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการวัดลักษณะหรือคุณสมบัติของบุคคลให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง

ในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น การใช้แบบทดสอบที่เกี่ยวข้องกับบัญชีภาครัฐ เพื่อคัดเลือกผู้สมัครตำแหน่งนักบัญชีปฏิบัติการ หากผู้เข้าสอบที่มีทักษะในงานด้านนี้สามารถทำคะแนนได้สูงแสดงว่าแบบทดสอบมีความตรงตามสภาพ เนื่องจากสามารถสะท้อนความสามารถจริงของผู้ปฏิบัติงานได้

2.2.1.4 ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการคาดการณ์ผลลัพธ์หรือพฤติกรรมของบุคคลในอนาคตได้อย่างแม่นยำ เช่น การใช้แบบทดสอบในการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อหรือเข้าอบรม หากผลจากแบบทดสอบสามารถทำนายผลสำเร็จในการเรียนหรือการอบรมได้ ก็แสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความตรงเชิงพยากรณ์

2.2.2 ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง ความสม่ำเสมอหรือความคงที่ของผลการวัด หากใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันกับกลุ่มบุคคลเดิมในหลายครั้ง ผลที่ได้ควรมีความใกล้เคียงหรือเหมือนเดิมแสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยง การตรวจสอบความเที่ยงมีหลายวิธี ดังนี้

2.2.2.1 ความเที่ยงของข้อสอบคู่ขนาน (Parallel Forms) เป็นการใช้แบบทดสอบสองชุดที่มีเนื้อหาและระดับความยากใกล้เคียงกันกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างคะแนนของทั้งสองชุด ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้แสดงถึงระดับความเที่ยงของแบบทดสอบ อย่างไรก็ตาม การสร้างแบบทดสอบที่มีความเทียบเท่ากันทั้งด้านเนื้อหาและความยากนั้นค่อนข้างทำได้ยาก

2.2.2.2 ความเที่ยงจากการสอบซ้ำ (Test-retest) เป็นการใช้แบบทดสอบชุดเดิมกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันจำนวน 2 ครั้ง โดยเว้นช่วงเวลาให้ห่างกันประมาณ 3–4 สัปดาห์ จากนั้นนำคะแนนจากทั้งสองครั้งมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หากได้ค่าสูงแสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงสูง อย่างไรก็ตาม หากช่วงเวลาระหว่างการทดสอบใกล้กันเกินไป อาจทำให้ค่าความเที่ยงสูงเกินจริงเนื่องจากผู้สอบอาจจำคำตอบจากครั้งก่อนหน้าได้

2.2.2.3 ความเที่ยงจากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-half) เป็นวิธีที่ใช้แบบทดสอบเพียงครั้งเดียว แล้วแบ่งแบบทดสอบออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน เช่น แบ่งตามข้อคู่และข้อคี่ จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของทั้งสองส่วน ซึ่งจะให้ค่าความเที่ยงครึ่งหนึ่งของแบบทดสอบทั้งชุด ต้องนำค่าดังกล่าวมาคำนวณต่อโดยใช้สูตรการคำนวณค่าสถิติของสเปียร์แมนบราวน์ (Spearman-Brown) อีกครั้งหนึ่ง โดยทั่วไปวิธีนี้มักได้ค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีอื่น

2.2.2.4 ความเที่ยงจากการวัดความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) เป็นการวิเคราะห์ความเที่ยงจากการใช้แบบทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามทั้งหมดที่มีต่อคุณลักษณะที่ต้องการวัด วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่ วิธีของ Kuder and Richardson (โดยเฉพาะ KR-20 หรือ KR-21) ซึ่งเป็นการวัดว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถสะท้อนคุณลักษณะเดียวกันได้สม่ำเสมอเพียงใด

พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ (2559) ได้กล่าวถึง การหาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดได้ ต้องมีการการตรวจสอบคุณภาพของ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity)

ความถูกต้องของเครื่องมือถือว่าเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญที่สุดคือ สามารถวัดได้ในสิ่งที่จะวัดหรือวัดได้ผลตามจุดมุ่งหมายจากความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) คือ สามารถวัดเนื้อหาที่กำหนดไว้ได้อย่างครอบคลุม หรือข้อคำถามเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดได้ วิธีการตรวจสอบเครื่องมือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหากระทำได้ ดังนี้

1.1.1 ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาของข้อทดสอบรายวิชาที่สร้างขึ้นกับเนื้อหาที่ระบุไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร รวมทั้งตรวจสอบสัดส่วนของจำนวนข้อคำถามในแต่ละเนื้อหาด้วย

1.1.2 ตรวจสอบโดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญซึ่งควรมีอย่างน้อย 3 ท่าน ถ้าผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีความเห็นตรงกันว่าใช้ได้ แสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หากมีความเห็นไม่ตรงกันก็ควรปรับปรุงแก้ไข

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยอาศัยความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางในสาขาวิชานั้น ๆ ซึ่งสามารถแปลงผลการพิจารณาออกมาในรูปแบบเชิงปริมาณได้โดยการคำนวณ ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมเป้าหมายของแบบทดสอบหรือแบบสอบถาม โดยนำแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่านประเมินและให้คะแนนตามระดับความสอดคล้อง ดังนี้

ให้ +1 หากเชื่อมั่นว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมเป้าหมาย

ให้ 0 หากไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องหรือไม่

ให้ –1 หากมั่นใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมเป้าหมาย

นำคะแนนแทนค่าในสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \qquad (2\text{-}3)$$

ในการคัดเลือกข้อคำถาม จะพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ ข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ในช่วงระหว่าง 0.50 ถึง

1.00 ถือว่ามีความสอดคล้องเพียงพอ และสามารถคงไว้ได้ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ควรได้รับการพิจารณาเพิ่มเติม อาจต้องปรับปรุงเนื้อหาหรือพิจารณาตัดออก

กล่าวโดยสรุป หากข้อคำถามใดมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แสดงว่าข้อนั้นมีความเหมาะสมและสามารถเป็นตัวแทนของพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน แต่หากมีค่าต่ำกว่า 0.50 ข้อคำถามดังกล่าวควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขหรือพิจารณาตัดออกจากเครื่องมือ

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) คือ สามารถวัดลักษณะที่วัดได้ตามโครงสร้างของทฤษฎี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทฤษฎีทางจิตวิทยา

1.3 ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion Related Validity) ซึ่งแบ่งย่อย 2 ประเภท ได้แก่

1.3.1 ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) คือ สามารถวัดลักษณะที่สนใจในสภาพปัจจุบันได้

1.3.2 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ หรือความเที่ยงตรงเชิงทำนาย (Predictive Validity) คือ สามารถจะวัดลักษณะที่สนใจในอนาคตได้

การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเที่ยงตรงตามโครงสร้างโดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญนี้สามารถตรวจสอบไปพร้อมกันได้ ดังนี้

ความเที่ยงตรงมีค่าระหว่าง 0.00–1.00 ค่ายิ่งสูงยิ่งดี ค่าที่ใช้ได้ คือ 0.50–1.00 ยกเว้นกรณีหาโดยใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยก็ต้องกำหนดค่าที่เหมาะสม เช่น ค่า $\overline{X} \geq 4.00$ จากการประมาณค่า 5 ระดับ

2. ความยาก (Difficulty)

ความยาก (Difficulty) เป็นสัดส่วนของการตอบถูก-ผิด ของข้อสอบแต่ละข้อในแบบทดสอบ ข้อคำถามใดที่มีคนตอบถูกมากก็ถือว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย จะได้ค่าความยากมาก ข้อใดที่คนตอบถูกน้อยถือว่ามีความยากมาก แต่จะได้ค่าความยากน้อย

ค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.00–1.00 สรุปว่าค่าความยากยิ่งสูงข้อสอบยิ่งง่าย ค่าที่ใช้ได้ คือ ค่าระหว่าง 0.20–0.80 ค่าความยากที่ดีที่สุดคือ ค่าปานกลาง หรือ 0.50

3. อำนาจจำแนก (Discrimination)

อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนกกลุ่มคนออกจากกัน เช่น คนเก่ง-อ่อน และคนแรงจูงใจสูง–ต่ำ เป็นต้น โดยมีวิธีการหาค่าอำนาจจำแนกจากผลการสอบสองครั้ง (ก่อนสอนและหลังสอน) และผลจากผลการสอบครั้งเดียว (หลังสอน) ดังนี้

วิธีที่ 1 การคำนวณค่าอำนาจจำแนกโดยใช้ผลการสอบก่อนและหลังการสอนเป็นวิธีที่พัฒนาโดย Kryspin และ Feldhuson ซึ่งเสนอให้ใช้ผลคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในการประเมินประสิทธิภาพของข้อสอบ โดยคำนวณค่าที่เรียกว่า ดัชนี S (S-Index หรือ Sensitivity

Index) ซึ่งใช้เพื่อวัดความสามารถของข้อสอบในการแยกแยะนักเรียนตามระดับความรู้ที่เปลี่ยนแปลงจากการเรียนการสอน

วิธีที่ 2 การหาค่าอำนาจจำแนกจากผลการสอบเพียงครั้งเดียว (ภายหลังการสอน) เป็นแนวทางในการประเมินอำนาจจำแนกของข้อสอบที่เสนอโดย Brennan โดยอาศัยข้อมูลจากผลสอบหลังการเรียนเท่านั้น ในการคำนวณค่าที่เรียกว่า ดัชนี B (B-Index หรือ Brennan Index) ซึ่งใช้เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของข้อสอบในการแยกแยะนักเรียนตามระดับความรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอน

ค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง -1.00–1.00 ยิ่งสูงยิ่งดี ถ้าค่าติดลบถือว่าไม่มีอำนาจจำแนก ค่าที่ใช้ได้อยู่ระหว่าง 0.20-1.00

4. ความเชื่อมั่น (Reliability)

ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นคุณสมบัติในการวัดสิ่งที่ต้องการวัดไม่ว่าจะวัดกี่ครั้ง หรือวัดในสภาพการณ์ที่แตกต่างกันจะได้รับผลการวัดคงเดิม ความเชื่อมั่นมีความหมายของความเชื่อมั่นใน 3 ลักษณะ ดังนี้

4.1 ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ความเชื่อถือได้ (Stability) และความสามารถที่ทำนายได้ (Predictability)

4.2 ความเชื่อมั่นที่เป็นความถูกต้องในการวัดสิ่งที่ต้องการวัดอย่างไม่ผิดพลาด (Accuracy)

4.3 ความเชื่อมั่นเป็นคุณสมบัติของการวัดที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดให้ผลการวัดที่ถูกต้องชัดเจนแน่นอน

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย (2560) ได้กล่าวว่าการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบจะต้องพิจารณาความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของข้อสอบแต่ละข้อและทั้งฉบับว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือไม่

1. ความเที่ยงตรง หมายถึง คุณลักษณะหรือเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้เครื่องมือสามารถวัดพฤติกรรมได้อย่างถูกต้องและแม่นยำตามจุดประสงค์หรือเนื้อหาที่ต้องการวัด วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบทดสอบมีทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความเที่ยงตรงตามสภาพและความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่เครื่องมือนั้นให้ผลการวัดที่สามารถวัดเนื้อหาวิชาตามที่ระบุไว้ได้

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่วัดโครงสร้างหรือคุณลักษณะได้ตรงตามโครงสร้างหรือทฤษฎีของสิ่งนั้น หรือตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการจะวัดได้ครบถ้วน

1.3 ความเที่ยงตรงตามสภาพ เป็นคุณสมบัติที่ข้อสอบหรือเครื่องมือนั้นให้ผลของการวัดสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่เป็นอยู่ของลักษณะใดในขณะนั้น

1.4 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ เป็นคุณสมบัติที่เครื่องมือนั้นให้ผลการวัดสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้นในโอกาสต่อไป

2. ความยาก ในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม ความยาก หมายถึง สัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบคำถามนั้นถูกต้องต่อจำนวนผู้ที่ตอบคำถามนั้น ค่านี้แสดงให้เห็นถึงระดับความยาก-ง่ายของคำถามแต่ละข้อว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ การวิเคราะห์นี้ใช้เฉพาะกับข้อสอบเท่านั้น

ในกรณีของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ความยากจะถูกพิจารณาในสองระยะ ได้แก่ ระยะก่อนเรียนและระยะหลังเรียน ในระยะก่อนเรียน ข้อสอบจะถูกนำไปทดสอบกับนักเรียน จากนั้นนำข้อมูลจำนวนผู้ตอบข้อสอบถูกแต่ละข้อที่อาจมีน้อยมาก มาคำนวณค่าดัชนีความยากและแปลความหมายโดยมีเกณฑ์เฉพาะ

3. อำนาจจำแนก อำนาจจำแนกในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกหรือแยกผู้สอบตามความสามารถของพวกเขา ค่าอำนาจจำแนกจะแสดงถึงความแม่นยำของข้อสอบในการบ่งชี้หรือจำแนกนักเรียนที่มีความรู้ (เก่ง) กับนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (อ่อน) ได้อย่างชัดเจนเพียงใด

อำนาจจำแนกในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ อำนาจจำแนกเป็นการพิจารณาประสิทธิภาพในการวัดของข้อสอบในอีกแง่มุมหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่มโดยสิ้นเชิง วิธีการวิเคราะห์แบบอิงเกณฑ์นี้จะใช้ผลการเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียนเพื่อพิจารณาว่าข้อสอบสามารถวัดความก้าวหน้าหรือพัฒนาการของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

4. ความเชื่อมั่น ความเชื่อมั่นข้อสอบแบบอิงกลุ่ม หมายถึงคุณ ลักษณะหรือเงื่อนไขสำคัญของเครื่องมือวัดที่จะให้ผลการวัดที่คงที่และแน่นอน หากเครื่องมือมีความเชื่อมั่นสูง ผลการวัดจะสอดคล้องกับสภาพจริงของกลุ่มตัวอย่างมากที่สุด การพิจารณาความเชื่อมั่นของข้อสอบต้องใช้วิธีคำนวณด้วยสูตรเชิงสถิติ เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ซึ่งมีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 ข้อสอบที่มีความเชื่อมั่นสูงต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป็นค่าบวกเท่านั้น และค่าดังกล่าวควรมากกว่า 0.70 เพื่อให้ถือว่าข้อสอบมีความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้

จากการศึกษาการหาคุณภาพของเครื่องมือ สรุปได้ว่าแบบทดสอบอัตนัยควรมีการตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ซึ่งเครื่องมือวัดผลที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนั้นจะสามารถวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ

กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 38 คน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะการโต้แย้งซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยหาความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีทักษะการโต้แย้งอยู่ในระดับดีขึ้นไปหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานนอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีทักษะการโต้แย้งเพิ่มขึ้น จำนวน 26 คน (ร้อยละ 68.40) และเมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้ง พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุดคือการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน และองค์ประกอบที่พัฒนาได้น้อยที่สุดคือการใช้หลักฐาน

วิไลวรรณ ทรงศิลป์ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ได้ศึกษาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นคำถามปลายเปิดโดยใช้สถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ มีองค์ประกอบการโต้แย้ง 5 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานสนับสนุน เหตุผลข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ โดยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแบบรายข้อ โดยพิจารณาร่วมกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพการโต้แย้ง ตามองค์ประกอบทักษะการโต้แย้ง ในการจัดระดับทักษะการโต้แย้ง คือ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับพอใช้ และระดับปรับปรุง มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมจากทุกสถานการณ์อยู่ในระดับพอใช้ และนักเรียนส่วนใหญ่มีการแสดงข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในระดับดี แต่ยังขาดทักษะในการหาหลักฐานเพื่อสนับสนุนการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือ ทักษะการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

เมธานนท์ สง่าชาติ, เอกภูมิ จันทรขันตี และวีระศักดิ ฟุ้งเฟื่อง (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 39 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งในบทเรียนเรื่อง ฮอร์โมน และ

ต่อมไร้ท่อ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 3 สถานการณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาคำตอบของนักเรียน และจัดแบ่งคำตอบออกเป็น 4 ระดับ ในแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือ ดีมาก ดี พอใช้ และ ควรปรับปรุง และใช้สถิติเชิงบรรยายในการหาความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มคำตอบ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ทั้ง 3 สถานการณ์ แต่หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงระดับของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น 2 ระดับจากระดับเดิม

ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี (2562) ได้ศึกษาผลของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในปฏิบัติการรายวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 31 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ ใช้การวิจัยแบบไม่เข้าขั้นทดลอง (Pre-Experimental Designs) ใช้รูปแบบการวิจัยทดลองกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pre-test Post-test Design) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แต่ละข้อเป็นสถานการณ์การทดลองทั้งหมด จำนวน 4 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลการจากแบบทดสอบทั้งหมด 4 ข้อ และหาร้อยละระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ คือ ร้อยละ 64.52 (จำนวน 20 คน) และในระดับปรับปรุง ร้อยละ 19.35 (จำนวน 6 คน) ระดับดี ร้อยละ 12.90 (จำนวน 4 คน) และระดับดีมาก ร้อยละ 3.23 (จำนวน 1 คน) แต่หลังเรียนรู้พบว่าระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่พัฒนามาอยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 45.16 (จำนวน 14 คน) ระดับดี ร้อยละ 41.94 (จำนวน 13 คน) ระดับพอใช้ ร้อยละ 12.90 (จำนวน 4 คน) และพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง ผลการวิจัยนี้แสดงว่าการจัดการเรียนการรู้สืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งช่วยพัฒนาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น

พิมพ์ผกา คำอาจ (2565) ได้ศึกษาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนหนองกุงศรีวิทยาคาร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง พอลิเมอร์ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบทดสอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมุติฐานโดยใช้สถิติ t-test (One Samples t-test) ผลการวิจัยพบว่า คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ และธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2566) ได้ศึกษาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเรื่องทรัพยากรพลังงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 40 คน โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบตามความสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีในรูปแบบของการเปรียบเทียบแบบจับคู่สิ่งทดลอง ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีระดับคุณภาพของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ภาพรวมอยู่ในระดับสูง จำนวน 24 คน (ร้อยละ 60.00) โดยมีองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนอยู่ในระดับสูง จำนวน 40 คน (ร้อยละ 100.00) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป อยู่ในระดับสูงจำนวน 21 คน (ร้อยละ 52.50) ข้อสนับสนุนของการโต้แย้งอยู่ในระดับสูง จำนวน 31 คน (ร้อยละ 77.50) และหลักฐาน อยู่ในระดับสูง จำนวน 19 คน (ร้อยละ 47.50) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงสามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้

2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Sandoval and Millwood (2005) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการใช้หลักฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างตามธรรมชาติที่เรียนในรายวิชาชีววิทยาจำนวน 87 คน โดยแบ่งเป็น 2 ห้องเรียน ระยะเวลาในการวิจัย 4 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ โจทย์ปัญหาจำนวน 2 ข้อ คือ การสืบเสาะเรื่องนกฟินช์แห่งกาลาปาปากอส โดยให้นักเรียนอธิบายว่านกฟินช์บางตัวจากประชากรบนเกาะกาลาปากอสสามารถรอดพ้นจากภัยพิบัติที่นกส่วนใหญ่ไม่รอดได้อย่างไร และปัญหาวัณโรคให้นักเรียนอธิบายว่าแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของวัณโรคพัฒนาการดื้อต่อยาปฏิชีวนะได้อย่างไร ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการที่ประเมินความหนักแน่นของเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ความเพียงพอของหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และการใช้สัญลักษณ์เฉพาะอย่างมีชั้นเชิงในการโต้แย้งของนักเรียน ผลพบว่า แม้นักเรียนจะตระหนักถึงความสำคัญของการอ้างอิงข้อมูล แต่นักเรียนมักจะละเลย

การอ้างอิงหลักฐานที่เพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และในการให้ข้อโต้แย้งของนักเรียนนั้นบ่อยครั้งขาดการเชื่อมโยงที่ชัดเจนว่าข้อมูลเฉพาะนั้นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างนั้น ๆ อย่างไร

Wu and Tsai (2007) ได้ศึกษาการให้เหตุผลที่ไม่เป็นทางการของนักเรียนมัธยมปลายเกี่ยวกับประเด็นทางสังคม-วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 71 คน เกี่ยวกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามปลายเปิดใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการให้เหตุผลของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ มีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มที่จะวิเคราะห์และประเมินประเด็นทางสังคมวิทยาศาสตร์จากมุมมองที่หลากหลาย โดยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการตัดสินใจบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีนักเรียนต่ำกว่า 40% ที่สามารถสร้างข้อโต้แย้งกลับเพื่อตอบโต้ข้อกล่าวอ้าวที่ต่างออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนส่วนมากร้อยละ 62 มีปัญหาในการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับที่ต่ำมาก นอกจากนี้การใช้เหตุผลสนับสนุนโต้แย้งกลับในปริมาณมากไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป แต่การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปกลับมีแนวโน้มที่จะเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาทักษะการสร้างข้อโต้แย้ง ยิ่งไปกว่านั้นการที่นักเรียนใช้รูปแบบการให้เหตุผลที่หลากหลาย อาจช่วยส่งเสริมให้สามารถนำเสนอข้อโต้แย้งได้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปซึ่งมีบทบาทสำคัญในการนำไปสู่การสร้างข้อโต้แย้งที่สมบูรณ์ ผลการศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้รับจากการเรียนการสอนในโรงเรียนเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพในประเด็นทางสังคมวิทยาศาสตร์

Walker and Sampson (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีผลต่อการพัฒนาความสามารถการโต้แย้งของนักเรียนในรายวิชาเคมีตลอดการศึกษาหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน เป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป ณ วิทยาลัยชุมชนแห่งหนึ่งทางตอนตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 10 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดให้นักเรียนทำในช่วงต้น กลาง และปลายภาคการศึกษา 2) วิดีโอบันทึกขณะนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมโต้แย้ง 3) รายงานผลการทดลองทางห้องปฏิบัติการที่นักเรียนจัดทำในแต่ละกิจกรรม การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบวัดซ้ำกลุ่มเดียว (Single Group Repeated Measures Design) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการเขียนแสดงการโต้แย้งและความสามารถในกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตลอดระยะเวลาการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Repeated Measures ANOVA เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงนักเรียนในแต่ละช่วงเวลา ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญทั้งในด้านคุณภาพของข้อโต้แย้งที่เขียนและการโต้แย้งด้วยวาจา

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างข้อโต้แย้งที่เป็นลายลักษณ์อักษรกับข้อโต้แย้งที่ใช้ในการพูด

Moon, et al. (2017) ได้ศึกษาการวิเคราะห์สื่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายความซับซ้อนของการใช้เหตุผลทางเคมีในการโต้แย้งของนักเรียนที่เรียนเคมีเชิงฟิสิกส์ มีคำถามการวิจัย คือ กิจกรรมหรือคำชี้แนะในสื่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วิชาเคมีเชิงฟิสิกส์ สนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคต่อการใช้หลักฐานของนักเรียนและการใช้เหตุผลของนักเรียนอย่างไร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่เรียนเคมีเชิงฟิสิกส์จำนวน 2 ห้อง โดยใช้แนวทางการเรียนรู้แบบ POGIL (Process-Oriented Guided Inquiry Learning) และใช้สื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) การเก็บข้อมูลในงานวิจัย ใช้วิธีการบันทึกกิจกรรมร่วมกันของนักเรียนโดยมีการบันทึกวิดีโอทั้งคาบเรียนในแต่ละวัน และเพื่อเก็บข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มย่อย มีการบันทึกวิดีโอของหนึ่งกลุ่มย่อยในแต่ละคาบเรียน วิดีโอทั้งหมดได้รับการถอดเสียงอย่างละเอียดตามคำพูด (Verbatim) และนักเรียนทุกคนได้รับการตั้งชื่อแทน (Pseudonyms) การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยวิเคราะห์โดยใช้มุมมองของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์ความซับซ้อนของการให้เหตุผลในข้อโต้แย้งของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนไม่ได้ใช้เหตุผลที่ซับซ้อนมากในการสร้างข้อโต้แย้ง และจากการวิเคราะห์สื่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยเครื่องมือ TAGS (Task Analysis Guide for Science) นั้นแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการคำถามทางวิทยาศาสตร์และวิธีที่นักเรียนใช้หลักฐานในการโต้แย้ง รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความยากของงานและความซับซ้อนของการให้เหตุผลที่ใช้ในการโต้แย้ง

Amielia, Suciati and Maridi (2018) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งในการพัฒนาความสามารถการโต้แย้งของนักเรียน การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการที่โรงเรียนมัธยมศึกษารัฐแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย ปีการศึกษา 2559/2560 โดยการวิจัยแบบทดสอบก่อนและหลังการทดสอบ โดยมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 31 คนต่อกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม โดยกลุ่มตัวอย่างถูกเลือกโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คำถามเชิงสำรวจ และแบบทดสอบความคิดเชิงตรรกะ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย ร้อยละ Kolmogorov-Smirnov t-test และ N-gain ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งในการพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียนในเนื้อหาเรื่องระบบขับถ่ายมีประสิทธิภาพในการพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียน แสดงด้วยคะแนน N-gain ที่ 0.85 ในกลุ่มทดลองซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ซึ่งได้คะแนน 0.32

Fatmawati, Susilowati and Prihandono (2019) ได้ศึกษาผลกระทบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับการใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบกึ่งทดลองการออกแบบโดยมีกลุ่มควบคุมที่ไม่เหมือนกลุ่มกลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนเกรด 8 โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในเซอมารัง อินโดนีเซีย ซึ่งมีทั้งหมด 7 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 204 คน ใช้เทคนิคการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม 2 ห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง G เป็นชั้นทดลอง ได้รับการสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับการใช้ปัญหาเป็นฐานและห้อง F เป็นชั้นควบคุม ได้รับการสอนโดยใช้การบรรยาย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แบบสอบถาม แบบทดสอบ และการสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ N-gain และ t-test จากผลการวิจัย พบว่า เมื่อพิจารณาจากค่า t-test และ N-gain กลุ่มทดลองสูงกว่าชั้นควบคุม สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับการใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

Amelia, Asrial and Effendi-Hasibuan (2020) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI) ในการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดคอลลอยด์เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning: IBL) และปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบ กลุ่มตัวอย่าง คือ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 35 คน อายุ 16-17 ปี (ADI-1, ADI-2, IBL) ถูกเลือกแบบสุ่มจาก 6 ห้องเรียนที่มีอยู่เดิมในโรงเรียนมัธยมปลายแห่งหนึ่งในเมืองจัมบิ ประเทศอินโดนีเซีย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บันทึกภาคสนามและแบบทดสอบการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่า จากผล ANOVA แสดงความแตกต่างที่สำคัญของความสามารถระหว่างชั้นเรียน (ค่า F=27.671, sig<.05) การทดสอบ Tukey HSD แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของ ADI-1 และ ADI-2 ไม่แตกต่างกัน (เฉลี่ย=88.89 และ 88.48, $S.D.$=4.73 และ 4.40, sig>.05) แต่ทั้งสองกลุ่มแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก IBL (เฉลี่ย=80.98, $S.D.$=4.90, sig<.05) ดังนั้นการจัดการเรียนการรู้แบบ ADI มีประสิทธิภาพมากกว่า การจัดการเรียนรู้แบบ IBL ในการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดของคอลลอยด์และขั้นตอนในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันของนักเรียนในสามชั้นเรียนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของความสามารถระหว่างนักเรียน

Suliyanah, Fadillah and Deta (2020) ได้ศึกษาการโต้แย้งของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง ความยืดหยุ่น การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมปลาย จำนวน 32 คน นักเรียนเกรด XI MIPA เมือง Magetan การวิจัยนี้ดำเนินการเมื่อเดือนสิงหาคม 2562 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ

แบบวัดความสามาถในการโต้แย้งเป็นคำถามปลายเปิด 3 ข้อ โดยให้คะแนนเป็นตัวเลข 4 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการพูดโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ค่าเฉลี่ยระดับ 3 และความสามารถในการโต้แย้งจากเขียนรายงานมีค่าเฉลี่ย 2.72 สรุปได้ว่าความสามารถของนักเรียนส่วนใหญ่ในการให้ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อ่อนแอ สาเหตุเกิดจากนักเรียนยังไม่มั่นใจในการแสดงความคิดเห็นในการโต้แย้ง

Admoko, et al. (2021) ได้ทำการศึกษาเพื่ออธิบายการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปใช้กับการเรียนรู้ฟิสิกส์เรื่องกฎของนิวตันและความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสม (Mixed Methods Research) โดยใช้รูปแบบการออกแบบวิจัยแบบลำดับขั้นเชิงอธิบาย (Sequential Explanatory Design) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มแบบเจาะจง โดยใช้ห้องเรียนทดลอง 1 ห้อง คือ ห้อง X MIA 3 และห้องเรียนจำลอง 2 ห้อง คือ ห้อง X MIA 1 และ X MIA 2 (MIA ย่อมาจาก Mathematics and Science Class หรือ ห้องเรียนสายวิทยาศาสตร์ในระบบการศึกษาของอินโดนีเซีย) เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบและแบบสังเกต วิธีการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบ การจัดทำเอกสาร และการสังเกตความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแบ่งออกเป็นสองส่วน คือความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการเขียนและการพูด การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อ้างอิงจากคะแนนก่อนเรียนและหลัง ซึ่งใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยการทดสอบ t-test และการวิเคราะห์ค่า N-gain ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อประเมินระดับของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กรอบระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาโดย Erduran ผลการวิจัยพบว่าค่า t-test และ N-gain แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับกลาง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่าในการทดสอบก่อนเรียนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 1 และ 2 ในขณะที่การทดสอบหลังเรียนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ระดับ 3 และ 4

Guilfoyle, Hillier and Fancourt (2021) ได้ศึกษาความสามารถของนักเรียนในการโต้แย้งภายในและข้ามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และศาสนา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิจัยและการปฏิบัติด้านการโต้แย้งเชิงบูรณาการระหว่างสาขาวิชา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนจำนวน 457 คน อายุระหว่าง 11 ถึง 14 ปี จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 10 แห่งในประเทศอังกฤษ หลังจากการตรวจสอบและคัดกรองข้อมูล พบว่ามีข้อมูลของนักเรียนจำนวน 394 คนที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ เครื่องมือที่

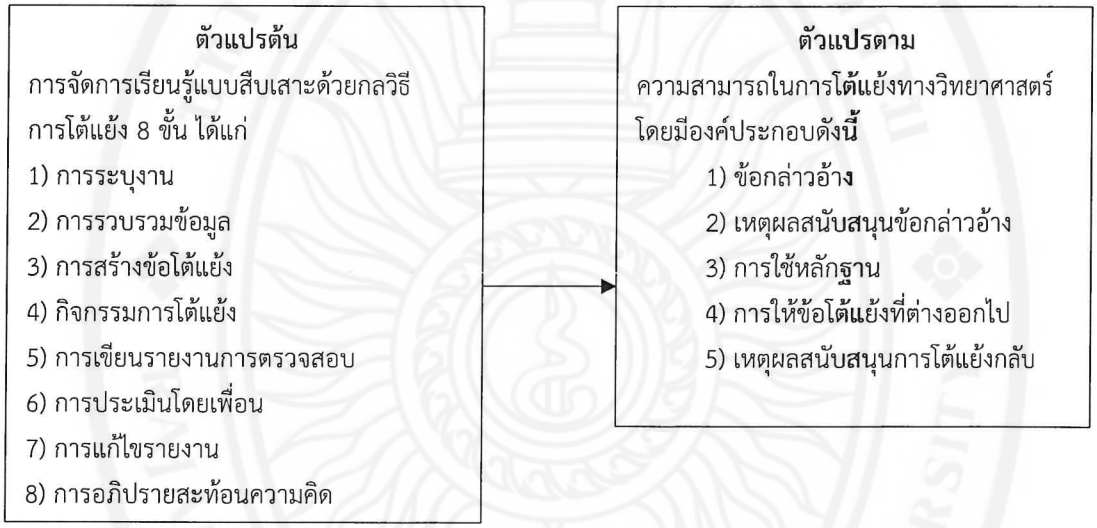
ใช้ในการวิจัยคือ แบบประเมินการโต้แย้งในรูปแบบเขียน จำนวน 3 งาน ซึ่งตั้งอยู่ในบริบทของวิชาที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) วิทยาศาสตร์ 2) ศาสนา และ 3) บูรณาการที่ผสานการโต้แย้งจากวิทยาศาสตร์และศาสนา ผลการวิจัยพบว่า ในทั้งสามบริบทของงานเขียน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำคะแนนเต็มได้ในส่วนของการระบุข้ออ้าง (Claim) และ หลักฐาน (Evidence) อย่างไรก็ตาม เมื่อให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้ออ้างกับหลักฐาน (Warrant) และสร้างข้อโต้แย้งเชิงประเมิน (Evaluative Argument) คะแนนของนักเรียนกลับลดลง โดยทั่วไปพบว่า นักเรียนมีผลการโต้แย้งที่ดีกว่าในบริบทของวิชาวิทยาศาสตร์ ในขณะที่พบว่า นักเรียนมีความยากลำบากในการโต้แย้งในบริบทของวิชาศาสนา (RE)

Jumariati, Febriyanti and Rizki (2021) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการโต้แย้งของนักศึกษาระดับสูงในการเขียนเรียงความเชิงโต้แย้ง โดยใช้แบบจำลองการโต้แย้งของ Toulmin เป็นแนวทางในการประเมิน การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงพรรณนา กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาจำนวน 30 คน จากชั้นเรียนรายวิชา Academic Writing ของหลักสูตรสาขาวิชาภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัยลัมบังมังกูรัต เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย หัวข้อสำหรับการเขียนเรียงความและแบบประเมินการให้คะแนน โดยแบบประเมินนี้พัฒนาขึ้นจากเกณฑ์ของ Toulmin การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและจัดระดับคุณภาพของการโต้แย้งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ และอ่อน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาอยู่ที่ 14.29 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณารายละเอียดขององค์ประกอบการโต้แย้ง พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ยังขาดการใช้แนวคิดที่ตรงข้าม (Opposing Arguments) และการโต้แย้งกลับ (Refutation) โดย 40% ของนักศึกษาในการเขียนครั้งแรก และ 20% ในการเขียนครั้งที่สอง ไม่ได้เสนอความคิดเห็นที่ตรงข้าม ขณะเดียวกัน 46.66% ของนักศึกษาในการเขียนครั้งแรก และ 50% ในการเขียนครั้งที่สองไม่ได้ให้การโต้แย้งกลับ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นวิธีที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผลผ่านกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของการโต้แย้ง เช่น ข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ล้วนช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ข้อมูลที่ตรวจสอบได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ขั้นตอนการเรียนรู้ยังเน้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวและกิจกรรมเฉพาะด้านการโต้แย้ง ซึ่งแตกต่างจากการจัดการเรียนรู้ทั่วไป จึงส่งผลให้นักเรียนพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มุ่งให้นักเรียนใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าและทดลอง เพื่อนำหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้มาใช้สร้างข้อกล่าวอ้าง พร้อมแสดงเหตุผลและหลักฐานที่สนับสนุนข้อคิดเห็นอย่างมีน่าเชื่อถือ วิธีการเรียนรู้นี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผล สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงความคิดเห็นโดยอ้างอิงข้อมูลและเหตุผลที่ชัดเจน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Sampson and Gleim (2009)



ภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียน วิชาเคมี จำนวน 1 ห้อง นักเรียนจำนวน 10 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม เป็นกลุ่มที่มีปัญหาในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นอัตนัยจำนวน 3 ข้อ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระดับดี 1 คน ระดับปานกลาง 4 คน ระดับต่ำ 4 คน และระดับต่ำมาก 1 คน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดทักษะการโต้แย้งเป็นและหากมองลงถึงองค์ประกอบการโต้แย้งพบว่านักเรียนขาดความสามารถในการใช้หลักฐาน เหตุผลสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง การให้ข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คนที่	องค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์					รวม	ผลการประเมิน
	ข้อกล่าวอ้าง	การใช้หลักฐาน	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	การให้ข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ		
1	1	1	1	0	0	3	ระดับต่ำ
2	2	0	0	0	0	2	ระดับต่ำ
3	2	1	0	1	1	5	ระดับปานกลาง
4	2	1	0	0	2	5	ระดับปานกลาง
5	2	1	1	1	0	5	ระดับปานกลาง
6	2	1	1	0	1	5	ระดับปานกลาง
7	2	0	1	0	0	3	ระดับต่ำ
8	2	1	1	2	1	7	ระดับดี
9	2	0	1	0	0	3	ระดับต่ำ
10	1	0	0	0	0	1	ระดับต่ำมาก

จากตารางที่ 3.1 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบการโต้แย้ง พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เกือบทุกองค์ประกอบการโต้แย้ง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนทั้ง 10 คนเป็นกลุ่มเป้าหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 แบบ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 22 ชั่วโมง

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.2.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ใช้วัดความสามารถในการโต้แย้งหลังจากจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ รวม 3 ข้อ

3.2.2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ใช้ในการสังเกตพฤติกรรมและความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อนำมาพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเรื่อง พันธะเคมี จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 22 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือโดยมีรายละเอียดตามขั้นตอน ดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 1 และหนังสือคู่มือครู

3.3.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อศึกษาแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

3.3.1.3 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยแต่ละแผนประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

3.3.1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.2 และรายละเอียดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 12 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก	13. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกโดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 13 สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก	14. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 14 พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก	15. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 15 สมบัติสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ	16. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก 17. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 16 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์	18. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามด้วยโครงสร้างลิวอิส	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 17 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	19. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 18 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์	20. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 19 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	21. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 20 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติสารโคเวเลนต์	22. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวจุดเดือดและการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 21 สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย	23. สืบค้นข้อมูลและอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 22 พันธะโลหะและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ	24. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ 25. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะได้อย่างเหมาะสม	2

ตารางที่ 3.3 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

<table>
<tr><th>แผนการจัดการเรียนรู้ที่</th><th>กิจกรรม</th><th>เวลา (ชั่วโมง)</th></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 12
สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “สายป่านได้ทำการเขียนแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนของสารประกอบไอออนิกโดยได้ทำการใช้สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสในการหาและระบุไอออนของสารประกอบไอออนิก นักเรียนคิดว่าสายป่านเขียนแสดงระบุไอออนถูกหรือไม่”
<table>
<tr><th>สารประกอบไอออนิก</th><th>ไอออนบวก</th><th>ไอออนลบ</th></tr>
<tr><td>ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)</td><td>Li^+</td><td>Cl^-</td></tr>
<tr><td>ซีเซียม (Cs) กับกำมะถัน (S)</td><td>S^{2+}</td><td>Cs^-</td></tr>
<tr><td>แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)</td><td>Ba^{2+}</td><td>I^-</td></tr>
<tr><td>แคลเซียม (Ca) กับออกซิเจน (O)</td><td>Ca^+</td><td>O^-</td></tr>
</table></td><td>2</td></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 13
สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “นักเรียนได้รับแจ้งเหตุพบสารเคมีปริศนา 4 ชนิด แต่ละชนิดมีสูตรเคมีและชื่อที่ไม่ชัดเจนโดยมีข้อมูลที่ค้นพบดังนี้
<table>
<tr><th>สารประกอบไอออนิก</th><th>ไอออนบวก</th><th>ไอออนลบ</th></tr>
<tr><td>ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)</td><td>Li^+</td><td>O^{2-}</td></tr>
<tr><td>แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)</td><td>Ba^{2+}</td><td>I^-</td></tr>
<tr><td>แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)</td><td>Ca^{2+}</td><td>Cl^-</td></tr>
<tr><td>ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)</td><td>Li^+</td><td>Cl^-</td></tr>
</table>
จากข้อมูลที่กำหนดมาให้นักเรียนจะทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและแต่ละโมเลกุลจะมีชื่อเรียกอย่างไร”</td><td>2</td></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 14
พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “กำหนดค่าพลังงานที่เกี่ยวข้องกับซีเซียมและฟลูออรีน ดังนี้
<table>
<tr><th>ชนิดของพลังงาน</th><th>ค่าพลังงาน (kJ/mol)</th></tr>
<tr><td>พลังงานแลตทิซของ CsF</td><td>759</td></tr>
<tr><td>สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของ F</td><td>328</td></tr>
<tr><td>พลังงานการระเหิดของ Cs</td><td>76</td></tr>
<tr><td>พลังงานพันธะของ F_2</td><td>159</td></tr>
<tr><td>พลังงานไอออไนเซชัน ลำดับที่ 1 ของ Cs</td><td>376</td></tr>
</table>
นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงานและจะเขียนแผนภาพวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ ของการเกิดสารประกอบซีเซียมฟลูออไรด์อย่างไร”</td><td>2</td></tr>
</table>

(ต่อ)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

<table>
<tr><th>แผนการจัดการเรียนรู้ที่</th><th>กิจกรรม</th><th>เวลา
(ชั่วโมง)</th></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 15
สมบัติสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “จากสารที่กำหนดให้ KCl Na_2SO_4 $CaSO_4$ $BaCO_3$ $Mg(OH)_2$ $MgSO_4$ $AgNO_3$ $BaCl_2$ $NaHCO_3$ หมูต้องการสารละลายที่ผสมกันแล้วได้ตะกอนแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) นักเรียนคิดว่าจากสารที่กำหนดให้ หมูต้องใช้สารใดกับสารใด”</td><td>2</td></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 16
การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “จากธาตุที่กำหนดให้ นักเรียนจะทำอย่างไรให้ได้โมเลกุลที่ครบตามกฎออกเตตโดยใช้จุดลิวอิส พร้อมบอกชนิดพันธะที่เกิดขึ้น C กับ S N กับ F และ H C กับ N”</td><td>2</td></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 17
การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “สารประกอบ X ประกอบด้วยธาตุซิลิกอน 1 อะตอม และธาตุออกซิเจน 2 อะตอม สารประกอบ Y ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 2 อะตอม และธาตุไฮโดรเจน 4 อะตอม นักเรียนคิดว่าสารประกอบแต่ละตัวมีชื่อ และสูตรสารโคเวเลนต์อย่างไร เพราะเหตุใด”</td><td>2</td></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 18
ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: “นิดหน่อยได้รับการบ้านเรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะโดยโจทย์ให้เรียงลำดับพันธะความยาวพันธะและหาพลังงานจากปฏิกิริยา $HF(g) + Cl_2(g) \rightarrow HCl(g) + ClF(g)$ ได้กำหนดพลังงานพันธะ ดังนี้
<table>
<tr><td>พันธะ</td><td>H-F</td><td>H-Cl</td><td>Cl-F</td><td>Cl-Cl</td></tr>
<tr><td>พลังงาน (kJ/mol)</td><td>567</td><td>431</td><td>258</td><td>242</td></tr>
</table>
ซึ่งนิดหน่อยเรียงลำดับความยาวพันธะได้เป็น H-F > H-Cl > Cl-F > Cl-Cl และเมื่อคำนวณพลังงานพบว่าเป็นปฏิกิริยาคายพลังงานนักเรียนคิดว่านิดหน่อยถูกต้องหรือไม่”</td><td>2</td></tr>
<tr><td>แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 19
รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์</td><td>สถานการณ์โต้แย้ง: แป้งทำการวิเคราะห์ความมีขั้วของสารโคเวเลนต์ที่ได้จากหัวหน้างานเพื่อที่จะใช้ประโยชน์ของความมีขั้วและไม่มีขั้วนี้ ในการเตรียมและวิเคราะห์สารละลายโดยมีผลการวิเคราะห์สารโคเวเลนต์ ดังนี้
<table>
<tr><td>สาร</td><td>สภาพขั้วโมเลกุล</td></tr>
<tr><td>OF_2</td><td>มี</td></tr>
<tr><td>PH_3</td><td>ไม่มี</td></tr>
</table>
นักเรียนคิดว่าสภาพขั้วที่แป้งวิเคราะห์ได้ ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่สารนี้ควรมีสภาพขั้วอย่างไร”</td><td>2</td></tr>
</table>

(ต่อ)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	กิจกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 20 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติสารโคเวเลนต์	สถานการณ์โต้แย้ง: "นัทและแนนได้ทำการทดลองเพื่อหาสมบัติการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) และทำการเปรียบเทียบจุดเดือดระหว่าง HF กับ HI นักเรียนคิดว่าผลการทดลองของนัทและแนนจะเป็นอย่างไร"	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 21 สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย	สถานการณ์โต้แย้ง: "ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์กำลังมองหาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ต้องการโดยมีคุณสมบัติดังนี้ มีความแข็งสูง จุดหลอมเหลวสูง ทนทานต่อการกัดกร่อน และวัสดุต้องนำไฟฟ้าได้ ซึ่งมีตัวเลือก ดังนี้ แกรไฟต์ ซิลิกอนไดออกไซด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ วัสดุชนิดใดที่เหมาะสมกับความต้องการมากที่สุด"	2
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 22 พันธะโลหะและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์และโลหะ	สถานการณ์โต้แย้ง: "บริษัทแห่งหนึ่งต้องการผลิตท่อฉนวนสำหรับร้อยสายไฟ โดยยังไม่ได้คัดสินใจว่าควรใช้แบบใด แบบที่หนึ่ง คือ ฉนวนทำจากสารโคเวเลนซ์ที่เป็นพอลิเมอร์ เช่น พีวีซี (Polyvinyl Chloride) หรือ พีอีที (Polyethylene Terephthalate) ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนที่เชื่อมกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ แบบที่สอง คือ สารไอออนิกที่ทำจากแก้ว เช่น ใยแก้ว (Fiberglass) ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของซิลิกอนและออกซิเจนที่เชื่อมกันด้วยพันธะไอออนิก โดยที่สายไฟฟ้าทำจากทองแดง ซึ่งเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงในการผลิตบริษัทต้องการท่อฉนวนสำหรับร้อยสายไฟที่ทนความร้อนและมีราคาที่ถูกไม่สูงจนเกินไป นักเรียนคิดว่าฉนวนควรทำจากสารชนิดใดจึงจะดีที่สุด"	2

3.3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเรื่อง พันธะเคมี จำนวน 11 แผน รวมเวลาเรียน 22 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน คือ

1) การระบุงาน เป็นการแนะนำหัวข้อที่จะศึกษา เชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ของนักเรียนและสร้างความสนใจแก่นักเรียน มีการกำหนดปัญหาและหัวข้อที่จะต้องศึกษา

2) การรวบรวมข้อมูล นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มเพื่อออกแบบการทดลอง ทำการทดลองและสืบเสาะ เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3) การสร้างข้อโต้แย้ง นักเรียนจะเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ มีการแลกเปลี่ยนความคิดและร่วมมือกันแก้ปัญหาในกลุ่ม สามารถให้เหตุผลโดยให้คำอธิบายที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้าง กับหลักฐานที่ใช้ ว่ามีความถูกต้องหรือสอดคล้องกับข้อมูลหรือไม่

4) กิจกรรมการโต้แย้ง การเสนอ สนับสนุน วิจารณ์ คำอธิบายและความคิดเห็นของตนผ่านการนำเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน การอภิปรายช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายและให้เหตุผลถึงการโต้แย้งที่สร้างขึ้น และเพื่อให้นักเรียนสามารถโต้แย้งความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นที่พิจารณาแล้วว่าไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5) การเขียนรายงานการตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเขียนอธิบายผลลัพธ์ของการค้นคว้าในรูปแบบของรายงาน เพื่อให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดของตัวเองได้อย่างชัดเจนและกระชับ องค์ประกอบของรายงาน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

6) การประเมินโดยเพื่อน นักเรียนประเมินรายงานของเพื่อนและตัดสินใจว่ารายงานนั้นเป็นที่ยอมรับหรือต้องการแก้ไขตามเกณฑ์ที่แนบมาในแบบประเมินหรือไม่ โดยไม่มีการระบุผู้ตรวจ เป็นส่วนหนึ่งในการทบทวนความรู้

7) การแก้ไขรายงาน ขั้นตอนที่นักเรียนเขียนหรือแก้ไขรายงานใหม่ตามคำแนะนำของผู้ตรวจทาน จากนั้นส่งรายงานที่แก้ไขให้ครูตรวจอีกครั้ง

8) การอภิปรายสะท้อนความคิด ผลลัพธ์ของการค้นคว้าและแนวคิดที่ได้จากการสืบเสาะหรือทดลองที่มีความถูกต้องตามแนวคิดทฤษฎีและกฎ

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล

3.3.1.7 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับปรุงสถานการณ์การโต้แย้งให้มีความครอบคลุมในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1) รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนัด ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะการโต้แย้ง

2) อาจารย์ ดร.รัตติกาล สารกอง ปร.ด. (วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา

3) นายอาพินันท์ วรธิพรหมมา ศษ.บ.(วิทยาศาสตร์ศึกษา เอกเดี่ยวเคมี) ครู โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ผู้เชี่ยวด้านด้านเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

การตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งเป็นแบบประเมินมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยเกณฑ์การประเมินเป็นคะแนน ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

3.3.1.9 นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เทียบเกณฑ์คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ต้องมีความเหมาะสมในระดับมากขึ้นไป โดยมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.51 ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยดังต่อไปนี้ (ดังภาคผนวก ง)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 ($S.D.$=0.29) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 20 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ($S.D.$=0.27) อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

3.3.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน เพื่อให้ประเมินนักเรียนได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ระบุคะแนนในแบบบันทึกการโต้แย้งแต่ละข้อ และเพิ่มขั้นตอนการอธิบายสื่อการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

3.3.1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 10 คน

3.3.2 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 สถานการณ์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย ประกอบไปด้วยสถานการณ์และการให้คำตอบหรือคำอธิบายตามองค์ประกอบการโต้แย้งตามแนวคิดของ Lin and Mintzes (2010) คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) การใช้หลักฐาน (Evidence) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument) และเหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument) ซึ่งมีการดำเนินสร้างตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ศึกษาการสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 สร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 สถานการณ์ มีลักษณะเป็นอัตนัย โดยแต่ละสถานการณ์มีข้อคำถามตามองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim)

2) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)

3) การใช้หลักฐาน (Evidence)

4) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument)

5) เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์แบบวัดให้สอดคล้องกับองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	จำนวนสถานการณ์	
	สร้าง	ใช้จริง
1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	5	3
2. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)		
3. การใช้หลักฐาน (Evidence)		
4. การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument)		
5. เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)		
รวม	5	3

3.3.2.3 สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Amielia, Suciati and Maridi (2018) ที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik (2011) โดยมีการปรับเพื่อให้เข้ากับบริบทของงานวิจัยดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คำถาม	องค์ประกอบการโต้แย้ง	เกณฑ์การให้คะแนน		
		0	1	2
ข้อที่ 1	ข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีข้อกล่าวอ้าง	ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์และถูกต้อง
	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการให้เหตุผลหรือมีการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานแต่ไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงกล่าวอ้างและหลักฐาน มีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

(ต่อ)

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

คำถาม	องค์ประกอบการโต้แย้ง	เกณฑ์การให้คะแนน		
		0	1	2
ข้อที่ 2	การใช้หลักฐาน	ไม่มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีแต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ	มีหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
ข้อที่ 3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	ไม่มีการโต้แย้ง	มีโต้แย้งกลับแต่มีการให้คำอธิบายการโต้แย้งไม่เหมาะสม	โต้แย้งกลับได้อย่างเหมาะสม มีการให้คำอธิบายที่เหมาะสม
	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	ไม่ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับ	มีการให้เหตุผลและหลักฐานแต่มีไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลโดยมีหลักฐานและการให้เหตุผลที่เพียงพอ

3.3.2.4 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.5 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับสถานการณ์ให้มีความละเอียด ชัดเจนและครอบคลุมเนื้อหาที่ใช้ในการวัดความสามารถในการโต้แย้งมากยิ่งขึ้น

3.3.2.6 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1) รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนัด ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะการโต้แย้ง

2) อาจารย์ ดร.รัตติกาล สารกอง ปร.ด. (วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา

3) นายอาพินันท์ วรธิพรหมมา ศษ.บ. (วิทยาศาสตร์ศึกษา เอกเดี่ยวเคมี) ครูโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ผู้เชี่ยวด้านด้านเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

3.3.2.7 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาการให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1 เมื่อเห็นด้วยว่าแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

-1 เมื่อไม่เห็นด้วยว่าแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับพฤติกรรมที่ชี้วัดถึงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นทำการเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ระหว่าง 0.50-1.00 ไว้ใช้ พบว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.89-1.00 (ดังภาคผนวก ง)

3.3.2.9 นำแบบวัดและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับข้อคำถามให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และปรับสถานการณ์การโต้แย้งให้เข้ากับบริบทของนักเรียนเพื่อลดความซับซ้อนของข้อคำถาม

3.3.2.10 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองม่วงวิทยาคาร ที่มีลักษณะและขนาดของโรงเรียนใกล้เคียงกลุ่มเป้าหมาย เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.11 นำผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2566) พบว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ มีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.36-0.50 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.61-0.93 (ดังภาคผนวก ง)

3.3.2.12 ทำการคัดเลือกข้อสถานการณ์ที่ผ่านเกณฑ์มาจำนวน 3 สถานการณ์ จำนวน 3 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (α-Coefficient) โดยค่าความเชื่อมั่นต้องมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2566) พบว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86 (ดังภาคผนวก ง)

3.3.2.13 นำเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater Reliability) จากดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) โดยมีค่าความเชื่อมั่น 0.85 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2566) พบว่าค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนมีค่าความเชื่อมั่น 0.93 (ดังภาคผนวก ง)

3.3.2.14 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 10 คน

3.3.3 แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกพฤติกรรมการโต้แย้งของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนผลหลังการสอนและสังเกตความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม วิธีการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมและองค์ประกอบของการโต้แย้ง

3.3.3.2 กำหนดขอบเขตของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ กำหนดขอบเขตระยะเวลาในการบันทึก มีการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน และกำหนดขอบข่ายการบันทึกตามองค์ประกอบของการโต้แย้ง ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนนำมาใช้ในการโต้แย้ง
2) หลักฐานประกอบเหตุผลที่นักเรียนนำมาใช้ขณะโต้แย้ง
3) เหตุผลสนับสนุนข้ออ้างของนักเรียนที่นำมาโต้แย้ง
4) ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปที่นักเรียนใช้ในการโต้แย้งกลับ
5) การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ

3.3.3.3 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบการโต้แย้ง

3.3.3.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม

3.3.3.5 ปรับปรุงแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ เพิ่มหัวข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อสังเกตพฤติกรรมอื่นนอกเหนือจากองค์ประกอบการโต้แย้ง

3.3.3.6 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการปรับปรุงไปใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้น ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Planning) 2) ขั้นปฏิบัติ (Action) 3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และ 4) ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

3.4.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 22 ชั่วโมง ซึ่งได้ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติ 3 วงจรปฏิบัติ โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวม ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาในปัจจุบัน สภาพสิ่งแวดล้อมในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำปัญหาที่พบมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยการศึกษาจากการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมีเพิ่มเติม โดยผู้วิจัยได้สำรวจความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 10 คน ในระหว่างการสังเกตและทดลองสอนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นอัตนัย ซึ่งผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนการเข้าวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากนักเรียนจำนวน 10 คน พบว่า นักเรียนมีความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระดับดี 1 คน ระดับปานกลาง 4 คน ระดับต่ำ 4 คน และระดับต่ำมาก 1 คน เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบการโต้แย้ง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการให้เหตุผลและการให้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่พบจากการติดตามการสอดคล้องประเมินตนเองของโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่พบว่า นักเรียนบางคนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและการคิดเชิงวิพากษ์ จากการศึกษาแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พบว่าจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัด

การเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการศึกษาผลการเรียนรู้ หลักสูตร เพื่อนำไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ซึ่งอยู่ในการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน ดังนี้

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 12 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 13 สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 14 พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 15 สมบัติสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ

นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อรับคำแนะนำและแก้ไขปรับปรุงและประเมินสอดคล้องและความเหมาะสม จากนั้นแก้ไขตามคำแนะนำและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลและการดำเนินกิจกรรมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และอธิบายจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสำคัญของการจัดกิจกรรมในครั้งนี้ให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและร่วมมือในการจัดกิจกรรม และดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 12 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 13 สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 14 พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 15 สมบัติสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

สังเกตและประเมินนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยการทำเก็บข้อมูลความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

ผู้วิจัยสะท้อนผลการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยนำผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์ถึง

ปัญหาที่พบในแต่ละพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามผลที่ได้จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งมีแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 16 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 17 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 18 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 19 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

สังเกตและประเมินนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยการทำเก็บข้อมูลความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

ผู้วิจัยสะท้อนผลการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยนำผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในแต่ละพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งตามผลที่ได้จากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 20 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติสารโคเวเลนต์
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 21 สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย
แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 22 พันธะโลหะและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

สังเกตและประเมินนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยการทำเก็บข้อมูลความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

ผู้วิจัยสะท้อนผลการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยนำผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

หลังจากสิ้นสุดการดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยทำการสรุปผลความสามารถในโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

ตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

วงจรปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้
วงจรปฏิบัติการที่ 1	1. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 12 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก	-	ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	2. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 13 สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก		
	3. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 14 พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก		
	4. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 15 สมบัติสารประกอบไอออนิก สมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ		
	5. แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย	
	แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	นักเรียน	หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 1

(ต่อ)

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้
วงจร ปฏิบัติการที่ 2	1. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 16 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์	-	ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	2. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 17 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์		
	3. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 18 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์		
	4. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 19 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์		
	5. แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย	
	แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	นักเรียน	หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2
วงจร ปฏิบัติการที่ 3	1.แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 20 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติสารโคเวเลนต์	-	ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	2. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 21 สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย		
	3. แผนการจัดการจัดเรียนรู้ที่ 22 พันธะโลหะและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ		
	4. แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย	
	แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	นักเรียน	หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

3.5.1.1 ตรวจให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Amielia, Suciati and Maridi (2018) ที่มีการพัฒนาโดย McNeill and Krajcik (2011) และนำคะแนนที่ได้มาแปลผลตามช่วงคะแนน (ภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม, 2561) ดังนี้

8-10 คะแนน คือ ระดับดีมาก

6-7 คะแนน คือ ระดับดี

4–5 คะแนน คือ ระดับปานกลาง

2-3 คะแนน คือ ระดับต่ำ

0-1 คะแนน คือ ระดับต่ำมาก

โดยกำหนดเกณฑ์ผ่านการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

3.5.1.2 นำคะแนนของแต่ละองค์ประกอบการโต้แย้งมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

วิเคราะห์พฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ดังนี้

3.5.2.1 ทำการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากการสังเกตตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ ข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

3.5.2.2 ทำการสรุปข้อมูลเพื่อรายงานผลการดำเนินการวิจัย โดยสรุปเป็น 2 ส่วน คือ ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ

3.6.1 สถิติพื้นฐาน

3.6.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มเป้าหมาย

X_i แทน คะแนนของคนที่ i

n แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มเป้าหมาย

3.6.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \quad (3\text{-}2)$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มเป้าหมาย

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มเป้าหมาย

X_i แทน ค่าคะแนนของคนที่ i

n แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มเป้าหมาย

3.6.1.3 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$\text{ร้อยละ (\%)} = \frac{f}{n} \times 100 \quad (3\text{-}3)$$

เมื่อ f แทน ความถี่ของรายการที่สนใจ

n แทน จำนวนทั้งหมด

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

3.6.2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน คะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

3.6.2.2 วิเคราะห์ค่าความยากของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$P = \frac{S_H + S_L - \left(2nX_{\min}\right)}{2n\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \quad (3\text{-}5)$$

เมื่อ P แทน ดัชนีความยาก

S_H แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3.6.2.3 วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (3\text{-}6)$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัด

S_H แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3.6.2.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater Reliability) จากดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) (ไพศาล วรคำ, 2566) ดังนี้

กรณีหลายพฤติกรรมหลายตัวอย่างสองผู้ประเมิน

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{n=1}^{N}\left|R_{1nk} - R_{2nk}\right|}{KN(I-1)} \qquad (3\text{-}7)$$

เมื่อ RAI แทน ดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน

R_{1nk} แทน คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ในพฤติกรรมที่ k ของตัวอย่างคนที่ n (n=1,2,3, ... ,N)

R_{2nk} แทน คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ในพฤติกรรมที่ k ของตัวอย่างคนที่ n

I แทน จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ (Scoring Rubrics)

K แทน จำนวนพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

3.6.2.5 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566)

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] \qquad (3\text{-}8)$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์แอลฟา

k แทน จำนวนข้อสอบในแบบวัด

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม t

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิจัย
2. ลำดับการนำเสนอผลการวิจัย
3. ผลการวิจัย

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิจัย

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและเสนอผลการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ในการนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

4.2 ลำดับการนำเสนอผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ลำดับการนำเสนอผลการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี ดังนี้

4.2.1 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง วงจรปฏิบัติการที่ 1

4.2.2 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง วงจรปฏิบัติการที่ 2

4.2.3 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง วงจรปฏิบัติการที่ 3

4.3.4 สรุปผลพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

4.3 ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นระยะเวลา 22 ชั่วโมง ผลการวิจัยเป็นดังนี้

4.3.1 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง วงจรปฏิบัติการที่ 1

4.3.1.1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เพื่อประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยทำการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นอัตนัยจำนวน 3 ข้อ จากนักเรียนจำนวน 10 คน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระดับดี 1 คน ระดับปานกลาง 4 คน ระดับต่ำ 4 คน และระดับต่ำมาก 1 คน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบการโต้แย้งพบว่า นักเรียนขาดความสามารถในการใช้หลักฐาน เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การให้ข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้ง 10 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายมีความจำเป็นในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยทำการศึกษาผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ผลที่ได้จากการสำรวจสภาพปัญหาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นี้ ได้นำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนเริ่มวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12-15 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 สมบัติสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งประกอบด้วยทั้งหมด 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุงาน 2) การรวบรวมข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้ง 4) กิจกรรมการโต้แย้ง 5) การเขียนรายงานการตรวจสอบ 6) การประเมินโดยเพื่อน 7) การแก้ไขรายงาน และ 8) การอภิปรายสะท้อนความคิด

4.3.1.2 ขั้นปฏิบัติการ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นปฏิบัติการจัดกิจกรรมดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนครูทำการยกสารตัวอย่างสารเคมีในชีวิตประจำวัน เพื่อทบทวนเกี่ยวกับสารประกอบและจำนวนอะตอมในแต่ละโมเลกุล และใช้คำถามเพื่อโยงเข้าสู่เรื่อง พันธะเคมี ทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเวเลนต์อิเล็กตรอนและกฎออกเตต จากนั้นครูให้นักเรียนพิจารณาจุดลิวอิสของ Na และ Cl แล้วตั้งคำถามว่า “ถ้าต้องการจะทำให้จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุทั้งสองมีความเสถียรหรือเป็นไปตามกฎออกเตตจะทำได้อย่างไร” เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมการสืบเสาะในเรื่องสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

> “สายป่านได้ทำการเขียนแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนของสารประกอบไอออนิกโดยได้ทำการใช้สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสในการหาและระบุไอออนของสารประกอบไอออนิก นักเรียนคิดว่าสายป่านเขียนแสดงระบุไอออนถูกหรือไม่

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-
ซีเซียม (Cs) กับกำมะถัน (S)	S^{2+}	Cs^-
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-
แคลเซียม (Ca) กับออกซิเจน (O)	Ca^+	O^-

”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกและทบทวนความรู้เดิม โดยถามคำถาม เช่น “จากตัวอย่างโมเลกุลที่กำหนดให้ ประกอบไปด้วยอย่างละกี่อะตอม” “จะต้องทำอย่างไรให้อะตอมของ Na และ Cl มีความเสถียรและเป็นไปตามกฎออกเตต” และสุ่มนักเรียนให้ระบุไอออนของสาร จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

“นักเรียนได้รับแจ้งเหตุพบสารเคมีปริศนา 4 ชนิด แต่ละชนิดมีสูตรเคมีและชื่อที่ไม่ชัดเจนโดยมีข้อมูลที่ค้นพบ ดังนี้

สารประกอบไอนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^+	O^{2-}
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^-
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-

จากข้อมูลที่กำหนดมาให้นักเรียนจะทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและแต่ละโมเลกุลมีชื่อเรียกอย่างไร”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนมีการยกตัวอย่างสมการเกิดโซเดียมคลอไรด์และพลังงานการเกิด และถามคำถาม “นักเรียนคิดว่าจากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ นอกจากมีการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นอีกบ้าง” “ตัวเลข -412 kJ/mol หน่วยที่อยู่หลังตัวเลขบ่งบอกถึงอะไร” จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

“ กำหนดค่าพลังงานที่เกี่ยวข้องกับซีเซียมและฟลูออรีนดังนี้

ชนิดของพลังงาน	ค่าพลังงาน (kJ/mol)
พลังงานแลตทิซของ CsF	759
สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของ F	328
พลังงานการระเหิดของ Cs	76
พลังงานพันธะของ F_2	159
พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 ของ Cs	376

นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงาน
และจะเขียนแผนภาพวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ ของการเกิด
สารประกอบซีเซียมฟลูออไรด์อย่างไร”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 นำเข้าสู่บทเรียน ครูยกตัวอย่างสารเคมีในชีวิตประจำวัน โดย ยกตัวอย่าง เกลือแกง (NaCl) ดินประสิวหรือโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) มาให้นักเรียนพิจารณา แล้วตั้งคำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียนว่า “จากรูปนักเรียนคิดว่าสารประกอบไอออนิกนี้มีสมบัติอย่างไร” “การเกิดแรงผลักของประจุภายในสารประกอบ ส่งผลให้สารประกอบไอออนิกนี้มีสมบัติเป็นอย่างไร” และ “จากรูปนักเรียนคิดว่าสารประกอบไอออนิกนี้มีสมบัติอย่างไร” จากนั้นครูอธิบายเกี่ยวกับการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก เพื่อนำเข้าสู่เรื่องสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ โดยใช้แผนผังรูปภาพประกอบ จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

“ จากสารที่กำหนดให้ KCl Na_2SO_4 $CaSO_4$ $BaCO_3$
$Mg(OH)_2$ $MgSO_4$ $AgNO_3$ $BaCl_2$ $NaHCO_3$ หมูต้องการ
สารละลายที่ผสมกันแล้วได้ตะกอนแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$)
นักเรียนคิดว่าจากสารที่กำหนดให้หมูต้องใช้สารใดกับสารใด”

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ หลังจากนักเรียนได้รับทราบสถานการณ์ นักเรียนต้องทำการสืบเสาะข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการโต้แย้งในขั้นตอนการสำรวจ โดยครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการสืบเสาะ จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะมาโต้แย้งในชั้นเรียนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อโต้แย้งและให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมโต้แย้งนักเรียนต้องเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน สุดท้ายครูทำการสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน โดยอภิปรายถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พร้อมสรุปผลจากการสืบเสาะที่ถูกต้อง

4.3.1.3 ขั้นสังเกตการณ์

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้สังเกตและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีผลการสังเกตดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและการเกิดพันธะไอออนิก จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุข้อกล่าวอ้าง

ได้ แต่อธิบายเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้น้อย และยังขาดรายละเอียดในการอธิบายเหตุผลในส่วนข้อมูลสนับสนุนคำตอบหรือหลักฐาน โดยพบว่านักเรียนสามารถค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองได้น้อย แต่ยังไม่ครอบคลุมและครบถ้วนสมบูรณ์ ดังตัวอย่างการตอบคำถาม

ครู : “สารประกอบใดบ้างที่ระบุไอออนได้ถูกต้อง (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “Li กับ Cl และ Ba กับ I”

กลุ่มที่ 2 : “Li กับ Cl ถูก Ba กับ I ไม่ถูก และ Ca กับ O ไม่ถูกต้อง”

กลุ่มที่ 3 : “Li กับ Cl และ Ba กับ I”

ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “เพราะ Li มีเวเลนต์อิเล็กตรอน 1 ตัว ซึ่งเป็นโลหะ จึงสามารถให้อิเล็กตรอนออกไป 1 ตัว ส่วน Cl เป็นอโลหะที่รับอิเล็กตรอนได้ 1 ตัวพอดี ดังนั้น Li จึงให้อิเล็กตรอนแก่ Cl ได้พอดี Ba เป็นโลหะเช่นกัน จะให้เวเลนต์อิเล็กตรอนได้ 2 ตัว ส่วน I เป็นอโลหะที่สามารถรับอิเล็กตรอนได้ 1 ตัวต่ออะตอม ดังนั้นจึงต้องใช้ I 2 อะตอมมารับอิเล็กตรอนจาก Ba ให้ครบ 2 ตัว”

กลุ่มที่ 2 : “Li กับ Cl ถูก เพราะ นำอิเล็กตรอนมารวมได้พอดี Ba กับ I ไม่ถูก เพราะ I รับอิเล็กตรอนได้แค่ 1 อิเล็กตรอน Ba มี 2 ถ้านำมารวมกันจะผิด Ca กับ O ไม่ถูกเพราะ O รับมาได้ 2 อิเล็กตรอน แต่ Ca มี 2 อิเล็กตรอนถ้านำมาใช้ร่วมกันจะได้ 8 อิเล็กตรอน แต่ไม่ตรงตามตารางของสายป่านที่บอกว่า O รับได้แค่ 1 อิเล็กตรอน”

กลุ่มที่ 3 : “Li อยู่หมู่ 1 เลยให้อิเล็กตรอนไอออนเลยเป็น +1”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)”

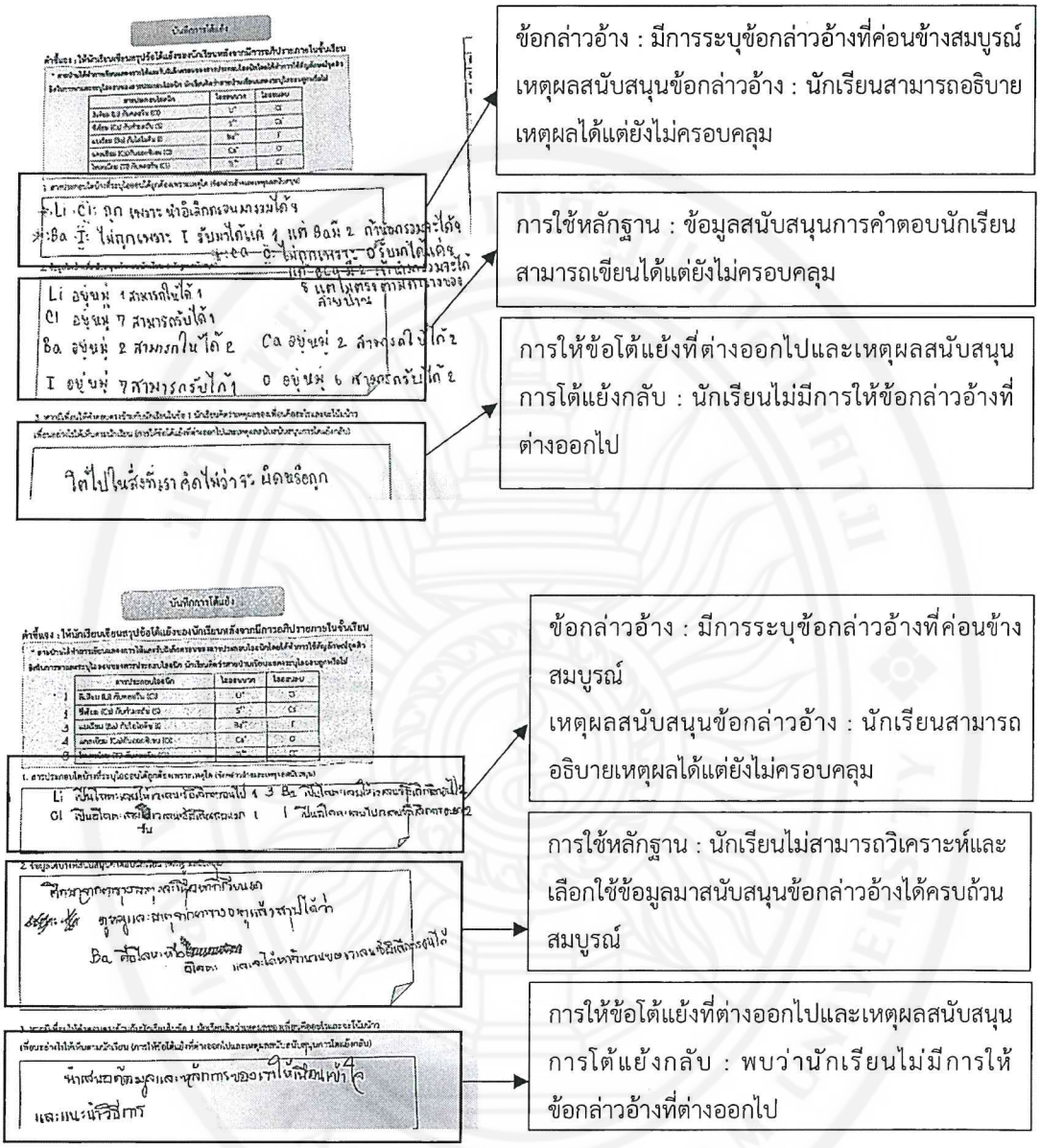
กลุ่มที่ 1 : “ศึกษาจากตารางธาตุและเนื้อหาที่เรียนมา”

กลุ่มที่ 2 : “Li อยู่หมู่ 1 สามารถให้ได้ 1 อิเล็กตรอน Cl อยู่หมู่ 7 สามารถรับได้ 1 อิเล็กตรอน B อยู่หมู่ 2 สามารถให้ได้ 2 อิเล็กตรอน I อยู่หมู่ 7 สามารถรับได้ 1 อิเล็กตรอน Ca อยู่หมู่ 2 สามารถให้ได้ 2 อิเล็กตรอน และ O อยู่หมู่ 6 สามารถรับได้ 2 อิเล็กตรอน”

กลุ่มที่ 3 : “-”

เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ค่อนข้างสมบูรณ์และอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้น้อย แต่ยังไม่ครอบคลุมและไม่สามารถใช้ข้อมูลมาสนับสนุน

ข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วน ส่วนข้อโต้แย้งกลับ นักเรียนไม่ได้นำเสนอข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปหรือเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับที่เพียงพอ ดังภาพที่ 4.1 ดังนี้



ภาพที่ 4.1 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า มีเพียงนักเรียนกลุ่มเดียวที่สามารถให้เหตุผลในข้อกล่าวอ้างได้แต่ยังไม่สมบูรณ์ ส่วนกลุ่มที่เหลือไม่สามารถให้เหตุผลในการกล่าวอ้างได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์และเลือกข้อมูลมาใช้ได้ ขาดความเข้าใจในเนื้อหา ในส่วนของหลักฐาน

สนับสนุนคำตอบของนักเรียน พบว่ามีเพียง 1 กลุ่มที่มีการอธิบายถึงข้อมูลที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ใหม่นักเรียนไม่เคยเรียน ทำให้ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ ดังตัวอย่างการตอบคำถาม

ครู : "ทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและแต่ละโมเลกุลมีชื่อเรียกอย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)"

กลุ่มที่ 1 : "Li_2O ได้มาจากการใช้สูตรคูณไขว้ เพราะ Li ให้แค่ 1 แต่ O ต้องการรับ 2 เลยคูณไขว้จึงได้ Li ห้อย 2"

กลุ่มที่ 2 : "Li_2O = ลิเทียม+ไอออกไซด์ BaI_2 = แบเรียม+ไอโอไดด์ $CaCl_2$ = แคลเซียม+คลอไรด์ LiCl = ลิเทียม+คลอไรด์"

กลุ่มที่ 3 : "Li_2O ลิเทียมออกไซด์ BaI แบเรียมไอโอไดรด์ CaCl แคลเซียมคลอไรด์ LiCl ลิเทียมคลอไรด์"

ครู : "เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)"

กลุ่มที่ 1 : "เพราะในใบงานมีสูตรมีสมการมีตารางให้ดูและทดลองทำจึงหาคำตอบและสูตรที่โจทย์ตั้งมาได้"

กลุ่มที่ 2 : "เช่น ลิเทียมให้ได้สูงสุดแค่ 1 อิเล็กตรอน แต่ออกซิเจนต้องการ 2 อิเล็กตรอน จึงนำลิเทียมมาจับคู่กัน"

กลุ่มที่ 3 : "-"

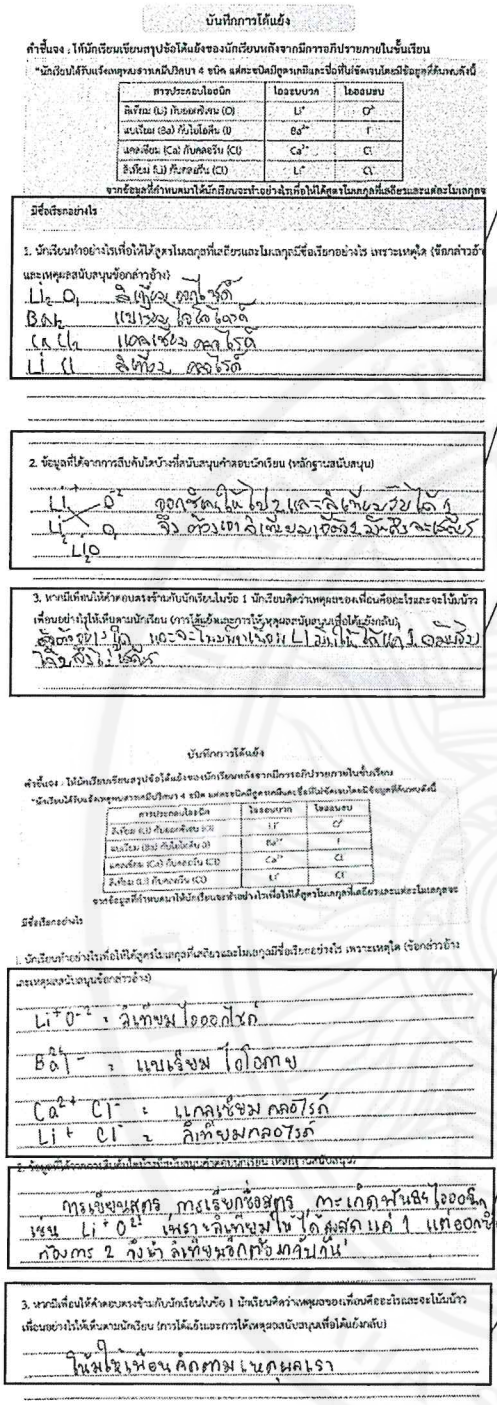
ครู : "ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)"

กลุ่มที่ 1 : "ข้อมูลจากที่เรียนมาและใบความรู้ที่ได้มา"

กลุ่มที่ 2 : "Li อยู่หมู่ 1 สามารถให้ได้ 1 อิเล็กตรอน Cl อยู่หมู่ 7 สามารถรับได้ 1 อิเล็กตรอน Ba อยู่หมู่ 2 สามารถให้ได้ 2 อิเล็กตรอน I อยู่หมู่ 7 สามารถรับได้ 1 อิเล็กตรอน Ca อยู่หมู่ 2 สามารถให้ได้ 2 อิเล็กตรอน และ O อยู่หมู่ 6 สามารถรับได้ 2 อิเล็กตรอน"

กลุ่มที่ 3 : "Li^+ O^{2-}"

เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผลหรือการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างเพียงพอ ข้อมูลที่นำมาใช้จากการสืบค้นไม่ครบถ้วนและไม่สามารถเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างได้ดี นอกจากนี้ยังไม่มีข้อโต้แย้งหรือเหตุผลในการสนับสนุนการโต้แย้งกลับที่เพียงพอ ดังภาพที่ 4.2 ดังนี้



ข้อกล่าวอ้าง : มีการระบุข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง : ไม่มีการอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

การใช้หลักฐาน : นักเรียนเขียนอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นแต่ไม่ครบถ้วนและไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เพื่อเชื่อมโยงเหตุผลกับข้อกล่าวอ้าง

การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ : นักเรียนไม่มีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างไปรวมถึงเหตุผลในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับไม่เพียงพอ

ข้อกล่าวอ้าง : มีการระบุข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง : ไม่มีการอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

การใช้หลักฐาน : นักเรียนเขียนอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นไม่ครบถ้วนและไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เพื่อเชื่อมโยงเหตุผลกับข้อกล่าวอ้างโดยมีการอธิบายเพียงสูตรโมเลกุลเดียว

การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ : พบว่านักเรียนไม่มีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างไปรวมถึงเหตุผลในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ

ภาพที่ 4.2 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

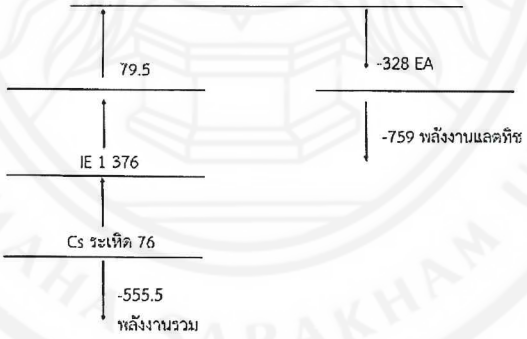
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 พลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้แตกต่างกันออกไปตามข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนให้ข้อเหตุผลในข้อกล่าวอ้างได้สั้น ๆ ไม่ละเอียด และนักเรียนยังคงสงสัยและสับสนในวัฏจักร์บอร์น-ฮาเบอร์ว่ามีลำดับขั้นตอนอย่างไร ครูจึงได้อธิบายเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนในการสืบเสาะ ในส่วนของหลักฐานที่ใช้สนับสนุน พบว่ามี 2 กลุ่มที่นำแผนผังวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์มาใช้ในการอธิบาย ส่วนอีกกลุ่มให้คำตอบโดยระบุเพียงว่า พิจารณาจากแผนผังวัฏจักรบอร์น–ฮาเบอร์ ดังตัวอย่างการตอบคำถาม

ครู : “ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงานและแสดงแผนภาพวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ได้อย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “คาย เพราะเป็นลบ ”



กลุ่มที่ 2 : “คายพลังงาน ”



กลุ่มที่ 3 : “คายเพราะพลังงานสุดท้ายเป็นลบ”

ครู: “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง) ”

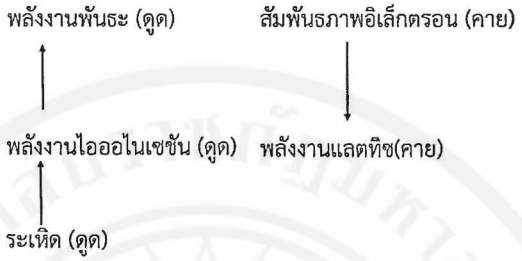
กลุ่มที่ 1 : “ผลรวมของทั้งหมดมีค่าเป็นลบ พลังงานรวม 76 + 376 + 79.5 + (-328) + (-759) = -555.5 kJ/mol”

กลุ่มที่ 2 : “พลังงานแลตทิซของ CsF เป็นบวก ถ้าคำนวณพลังงานรวมทั้งหมดมีค่าเป็นลบ เป็นพลังงานแบบคาย”

กลุ่มที่ 3 : “พลังงานแลตทิซรวมสุดท้ายเป็นลบ”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบนักเรียน (หลักฐาน)”

กลุ่มที่ 1 : “

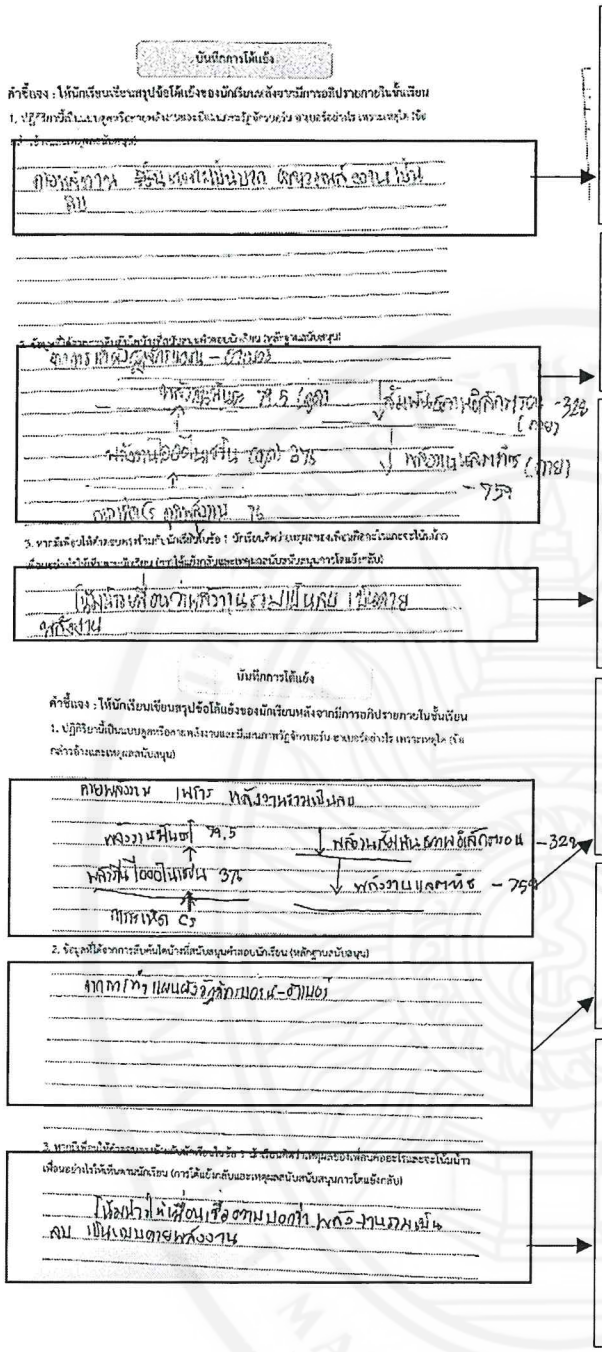


”

กลุ่มที่ 2 : “พลังงานแลตทิซ CsF เท่ากับ -759 kJ/mol ระเหิด = ดูดพลังงาน IE = ดูดพลังงาน พลังงานพันธะ = ดูดพลังงาน EA = คายพลังงาน พลังงานแลตทิซ = คายพลังงาน ”

กลุ่มที่ 3 : “ดูจากแผนผังวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ในใบความรู้”

นักเรียนทำการเขียนบันทึกการโต้แย้งหลังจากกิจกรรมโต้แย้งเสร็จพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อนพบว่า นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์และมีการเชื่อมโยงกับหลักฐานบางส่วน เช่น มีการใช้แผนผังวัฏจักรบอร์นฮาเบอร์ในการอธิบายแต่ยังขาดการอธิบายหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างเพียงพอ หลักฐานที่ใช้ยังไม่สมบูรณ์และไม่สามารถเชื่อมโยงได้อย่างชัดเจน ส่วนข้อโต้แย้งกลับนักเรียนจะให้เหตุผลสั้น ๆ แต่ยังไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังภาพที่ 4.3 ดังนี้



ข้อกล่าวอ้าง : มีการระบุข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง : มีการเขียนบรรยายเป็นข้อความสั้น ๆ เชื่อมโยงกับหลักฐาน แต่ไม่เพียงพอ

การใช้หลักฐาน : นักเรียนเขียนอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นเพียงต่อการนำไปใช้เพื่อเชื่อมโยงเหตุผลกับข้อกล่าวอ้าง

การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ : นักเรียนไม่ได้แสดงข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างจากเพื่อน แต่มีการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับในลักษณะที่สั้นและไม่เพียงพอต่อการอธิบายอย่างชัดเจน

ข้อกล่าวอ้าง : มีการระบุข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง : มีการอธิบายโดยใช้แผนผังวัฏจักรบอร์นฮาเบอร์

การใช้หลักฐาน : ไม่มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ระบุเพียงว่านักเรียนใช้แผนผังวัฏจักรบอร์นฮาเบอร์ในการอธิบาย

การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ : นักเรียนไม่ให้ข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างจากผู้อื่น แต่มีการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ อย่างไรก็ตาม เหตุผลที่ให้นั้นยังมีลักษณะที่สั้นและไม่เพียงพอในการอธิบายหรือโน้มน้าวอย่างชัดเจน

ภาพที่ 4.3 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 สมบัติสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธินิก จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียน พบว่านักเรียนแต่กลุ่มมีข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างกันไปตามข้อมูลที่สืบเสาะได้และแต่ละกลุ่มมีเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สั้นและไม่ละเอียดเช่นเดิม ในส่วนของข้อมูลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนไม่สามารถเสนอหลักฐานที่ได้จากการสืบเสาะได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเนื้อหาเป็นที่ยากต่อการทำ

ความเข้าใจทำให้นักเรียนไม่มั่นใจในหลักฐานที่ได้และสับสนไม่ทราบว่าจะต้องใช้ข้อมูลใดมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน ดังตัวอย่างการตอบคำถาม

ครู : "สารใดบ้างที่ผสมกันแล้วได้ตะกอนแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) (ข้อกล่าวอ้าง)"

กลุ่มที่ 1 : "$BaCl_2$ กับ $MgSO_4$ $BaCl_2$ กับ Na_2SO_4 และ $BaCl_2$ กับ $CaSO_4$ "

กลุ่มที่ 2 : "$BaCl_2$ กับ $MgSO_4$ และ $BaCl_2$ กับ $CaSO_4$ "

กลุ่มที่ 3 : "$BaCl_2$ กับ Na_2SO_4 และ $BaCl_2$ กับ Mg_2SO_4"

ครู : "เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)"

กลุ่มที่ 1 : "สารที่มี Ba และ SO_4 เมื่อจับคู่กันจะเกิดตะกอน Ba เป็นไอออน 2+ SO_4 เป็นไอออน 2- เมื่อจับคู่กันทำปฏิกิริยาได้ $BaSO_4$"

กลุ่มที่ 2 : "$BaCl_2$ มีไอออน Ba^{2+} และ Na_2SO_4 มี SO_4 $CaSO_4$ ก็มี SO_4 ทำให้เกิดตะกอน $BaSO_4$ ได้"

กลุ่มที่ 3 : "ทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดตะกอนและมี SO_4 ซึ่งตัวอื่นไม่มี"

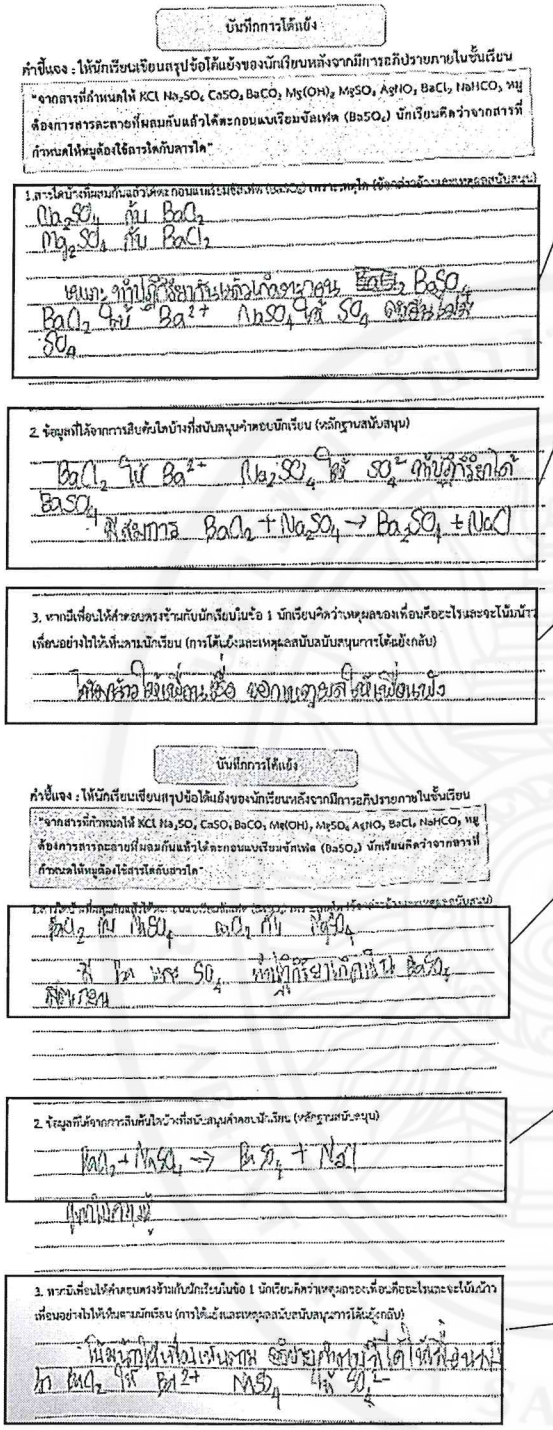
ครู : "ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)"

กลุ่มที่ 1 : "จากการอ่านใบความรู้และข้อมูลที่ได้จากการเรียน"

กลุ่มที่ 2 : "จากตัวอย่างสมการเคมีและใบความรู้ $BaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + NaCl$"

กลุ่มที่ 3 : $BaCl_2$ จะให้ไอออนบวกคือ Ba^{2+} ส่วน Na_2SO_4 จะให้ไอออนลบคือ SO_4^{2-} เมื่อทั้งสองสารทำปฏิกิริยากัน ก็จะเกิดตะกอนสีขาวของ $BaSO_4$ แล้วถ้าสังเกตจะเห็นว่า $BaCl_2$ กับ $BaSO_4$ มีจุดที่เหมือนกัน ก็คือ มี Ba^{2+} และ SO_4^{2-} ทำให้เกิดตะกอนสีขาวของ $BaSO_4$ เหมือนกัน"

เมื่อจบการโต้แย้งครูทำการทบทวนข้อมูลของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอ และนักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งจากการตรวจบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนสามารถสามารถเขียนอธิบายถึงเหตุผลในข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้น สามารถเขียนถึงข้อมูลที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้น้อย ในส่วนของการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ พบว่ามีนักเรียนเพียงบางคนที่สามารถทำได้และบางคนไม่เขียนอธิบาย ซึ่งโดยส่วนมากนักเรียนจะเขียนเช่นเดิม ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์เพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการโดยครอบคลุมองค์ประกอบการโต้แย้งทั้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง2) การใช้หลักฐาน 3) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 4) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ 5) เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ผลการประเมินความสามารถในโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

คนที่ (N)	ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์					ผลรวม (10 คะแนน)	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	การใช้หลักฐาน (2 คะแนน)	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (2 คะแนน)	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (2 คะแนน)		
1	1	1	1	0	1	4	ระดับปานกลาง
2	2	0	0	0	0	2	ระดับต่ำ
3	2	1	0	1	1	5	ระดับปานกลาง
4	2	1	0	0	2	5	ระดับปานกลาง
5	2	2	1	2	0	7	ระดับดี
6	2	1	1	0	1	5	ระดับปานกลาง
7	2	0	1	0	1	4	ระดับปานกลาง
8	2	1	1	2	1	7	ระดับดี
9	2	0	1	0	0	3	ระดับต่ำ
10	2	0	0	0	0	2	ระดับต่ำ
$\overline{X}$	1.9	0.7	0.6	0.5	0.7	4.4	
S.D.	0.32	0.66	0.52	0.85	0.68	1.8	

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และ ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ระดับปานกลางจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ระดับต่ำจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบการโต้แย้ง พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$ =1.9, *S.D.* =0.32) ถัดมาคือ การใช้หลักฐาน ($\overline{X}$ =0.7,

S.D. =0.66) เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ($\overline{X}$ =0.7, *S.D.* =0.68) การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ($\overline{X}$ = 0.6, *S.D.* =0.52) และการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ($\overline{X}$ = 0.5, *S.D.* =0.85) ตามลำดับ

4.3.1.4 ขั้นสะท้อนกลับ

ผู้วิจัยสะท้อนผลการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยนำผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในแต่ละพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	
- นักเรียนมีการให้เหตุในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับหลักฐานได้บางส่วนและมีนักเรียนบางคนที่ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานและเหตุผลเข้าด้วยกันได้	- ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและการให้เหตุผลข้อกล่าวอ้าง เช่น “นักเรียนใช้หลักการอะไรในการตั้งชื่อสารประกอบไอออนิกนี้” อธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเช่น เรื่องพลังงานและการเกิดสารประกอบไอออนิก โดยอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพลังงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนของการเกิดสารประกอบไอออนิก
- ข้อความที่ใช้ในการอธิบายเหตุผลส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของประโยคสั้น ๆ โดยมีความพยายามเชื่อมโยงกับหลักฐาน เช่น การเกิดตะกอน แต่ยังไม่สามารถอธิบายกลไกของปฏิกิริยาได้อย่างชัดเจน	- ใช้สื่อในเรื่องที่มีความซับซ้อน เช่น การใช้แผนผังวัฏจักรบอร์น–ฮาเบอร์ ในการร่วมอธิบายเพื่อให้เห็นภาพรวมของพลังงานที่เกี่ยวข้องชัดเจนขึ้น และช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างเป็นระบบ มีการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์และตีความข้อมูลจากหลักฐาน หาความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้าง และสร้างความต่อเนื่องในการอธิบายหรือเขียนเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(ต่อ)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
2. การใช้หลักฐาน - นักเรียนสามารถหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองได้น้อย ไม่ครอบคลุม และนักเรียนไม่มีความมั่นใจในหลักฐานที่ตนเองศึกษาค้นคว้ามาได้ เนื่องจากคิดว่าหลักฐานนั้นไม่ถูกต้อง - นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์และเลือกใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยมักยกตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียว ซึ่งไม่ครอบคลุมเนื้อหาหรือประเด็นทั้งหมดที่ควรอธิบาย	- เน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจว่าการหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่มีถูกหรือผิด ส่งเสริมให้นักเรียนมั่นใจในข้อมูลที่ตนเองค้นหาและเลือกใช้ โดยไม่กังวลถึงความถูกต้องเพียงอย่างเดียว แต่ให้เน้นที่ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อมูลต่อข้อกล่าวอ้าง - ใช้คำถามกระตุ้นการคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ ค้นหา และเลือกข้อมูลที่เหมาะสม เช่น คำถาม “มีข้อมูลใดบ้างที่สามารถนำมาใช้อธิบายการเกิดสมการไอออนิกสุทธิได้” หรือ “จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ข้อใดบ้างที่สามารถใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียนได้” เพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้างอย่างเป็นระบบ - อธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่าการใช้หลักฐานที่ดีควรครอบคลุมและหลากหลาย โดยแนะนำว่านักเรียนไม่ควรจำกัดการใช้หลักฐานเพียงแค่ตัวอย่างเดียว แต่ควรมีหลักฐานที่หลากหลายและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างครอบคลุม
3. การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป - นักเรียนมีความกล้าแสดงออกในการโต้แย้งในข้อกล่าวอ้างของตน แต่ยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่กล้าโต้แย้ง เนื่องจากไม่มั่นใจในหลักฐานประกอบการให้เหตุผล	- มีการใช้คำถามเพื่อทบทวนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นและแสดงหลักฐานของกลุ่มอื่น เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มของตนเองว่าแตกต่างจากของเพื่อนอย่างไร

(ต่อ)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
4. เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ - นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลในการโต้แย้งกับเพื่อนได้และมีการโน้มน้าวเพื่อนกลุ่มตรงข้าม แต่ยังมีการให้เหตุผลและหลักฐานไม่เพียงพอ เช่น “โน้มน้าวให้เพื่อนเชื่อและบอกเหตุผลให้เพื่อนฟัง” สาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์และขาดทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล	- ฝึกการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐาน ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์เหตุผลของตนเองและเปรียบเทียบกับผู้อื่น เพื่อให้นักเรียนเขียนอธิบายถึงการโต้แย้งกลับและการให้เหตุผล โดยชี้ให้เห็นถึงหลักฐานที่นักเรียนหามาและเหตุผลของการใช้หลักฐานนั้นว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร เช่น “มีข้อมูลใดบ้างที่สามารถนำมาเพิ่มเพื่อทำให้เหตุผลของนักเรียนหนักแน่นยิ่งขึ้น” และ “เหตุผลใดบ้างที่นักเรียนต่างจากเพื่อน” เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเปรียบเทียบ วิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อนของตนเอง

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้แก่ นักเรียนยังไม่มั่นใจในความถูกต้องและความครอบคลุมของหลักฐานที่นำมาใช้สนับสนุนข้อโต้แย้ง มีการเชื่อมโยงเหตุผลและหลักฐานไม่ชัดเจน นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุผลและหลักฐานเข้าด้วยกันได้อย่างสมบูรณ์ และขาดทักษะในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นในการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล ผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางการแก้ไขปัญหา คือ เน้นย้ำในการหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นไม่มีถูกหรือผิด ให้นักเรียนมั่นใจในข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ และมีการใช้คำถามเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง กระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและเหตุผล รวมถึงการทบทวนข้อกล่าวอ้างของเพื่อนเพื่อเปรียบเทียบกับของตนเอง ฝึกการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐาน โดยคำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนโต้แย้งและแสดงการเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผลอย่างชัดเจน

4.3.2 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง วงจรปฏิบัติการที่ 2

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

4.3.2.1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนกลับในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่พบว่า นักเรียนขาดทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลและการเลือกข้อมูลมาใช้ ความไม่มั่นใจในข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น การขาดทักษะการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์และทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลจึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งการหาหลักฐาน การให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนการโต้แย้งกลับไม่ดีเท่าที่ควร ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ในขั้นการรวบรวมข้อมูลและการสร้างข้อโต้แย้ง ผู้วิจัยได้นำคำถามกระตุ้นมาใช้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยเน้นย้ำว่าการนำเสนอข้อคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์ไม่มีถูกหรือผิด แต่เป็นกระบวนการใช้หลักฐานและเหตุผลอย่างมีเหตุผลในการเลือกข้อมูลที่เหมาะสมและหลากหลาย เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยให้นักเรียนตระหนักว่าไม่ควรยึดติดกับหลักฐานเพียงชิ้นใดชิ้นหนึ่ง และหลังกิจกรรมโต้แย้ง มีการใช้คำถามเพื่อทบทวนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นและแสดงหลักฐานของกลุ่มอื่นเพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มของตนเองว่าแตกต่างจากของเพื่อนอย่างไร เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการหาข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และมีการตั้งคำถามกระตุ้นเพื่อช่วยชี้นำให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับเหตุผล พร้อมทั้งสนับสนุนและสร้างบรรยากาศที่เปิดกว้างให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น และฝึกเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมั่นใจ ดังนั้น การใช้คำถามกระตุ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการส่งเสริมทักษะการอธิบายและโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พร้อมช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดกว้างและเน้นการแสวงหาความรู้โดยไม่ยึดติดกับความถูกผิดของคำตอบ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16-19 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งประกอบด้วยทั้งหมด 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุงาน 2) การรวบรวมข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้ง 4) กิจกรรมการโต้แย้ง 5) การเขียนรายงาน การตรวจสอบ 6) การประเมินโดยเพื่อน 7) การแก้ไขรายงาน และ 8) การอภิปรายสะท้อนความคิด

4.3.2.2 ขั้นปฏิบัติการ

ผู้วิจัยดำเนินจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นปฏิบัติการจัดกิจกรรมดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ครูถามคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่โดยการตั้งคำถามดังนี้ ครูยกตัวอย่างโมเลกุลแล้วถามว่า “ที่อะตอมสามารถอยู่ด้วยกันเป็นกลุ่มได้นั้นเกิดจากอะไร” “พันธะเคมีคืออะไร” “กฎออกเตตคืออะไร” “ค่า EN คืออะไร” จากนั้นเข้าสู่บทเรียนในเรื่อง พันธะโคเวเลนซ์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ โดยครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

> “จากธาตุที่กำหนดให้ นักเรียนจะทำอย่างไรให้ได้โมเลกุลที่ครบตามกฎออกเตตโดยใช้สัญลักษณ์จุดลิวอิส พร้อมบอกชนิดพันธะที่เกิดขึ้น C กับ S N กับ F และ H C กับ N ”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ครูทบทวนความรู้เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยยกตัวอย่างอะตอมของ H และ O จากนั้นถามคำถาม “ทำอย่างไรให้อะตอมทั้งสองครบตามกฎออกเตต” ทบทวนการเขียนสูตรโมเลกุล โดยยกตัวอย่างโมเลกุลของธาตุที่มีการเขียนแสดงแบบจุดลิวอิส และทบทวนชนิดพันธะโคเวเลนต์โดยยกตัวอย่างอะตอม C กับ S N กับ F และ H C กับ N จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

> “สารประกอบ X ประกอบด้วยธาตุซิลิกอน 1 อะตอม และธาตุออกซิเจน 2 อะตอม สารประกอบ Y ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 2 อะตอม และธาตุไฮโดรเจน 4 อะตอม นักเรียนคิดว่าสารประกอบแต่ละตัวมีชื่อและสูตรสารโคเวเลนต์อย่างไร”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ ครูถามคำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยให้นักเรียนพิจารณาความยาวพันธะ O-H จากนั้นถามคำถามว่า “นักเรียนคิดว่าความยาวพันธะของ O-H ในโมเลกุลที่ต่างชนิดกันเป็นอย่างไร” “นักเรียนคิดว่าพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะหว่าง O–H ในโมเลกุล H_2O และพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะในโมเลกุล CH_3OH จะมีค่าเท่ากันหรือไม่” นำเข้าสู่บทเรียนในเรื่อง ความยาว

พันธะและพลังงานพันธะ โดยให้นักเรียนพิจารณาตารางความยาวและพลังงานพันธะ ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดร่วมกัน “เมื่อพิจารณาธาตุคู่ชนิดเดียวกันแต่ชนิดพันธะต่างกัน นักเรียนคิดว่าความยาวพันธะจะเป็นอย่างไร” จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

> “นิดหน่อยได้รับการบ้านเรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะโดยโจทย์ให้เรียงลำดับพันธะความยาวพันธะและหาพลังงานจากปฏิกิริยา
>
> $HF\ (g) + Cl_2(g) \rightarrow HCl\ (g) + ClF\ (g)$
>
> ได้กำหนดพลังงานพันธะดังนี้
>
> | พันธะ | H-F | H-Cl | Cl-F | Cl-Cl |
> |---|---|---|---|---|
> | พลังงาน (kJ/mol) | 567 | 431 | 258 | 242 |
>
> ซึ่งนิดหน่อยเรียงลำดับความยาวพันธะได้เป็น H-F > H-Cl > Cl-F > Cl-Cl และเมื่อคำนวณพลังงานพบว่าเป็นปฏิกิริยาคายพลังงานนักเรียนคิดว่านิดหน่อยถูกต้องหรือไม่”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ ครูให้นักเรียนพิจารณาแบบจำลองโครงสร้างสามมิติรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น โมเลกุลน้ำ (H_2O) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) และโบรอนไตรฟลูออไรด์ (BF_3) แล้วถามคำถามว่า “รูปร่างโมเลกุลของสารเหล่านี้เหมือนหรือต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด” “นักเรียนคิดว่ารูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง” จากนั้นเข้าสู่บทเรียนในเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้สื่อแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลในการสอน และยกตัวอย่างเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เรื่อง สภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้คำถาม “จะทราบได้อย่างไรว่าโมเลกุลของสารโคเวเลนต์มีขั้วหรือไม่มีขั้ว” จากนั้นครูทำการระบุสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะและโต้แย้ง ดังนี้

> “แป้งทำการวิเคราะห์ความมีขั้วของสารโคเวเลนต์ที่ได้จากหัวหน้างาน เพื่อที่จะใช้ประโยชน์ของความมีขั้วและไม่มีขั้วนี้ในการเตรียมและวิเคราะห์สารละลาย โดยมีผลการวิเคราะห์สารโคเวเลนต์ ดังนี้
>
> | สาร | สภาพขั้วโมเลกุล |
> |---|---|
> | OF_2 | มี |
> | PH_3 | ไม่มี |

นักเรียนคิดว่าสภาพขั้วที่แป้งวิเคราะห์ได้ ถูกต้องหรือไม่
ถ้าไม่ สารนี้ควรมีสภาพขั้วอย่างไร”

โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ หลังจากนักเรียนได้รับทราบสถานการณ์ นักเรียนต้องทำการสืบเสาะ ค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการโต้แย้ง โดยครูเน้นย้ำถึงการหาหลักฐานให้นักเรียนมั่นใจในหลักฐานที่หามาได้ ในขั้นตอนการสำรวจ ครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการสืบเสาะ จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะมาโต้แย้งในชั้นเรียนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อโต้แย้ง และให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมโต้แย้งนักเรียนต้องเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน สุดท้ายครูทำการสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน โดยอภิปรายถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พร้อมสรุปผลจากการสืบเสาะที่ถูกต้อง

4.3.2.3 ขั้นสังเกตการณ์

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้สังเกตและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีผลการสังเกตดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างกันตามที่นักเรียนได้ศึกษาจากใบความรู้ การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้นตามความเข้าใจของตนเอง และหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนใช้ข้อมูลภาพวาดแผนภาพแบบจุดลิวอิสมาประกอบการโต้แย้ง และขณะโต้แย้งนักเรียนมีความมั่นใจในการโต้แย้งมากยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างการตอบคำถามดังนี้

ครู : “สูตรโมเลกุลและชนิดพันธะที่นักเรียนได้เป็นอย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “CS มีพันธะคู่ 1 พันธะ NF มีพันธะคู่ 1 พันธะ HCN มีพันธะเดี่ยว 1 และพันธะสาม 1 พันธะ”

กลุ่มที่ 2 : “C กับ S = CS_2 มีพันธะคู่ 1 พันธะ N กับ F = NF_3 มีพันธะเดี่ยว 3 พันธะ H, C กับ N = HCN มีพันธะเดี่ยว 1 พันธะ พันธะสาม 1 พันธะ”

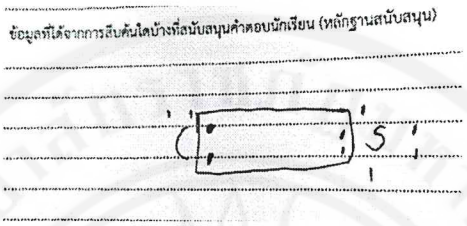
ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “C ต้องการอิเล็กตรอน 4 ตัว S ต้องการ 2 ตัว และ H ต้องการ 1 ตัว ส่วน N ต้องการ 3 ตัว ดังนั้น จึงมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน โดยให้ C อยู่ตรงกลางของโมเลกุล ใช้อิเล็กตรอนร่วมกับ H จำนวน 1 ตัว และใช้ร่วมกับ N จำนวน 3 ตัว เพื่อให้อิเล็กตรอนรอบตัวของ C ครบ 8 ตามกฎออกเตต”

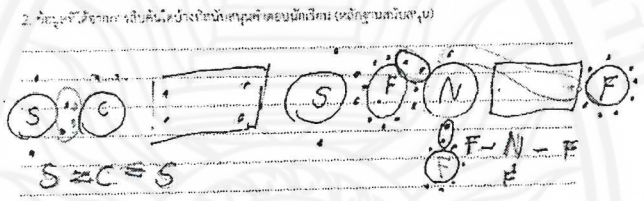
กลุ่มที่ 2 : “เช่น CS_2 เพราะคาร์บอนต้องการ 4 อิเล็กตรอน S ต้องการ 2 อิเล็กตรอน เลยต้องมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน C 1 ตัวและ S 2 ตัว แต่ละตัวจะครบ 8 หรือครบตามกฎออกเตตพอดี”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)”

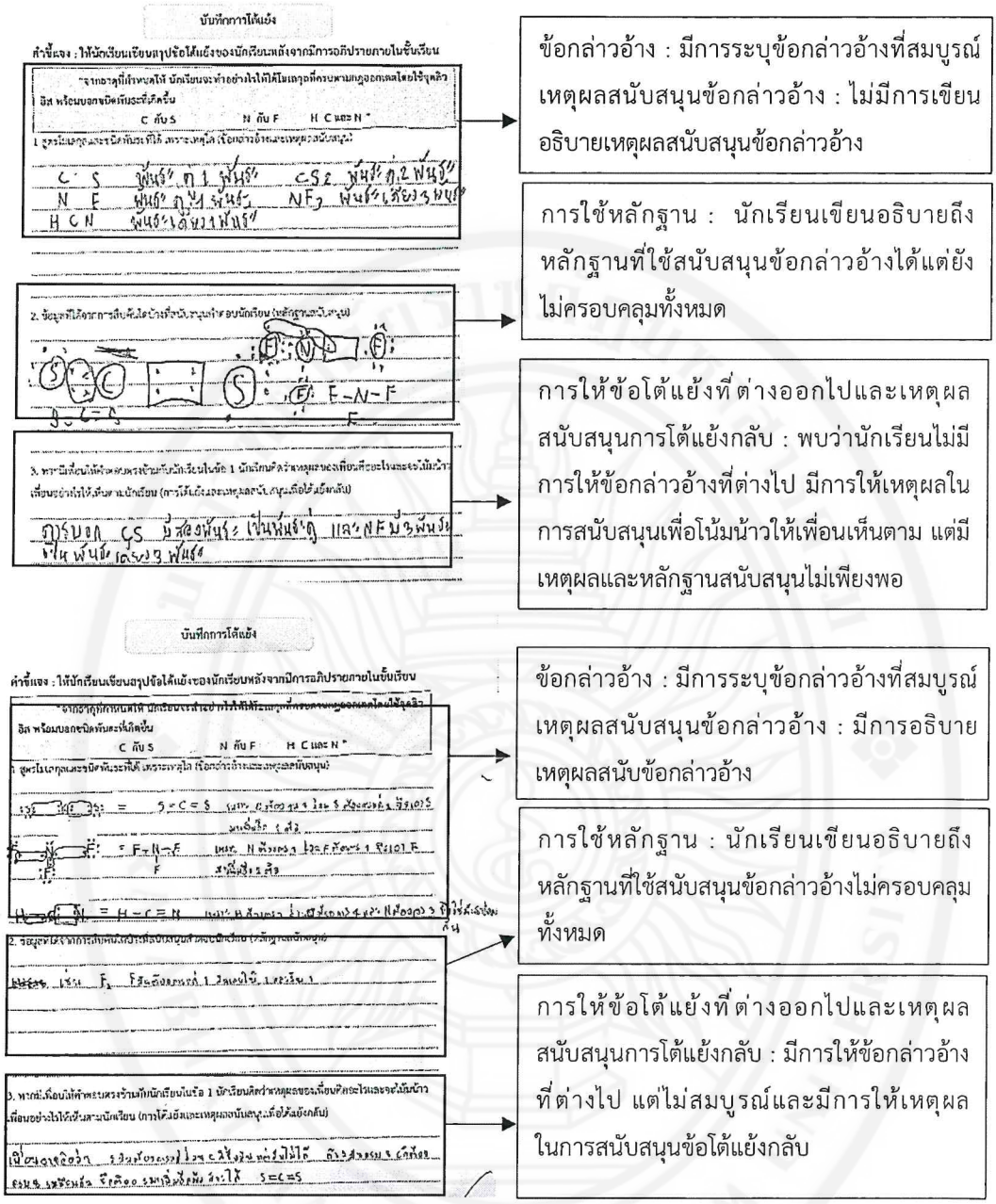
กลุ่มที่ 1 : นักเรียนแสดงแผนภาพจุดลิวอิส



กลุ่มที่ 2 : นักเรียนแสดงแผนภาพจุดลิวอิส



เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่เปลี่ยนไปจากเดิมและสามารถเขียนข้อมูลใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้น แต่ยังไม่ครอบคลุมทั้งหมด ในส่วนของการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ พบว่า นักเรียนสามารถให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปได้และให้เหตุผลในการโต้แย้งโน้มน้าวให้เพื่อนเห็นตามได้ แต่ยังคงไม่ละเอียดครบถ้วน ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีข้อกล่าวอ้างในการเรียกชื่อและสูตรโมเลกุลที่ต่างกันตามข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับหลักการในการเรียกชื่อและการได้มาของสูตรโมเลกุลได้ แต่ไม่ครบถ้วน โดยมีการยกตัวอย่างการเรียกชื่อแค่บางส่วน หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างพบว่า กลุ่มที่ 1 นักเรียนมีการใช้

ภาพวาดสัญลักษณ์แบบจุดลิวมาเป็นหลักฐานในการสร้างสูตรโมเลกุลและการเรียกชื่อสูตรโมเลกุลครบทั้งสองสูตร แต่ไม่ถูกต้อง และนักเรียนอีกกลุ่มมีการยกตัวอย่างการเรียกชื่อด้วยสัญลักษณ์แบบจุดลิวอิสเพียงแค่สูตรโมเลกุลเดียว ดังตัวอย่างการตอบคำถามดังนี้

ครู : “สารประกอบแต่ละตัวมีชื่อและสูตรโมเลกุลอย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “สารประกอบ X = O_2Si มีชื่อเรียกว่า ไดออกซิเจนซิลิกอนไดสารประกอบ Y = NH_4 มีชื่อเรียกว่า ไดไนโตรเจนไฮโดรเตตระ”

กลุ่มที่ 2 : “X = ซิลิกอนไดออกไซด์ สูตร SiO_2 Y = ไดไนโตรเจนเตตระไฮไดรด์ สูตร N_2H_4”

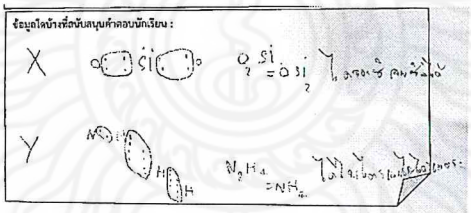
ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “เพราะออกซิเจนมี 2 อะตอม ซิลิกอนมี 1 อะตอม การเรียกชื่อจะเริ่มจากการอ่านเลขห้อยก่อน แล้วจึงตามด้วยชื่อของธาตุแต่ละตัว”

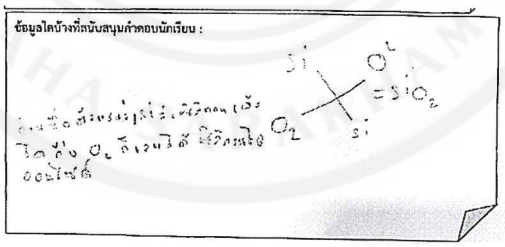
กลุ่มที่ 2 : “เขียนจำนวน e^- ที่ต้องการสร้างพันธะโคเวเลนต์เพื่อเป็นไปตามกฎออกเตตที่ตำแหน่งด้านบนของธาตุ จากนั้นนำเลขมาคูณไขว้กันแล้วนำมาใส่ที่มุมขวาล่างของแต่ละธาตุ”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)”

กลุ่มที่ 1 : แสดงแผนภาพลิวอิส

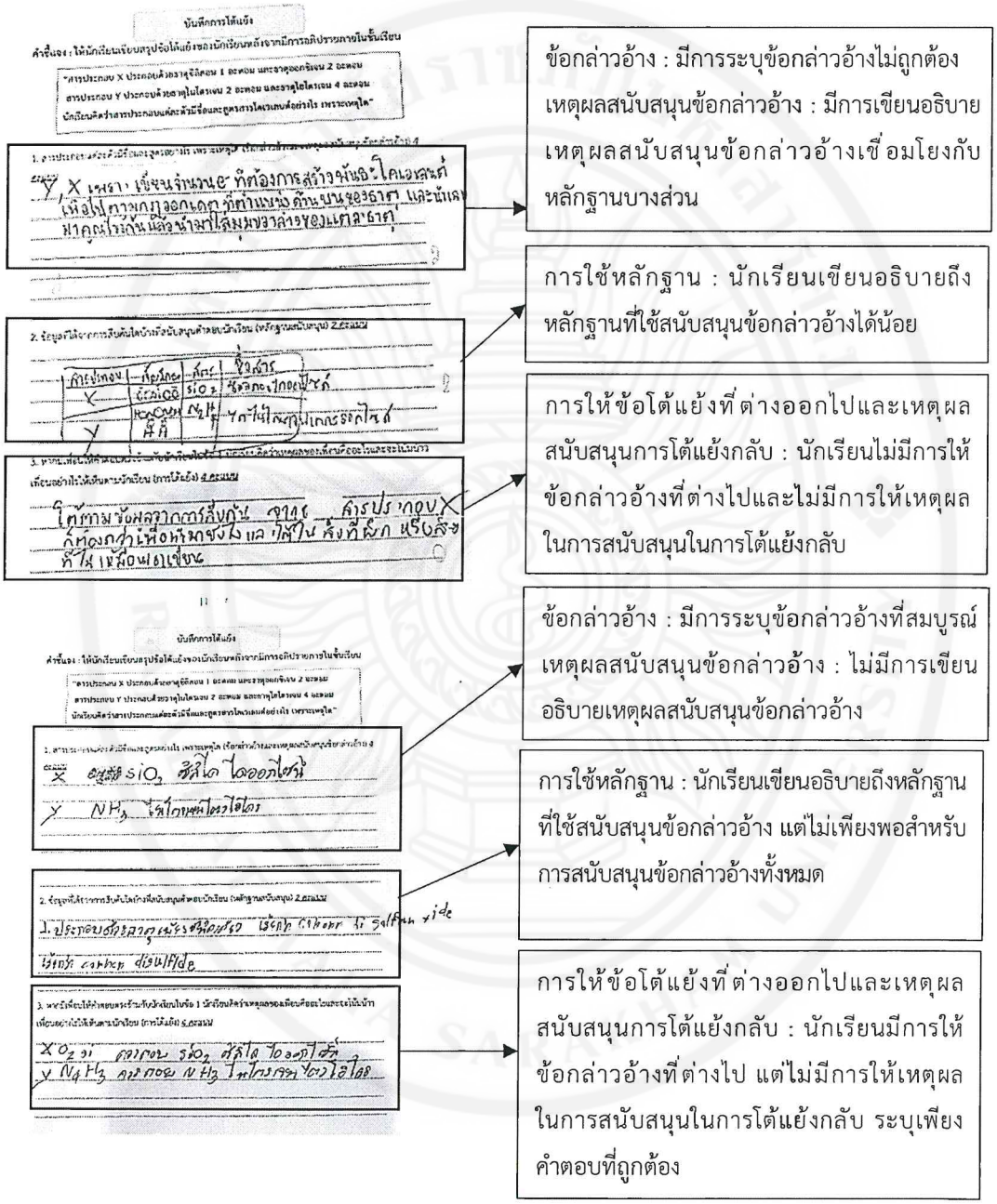


กลุ่มที่ 2 : “หาได้จากการไขว้ของเลขจำนวนอะตอมที่ใช้ในการสร้างพันธะ เช่น มี Si 1 ตัว มี O 2 ตัว จะได้ SiO_2 จากนั้นอ่านชื่อตัวแรกว่าซิลิกอน ระบุจำนวนออกซิเจนว่าได อ่านรวมกันจึงได้ซิลิกอนไดออกไซด์”



เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนบางส่วนมีการเปลี่ยนแปลงคำตอบจากเดิมที่เคยให้ไว้ก่อนการโต้แย้ง โดยสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางรายที่ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับเหตุผลได้ แม้ว่าจะมีการอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่นำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่เนื้อหายังขาดความสมบูรณ์และไม่ครอบคลุม การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับพบว่า นักเรียนบางรายสามารถนำเสนอข้อกล่าวอ้างที่มีความแตกต่างจากความคิดเห็นของตนเองและการมีให้เหตุผลเพื่อโน้มน้าวให้เพื่อนเห็นตามได้น้อย ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียน พบว่า แต่ละกลุ่มแสดงข้อกล่าวอ้างแตกต่างกัน บางกลุ่มไม่ได้ระบุว่าปฏิกิริยานั้นคายพลังงานหรือดูดพลังงาน เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจวิธีในการคำนวณหาพลังงาน โดยแต่ละกลุ่มมีการให้เหตุผลที่แตกต่างกันตามความเข้าใจและผลที่ได้จากการสืบเสาะ ดังตัวอย่างการตอบคำถามดังนี้

ครู : “นิดหน่อยตอบถูกหรือไม่ ถ้าไม่ คำตอบที่ถูกต้องคืออะไร (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “ความยาวพันธะไม่ถูกต้อง ที่ถูกต้อง คือ Cl-Cl > Cl-F > H-Cl > H-F”

กลุ่มที่ 2 : “ไม่ถูกต้อง ความยาวพันธะควรจะเป็น Cl-Cl > Cl-F > H-Cl > H-F และเป็นแบบดูดพลังงาน”

กลุ่มที่ 3 : “ไม่ถูกต้อง ความยาวพันธะที่ถูกต้อง คือ H-F < H-Cl < Cl-F < Cl-Cl และเป็นแบบดูดพลังงาน”

ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

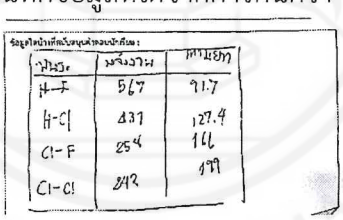
กลุ่มที่ 1 : “พลังงานพันธะยิ่งมากความยาวพันธะยิ่งสั้น และเป็นแบบคายพลังงานเพราะฝั่งผลิตภัณฑ์มีพลังงานมากกว่า”

กลุ่มที่ 2 : “พลังงานสูงจะมีความยาวพันธะน้อย เป็นแบบดูดพลังงานเพราะพลังงานรวมเป็นบวก และพลังงานสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์”

กลุ่มที่ 3 : “ความยาวพันธะจะสั้นถ้ามีพลังงานมาก เป็นแบบดูดพลังงาน เพราะเป็นบวก หาได้จากเอาพลังงานมาบวกกัน พบว่าสารตั้งต้นมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์”

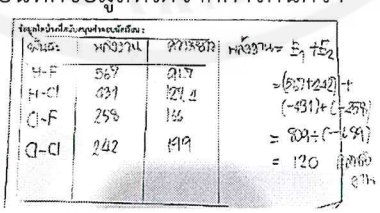
ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)”

กลุ่มที่ 1 : แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า



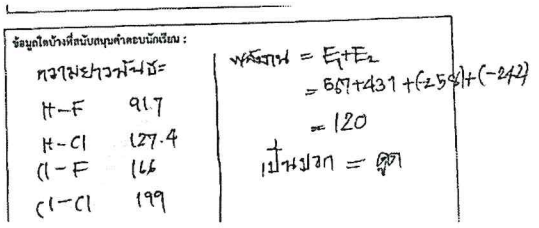
พันธะ	พลังงาน	ความยาว
H-F	567	91.7
H-Cl	431	127.4
Cl-F	254	166
Cl-Cl	242	199

กลุ่มที่ 2 : แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า

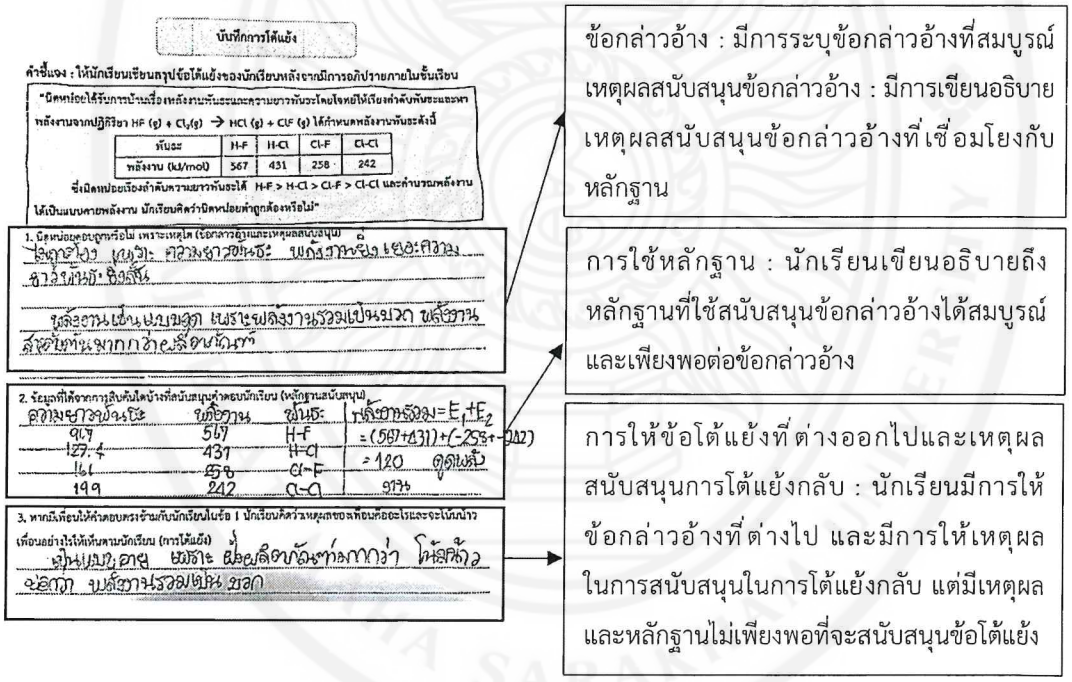


พันธะ	พลังงาน	ความยาว
H-F	567	91.7
H-Cl	431	127.4
Cl-F	258	166
Cl-Cl	242	199

กลุ่มที่ 3 : แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า



เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างตามการนำเสนอและการโต้แย้งของเพื่อน ในส่วนของการหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนมีการเขียนอธิบายหลักฐานเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดหายไปและมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป พร้อมให้เหตุผลในการโน้มน้าวเพื่อให้เพื่อนเห็นตามในข้อกล่าวอ้าง อย่างไรก็ตาม เหตุผลสนับสนุนยังไม่เพียงพอหรือไม่ชัดเจนพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19 รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ให้ข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ซึ่งส่งผลให้นักเรียนบางคนเกิดความไม่มั่นใจ

ในการแสดงความคิดเห็น เนื่องจากกังวลว่าจะตอบคำถามไม่ถูกต้อง ครูจึงได้ให้คำแนะนำเพื่อเสริมความมั่นใจ โดยเน้นย้ำว่าสิ่งสำคัญของการโต้แย้งคือการมีข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน และการโต้แย้งไม่ใช่การหาคำตอบที่ถูกหรือผิด ขณะเดียวกัน พบว่านักเรียนอีกกลุ่มสามารถให้เหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้างได้อย่างครบถ้วน และมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับเหตุผลได้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างการตอบคำถาม

ครู : “นักเรียนคิดว่าสภาพขั้วที่แป้งวิเคราะห์มาถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ สภาพขั้วนั้นควรเป็นอย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “ถูกต้อง”

กลุ่มที่ 2 : “ไม่ถูกต้อง ที่ถูกต้องคือ OF_2 มีขั้ว และ PH_3 มีขั้ว”

กลุ่มที่ 3 : “ไม่ถูกต้อง OF_2 มีขั้ว และ PH_3 มีขั้ว ”

ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

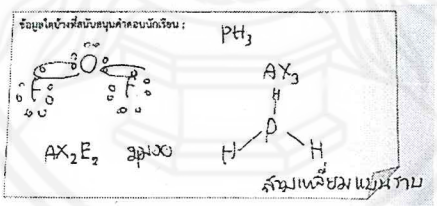
กลุ่มที่ 1 : “OF_2 เป็นโมเลกุลมีขั้วเนื่องจากมีรูปร่างแบบงอและเวกเตอร์ขั้วไม่หักล้างกัน PH_3 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบนราบจึงไม่มีขั้ว”

กลุ่มที่ 2 : “OF_2 มีขั้วเพราะเป็นรูปร่างมุมงอ ไม่มีการหักล้างกัน และ PH_3 มีขั้วเพราะเป็นรูปพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ไม่มีการหักล้างกัน”

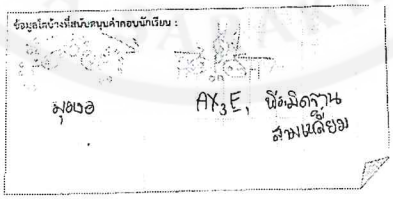
กลุ่มที่ 3 : “OF_2 มีขั้ว เพราะเป็นรูปเส้นตรง ไม่หักล้างกัน และ PH_3 มีขั้ว เพราะเป็นรูปพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ไม่หักล้างกัน”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (หลักฐาน)”

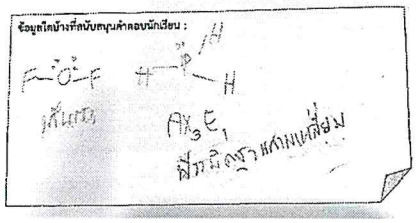
กลุ่มที่ 1 : “OF_2 มีรูปร่างแบบ AX_2E_2 มุมงอ PH_3 มีรูปร่างแบบ AX_3 สามเหลี่ยมแบนราบ ”



กลุ่มที่ 2 : “OF_2 มีรูปร่างมุมงอ PH_3 มีรูปร่างแบบ AX_3E_1 พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ”

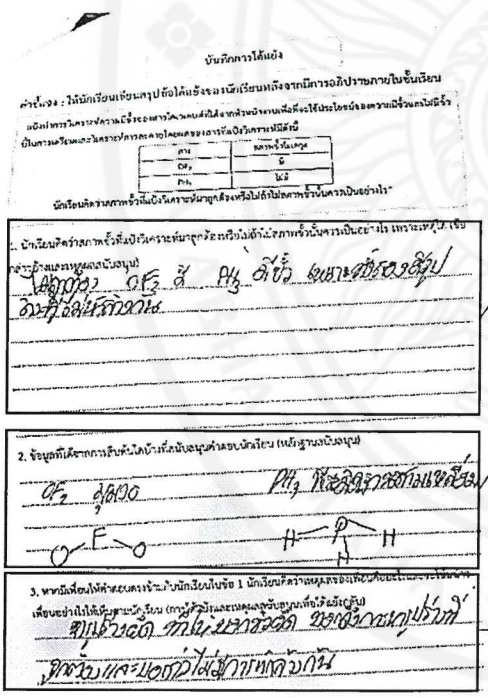


กลุ่มที่ 3 : “OF_2 มีรูปร่างเส้นตรง PH_3 มีรูปร่างแบบ AX_3E_1 พีระมิดฐานสามเหลี่ยม



”

เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนและครอบคลุม ซึ่งเป็นผลมาจากนักเรียนขาดทักษะในการเขียนคำอธิบาย นักเรียนจึงมักจะตอบเป็นประโยคสั้น ๆ ตามความเข้าใจ ไม่มีการขยายข้อความ และในส่วนของการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลเพื่อชี้ให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของเพื่อนไม่ถูกต้อง และพยายามให้คำอธิบายเพื่อโน้มน้าวให้เพื่อนเห็นด้วยกับแนวคิดของตนเอง อย่างไรก็ตาม เหตุผลและหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อโต้แย้งยังไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ข้อโต้แย้งยังขาดความน่าเชื่อ ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้
ในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์เพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลั
ครอบคลุมองค์ประกอบการโต้แย้งทั้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้
3) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 4) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ 5) เหตุผลส
ผลการประเมินความสามารถในโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แสดง

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ห
วงจรปฏิบัติการที่ 2

คนที่ (N)	ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์					ผลรวม (10 คะแนน)
	ข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	การใช้หลักฐาน (2 คะแนน)	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (2 คะแนน)	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (2 คะแนน)	
1	2	0	1	0	0	3
2	0	1	0	0	0	1
3	2	0	1	0	1	4
4	2	1	1	2	1	7
5	2	1	2	2	1	8
6	2	1	0	1	1	5
7	2	1	1	0	0	4
8	2	2	1	2	2	9
9	2	0	2	0	0	4
10	2	1	2	1	0	6
$\overline{X}$	1.8	0.8	1.1	0.8	0.6	
S.D.	0.63	0.63	0.74	0.92	0.70	

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้
ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 80 และ ไม่ผ่าน
คิดเป็นร้อยละ 20 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการโต้แย้งท
ระดับดีมากจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ระดับดีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยล

จำนวน 4 คน คิดเป็

1 คน คิดเป็นร้อยล

นักเรียนได้คะแนนข้

($\overline{X}$ =1.1, $S.D.$ =0.7

$S.D.$ =0.92) และเห

4.3.2

ผู้วิจัย

ผลที่ได้จากการสัง

การโต้แย้งทางวิทย

ถึงปัญหาที่พบในแต่

แก้ไขปัญหาในวงจรป

ตารางที่ 4.4 ปัญห

แนวท

ปั
1. ข้อกล่าวอ้าง - มีการระบุข้อกล่ ต้องการคำตอบที่เป็น เพียงสัญลักษณ์ X Y
2. เหตุผลสนับสนุนข้อ - นักเรียนมีความ เพื่อสนับสนุนข้อกล่าว หลักฐานได้บางส่วน ดังกล่าวยังไม่ครอบค ความชัดเจน ทำให้ข้อ ความน่าเชื่อถือ

จึงจัดกิจก
สำรวจ แ
ข้อกล่าวอ้
ตนอย่างม
การเชื่อมโ
มุมมองพ
พิจารณา
โดยในวงจ

โดยแต่ละ
แบบสืบเส
2) การรว
การตรวจส

แผนการจั
ขั้นปฏิบัติก

ครูกระตุ้นค
โมเลกุลอยู่
เคลื่อนที่ได้
สถานะเป็น
โมเลกุลหรือ
บางชนิด เท่
สารแต่ละช
กระจายลอย
และโต้แย้ง

> “นัทและแนนได้ทำการทดลองเพื่อหาสมบัติการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ ได้แก่ กรดไฮโครคลอริก (HCl) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) และทำการเปรียบเทียบจุดเดือดระหว่าง HF กับ HI นักเรียนคิดว่าผลการทดลองของนัทและแนนจะเป็นอย่างไร”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ครูทบทวนบทเรียนให้กับนักเรียนในเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โดยใช้คำถาม “นักเรียนคิดว่าสารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวเป็นอย่างไร” “นักเรียนคิดว่าจะมีสารโคเวเลนต์ชนิดใดบ้าง ที่มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง เพราะเหตุใดสารโคเวเลนต์ชนิดนั้นจึงมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง” นำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง สมบัติสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ โดยยกตัวอย่าง เพชร แกร์ไฟต์ ซิลิกอนไดออกไซด์ และซิลิกอนคาร์ไบด์ จากนั้นนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบค้นและโต้แย้งโดยมีสถานการณ์ดังนี้

> “ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุศาสตร์กำลังมองหาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ต้องการโดยมีคุณสมบัติ ดังนี้ มีความแข็งสูง จุดหลอมเหลวสูง ทนทานต่อการกัดกร่อน และวัสดุต้องนำไฟฟ้าได้ ซึ่งมีตัวเลือกดังนี้ แกรไฟต์ ซิลิกอนไดออกไซด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ วัสดุชนิดใดที่เหมาะสมกับความต้องการมากที่สุด”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 พันธะโลหะและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ครูตั้งคำถามและนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับพันธะโลหะ โดยตั้งคำถามดังนี้ “นักเรียนคิดว่าพันธะโลหะเป็นพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างธาตุใด” “นักเรียนคิดว่าธาตุหรือสารประกอบที่เกิดจากพันธะโลหะมีสมบัติเป็นอย่างไร” ครูทบทวนบทเรียนให้กับนักเรียนในเรื่อง พันธะไอออนิก พันธะสารโคเวเลนต์และพันธะโลหะ โดยใช้คำถาม “นักเรียนจำได้หรือไม่ว่าพันธะแต่ละชนิดเกิดขึ้นได้อย่างไร” จากนั้นนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบค้นและโต้แย้งโดยมีสถานการณ์ ดังนี้

> “บริษัทแห่งหนึ่งต้องการผลิตท่อฉนวนสำหรับร้อยสายไฟ โดยยังไม่ได้ตัดสินใจว่าควรใช้แบบใด แบบที่หนึ่ง คือ ฉนวนทำจากสารโคเวเลนซ์ที่เป็นพอลิเมอร์ เช่น พีวีซี (Polyvinyl

Chloride) หรือ พีอีที (Polyethylene Terephthalate) ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนที่เชื่อมกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ แบบที่สอง คือ สารไอออนิกที่ทำจากแก้ว เช่น ใยแก้ว (Fiberglass) ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของซิลิกอนและออกซิเจนที่เชื่อมกันด้วยพันธะไอออนิก โดยที่สายไฟฟ้าทำจากทองแดง ซึ่งเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง ในการผลิตบริษัทต้องการท่อฉนวนสำหรับร้อยสายไฟที่ทนความร้อนและมีราคาที่ถูกไม่สูงจนเกินไป นักเรียนคิดว่าฉนวนควรทำจากสารชนิดใดจึงจะดีที่สุด”

หลังจากนักเรียนได้รับทราบสถานการณ์ นักเรียนต้องทำการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการโต้แย้ง โดยครูเน้นย้ำถึงการหาการใช้หลักฐานให้นักเรียนมั่นใจในการใช้หลักฐานที่หามาได้ ในขั้นตอนการสำรวจครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการสืบเสาะเช่นเดิม จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลและสื่อ กระดานสำรวจ ที่ได้จากการสืบเสาะมาโต้แย้งในชั้นเรียนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมาโต้แย้งและให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ จบการโต้แย้งครูทำการตรวจความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนจากการตอบองค์ประกอบต่าง ๆ ในใบกิจกรรม ทบทวนข้อกล่าวอ้างและเหตุของแต่ละกลุ่มโดยให้นักเรียนเขียนบันทึกลงในกระดาษ และถามเพื่อทบทวนข้อมูล เช่น ข้อกล่าวอ้างของนักเรียนต่างจากเพื่อนอย่างไร นักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบหรือไม่เพราะอะไร หลังจากทบทวนเสร็จนักเรียนทำการเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน สุดท้ายครูจะทำการสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน โดยอภิปรายถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พร้อมสรุปผลจากการสืบเสาะที่ถูกต้อง

4.3.3.3 ขั้นสังเกตการณ์

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้สังเกตและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีผลการสังเกตดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 20 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติสารโคเวเลนต์ จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียน พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถให้ข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับความสามารถในการละลายน้ำและจุดเดือดของสารแตกต่างกัน โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทั้งนี้ นักเรียนสามารถตอบข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนใน

ทุกคำถาม และมีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับหลักฐานจากการสำรวจและตรวจสอบอย่างครอบคลุมมากขึ้น ดังตัวอย่างการตอบคำถาม

ครู : “ผลการทดลองเป็นอย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “HCl ละลายน้ำ CCl_4 ละลายน้ำ และ HF เดือดกว่า HI”

กลุ่มที่ 2 : “HCl ละลายน้ำ CCl_4 ไม่ละลายน้ำ และ HF จุดเดือดสูงกว่า HI”

กลุ่มที่ 3 : “กรดไฮโดรคลอริกละลายน้ำ CCl_4 ละลายน้ำ และ HI จุดเดือดสูงกว่า HF”

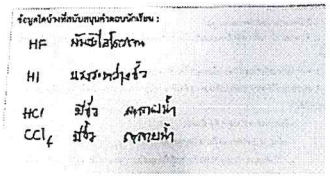
ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

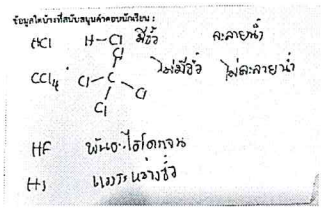
กลุ่มที่ 1 : “เพราะ HCl และ CCl_4 มีขั้วทำให้ละลายน้ำ ส่วน HF มีพันธะไฮโดรเจน HI มีแรงระหว่างขั้ว HF จึงจุดเดือดสูงกว่าเพราะมีพันธะไฮโดรเจน”

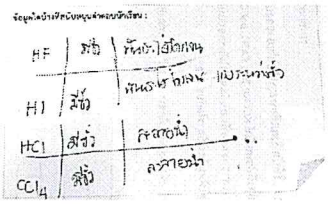
กลุ่มที่ 2 : “HCl มีขั้วจึงละลายน้ำ และ CCl_4 ไม่มีขั้วจึงไม่ละลายน้ำ ”

กลุ่มที่ 3 : “สารมีขั้วทำให้ละลายน้ำได้ และ HF มีพันธะไฮโดรเจน HI มีพันธะไฮโดรเจนแรงระหว่างขั้วทำให้ HI มีจุดเดือดสูงกว่า HF”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (การใช้หลักฐาน)”

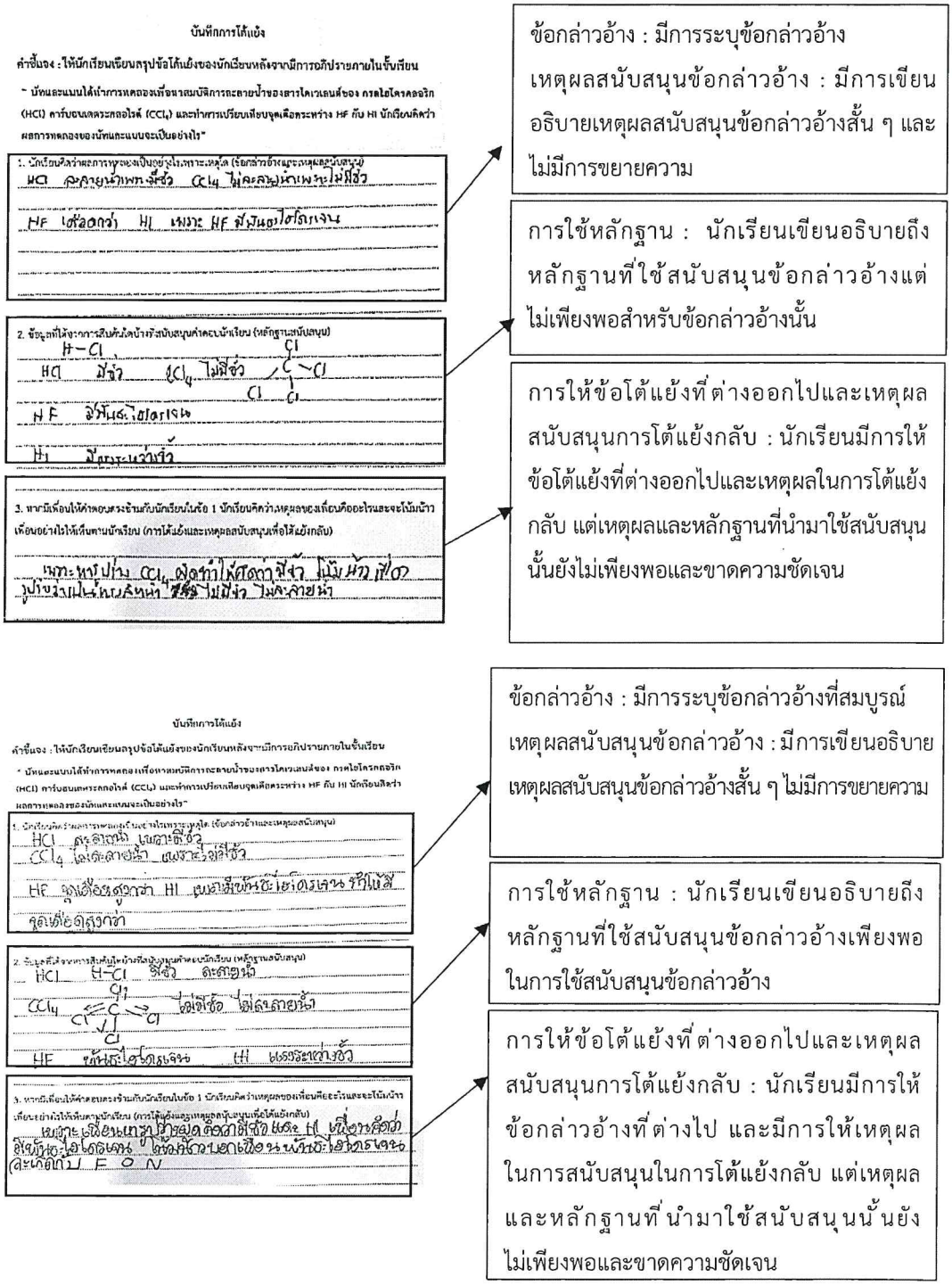
กลุ่มที่ 1 : “  ”

กลุ่มที่ 2 : “  ”

กลุ่มที่ 3 : “  ”

เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนที่ให้ข้อกล่าวอ้างแตกต่างจากเพื่อนมีการเปลี่ยนแปลงข้อกล่าวอ้างเดิมของตนเอง นักเรียนส่วนมากสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มากขึ้น ในส่วนของการให้ข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดเพื่อนจึงตอบข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างจากตนเอง พร้อมทั้งพยายาม

โน้มน้าวให้เพื่อนเห็นด้วย โดยอ้างอิงเหตุผลที่ได้จากการอภิปรายและการสืบค้นข้อมูลหลังจบการโต้แย้ง อย่างไรก็ตาม การอธิบายยังไม่ครอบคลุมทั้งหมดและยังขาดการเรียบเรียงความคิดเป็นลำดับขั้นที่ชัดเจน รวมถึงยังไม่มีการขยายความเพิ่มเติมจากคำตอบที่ให้ไว้ ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 20

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ทุกกลุ่ม มีการเชื่อมโยงการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ค่อนข้างครอบคลุมเนื่องจากสถานการณ์ที่กำหนดให้นั้นเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำที่ค่อนข้างง่ายและไม่ซับซ้อนเช่นเนื้อหาก่อนหน้า นักเรียนจึงสามารถโต้แย้งได้ดี ดังตัวอย่างการตอบคำถามดังนี้

ครู : “นักเรียนเลือกวัสดุใด (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “แกรไฟต์”

กลุ่มที่ 2 : “ซิลิกอนคาร์ไบด์”

กลุ่มที่ 3 : “ซิลิกอนคาร์ไบด์”

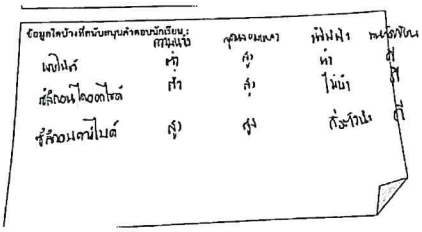
ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

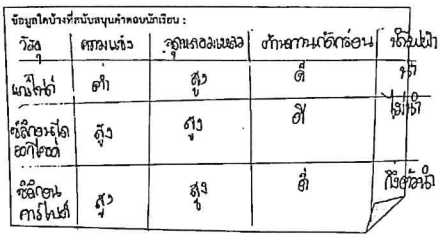
กลุ่มที่ 1 : “เพราะแกรไฟต์นำไฟฟ้าและจุดหลอมเหลว ทนการกัดกร่อนได้ดี”

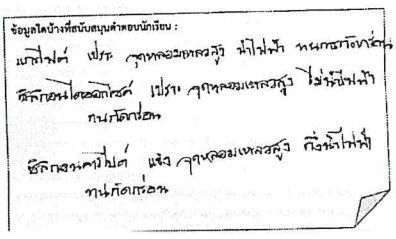
กลุ่มที่ 2 : “มีความแข็งสูง จุดหลอมเหลวสูง ต้านทานการกัดกร่อนได้ดีและนำไฟฟ้า”

กลุ่มที่ 3 : “นำไฟฟ้า มีความแข็งกว่าตัวอื่น จุดหลอมเหลวสูงและทนการกัดกร่อนได้ดี”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (การใช้หลักฐาน)”

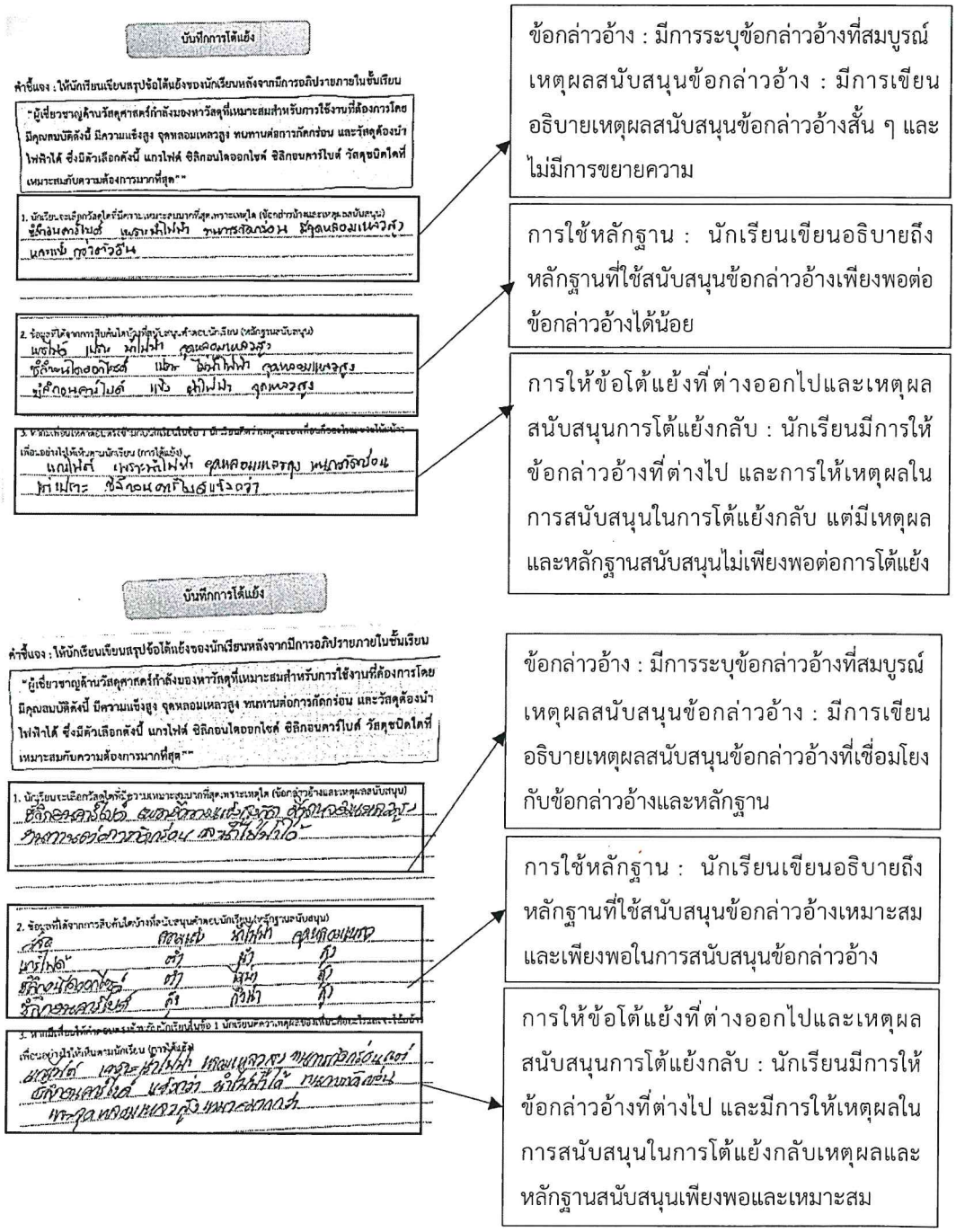
กลุ่มที่ 1 : “  ”

กลุ่มที่ 2 : “  ”

กลุ่มที่ 3 : “  ”

เมื่อปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจใบบันทึกการโต้แย้งพบว่า นักเรียนบางส่วนมีการเปลี่ยนข้อกล่าวอ้างโดยในการโต้แย้งนักเรียนเลือกแกร์ไฟต์หลังบันทึกการโต้แย้งจึงเปลี่ยนเป็นซิลิกอนคาร์ไบด์ โดยนักเรียน

ให้เหตุผลว่านักเรียนลืมอ่านคุณภาพวัสดุนั้นว่าต้องมีความแข็ง มีการเขียนหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างค่อนข้างครบ มีการโต้แย้งโดยเขียนถึงข้อกล่าวอ้างที่ต่างไปจากของตนและเหตุผลเพื่อใช้ในการโน้มน้าวได้ดีแต่ยังมีการเขียนอธิบายเรียบเรียงที่ไม่ต่อเนื่อง มีลักษณะการเขียนเป็นคำหรือประโยคสั้น ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาในการฝึกฝน ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 พันธะโลหะและการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ จากการโต้แย้งในชั้นเรียนและการตอบคำถามของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ครบถ้วนสมบูรณ์ มีหนึ่งกลุ่มที่ระบุข้อกล่าวอ้างแตกต่างจากกลุ่มอื่น มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสืบค้น และหลักฐานที่ใช้เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังตัวอย่างการตอบคำถามดังนี้

ครู : “นักเรียนจะเลือกท่อฉนวนสำหรับร้อยสายไฟทำจากสารใด (ข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “สารโคเวเลนต์”

กลุ่มที่ 2 : “PVC ที่ทำจากสารโคเวเลนต์”

กลุ่มที่ 3 : “ใยแก้ว”

ครู : “เพราะเหตุใด (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)”

กลุ่มที่ 1 : “ความทนความร้อนสูง ราคาไม่แพง ทนร้อนกว่าท่อฉนวนที่ทำจากสารไอออนิก”

กลุ่มที่ 2 : “PVC ทนต่อการกัดกร่อนและสภาพอากาศ มีความแข็งแรง ทนกว่าใยแก้วที่ทำจากไอออนิกและมีราคาถูกกว่า”

กลุ่มที่ 3 : “น้ำหนักเบา ติดตั้งง่ายกว่าพีวีซี มีความหยืดหยุ่นกว่า ป้องกันการละลายของสายไฟและทนต่อแรงกระแทกหรือดัดงอได้”

ครู : “ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียน (การใช้หลักฐาน)”

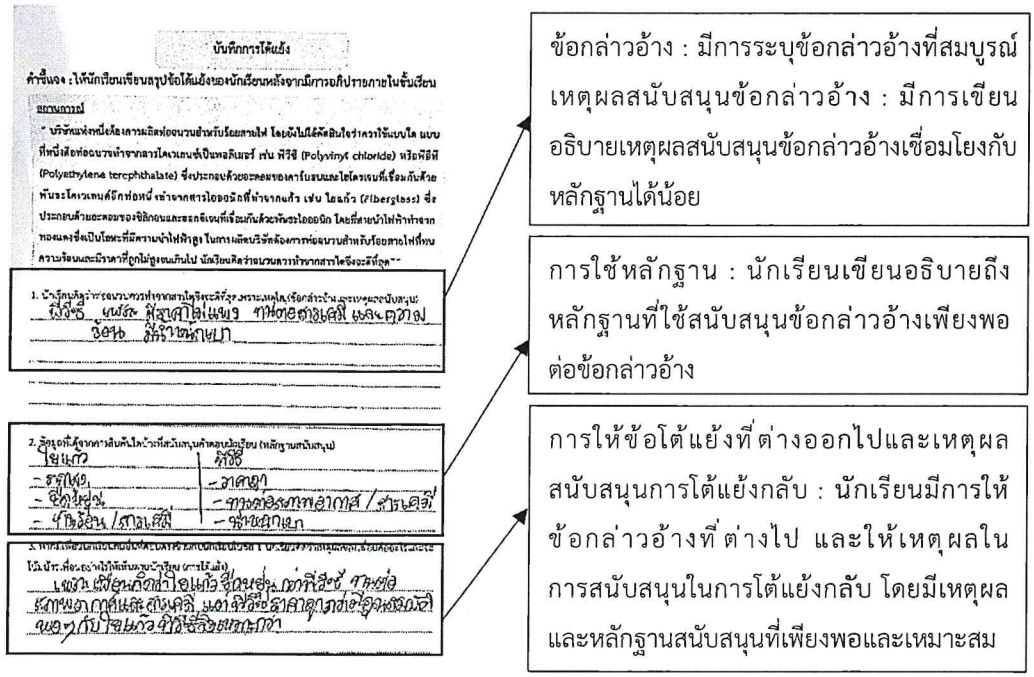
กลุ่มที่ 1 : “PVC พลาสติกแข็ง เบา ง่ายต่อการขึ้นรูป ทนอากาศ ทนร้อน ราคาไม่แพง ใยแก้ว มีความแข็งแรงสูง ทนต่อกรด ความร้อน ราคาสูงกว่า PVC”

กลุ่มที่ 2 : “พอลิไวนิลหรือพีวีซี ทนอากาศ ราคาไม่แพง เปราะ ทนสารเคมี ทนร้อนได้ดี ใยแก้ว มีความแข็งสูง ทนต่อสารเคมี ติดตั้งง่าย น้ำหนักเบา แต่ราคาสูงกว่าพีวิซี”

กลุ่มที่ 3 : “PVC ทนอากาศ ทนต่อความร้อนและสารเคมี ง่ายต่อการขึ้นรูป น้ำหนักเบาและแข็งแรง ส่วนใยแก้ว ทนการขีดข่วน ทนต่อสารเคมีหลายชนิด ป้องกันการละลายของสายไฟ น้ำหนักเบาและติดตั้งง่าย”

หลังจบกิจกรรมโต้แย้ง นักเรียนทำการเขียนบันทึกการโต้แย้งพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน จากการตรวจแบบบันทึกการโต้แย้งพบว่า มีหนึ่งกลุ่มเปลี่ยนข้อกล่าวอ้างต่างไปจากเดิม เนื่องจากนักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ตกหล่น ไม่ได้ค้นคว้าในเรื่องของราคาวัสดุ ซึ่งนักเรียนมีปัญหาในการอ่านสถานการณ์ อ่านสถานการณ์ได้ไม่ละเอียดถี่ถ้วน ส่วนกลุ่มอื่น ๆ มีการเขียนอธิบายหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ครบถ้วน ในการโต้แย้งมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป

และเหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับพบว่า มีการโน้มน้าวเพื่อให้เพื่อนเห็นตามโดยนำหลักฐานมาใช้ในการอธิบายเหตุผลการโต้แย้งนั้น ๆ ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 บันทึกการโต้แย้ง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียน ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์เพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการ โดยครอบคลุมองค์ประกอบการโต้แย้งทั้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) การใช้หลักฐาน 3) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 4) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ 5) เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ผลการประเมินความสามารถในโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

คนที่ (N)	ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์					ผลรวม (10 คะแนน)	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	การใช้หลักฐาน (2 คะแนน)	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (2 คะแนน)	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (2 คะแนน)		
1	2	1	1	0	1	5	ระดับปานกลาง
2	1	1	1	0	1	4	ระดับปานกลาง
3	2	1	1	2	2	8	ระดับดีมาก
4	2	1	1	0	1	5	ระดับปานกลาง
5	2	1	2	2	1	8	ระดับดีมาก
6	2	1	1	0	1	5	ระดับปานกลาง
7	2	1	2	0	0	5	ระดับปานกลาง
8	2	2	2	2	2	10	ระดับดีมาก
9	2	1	1	0	1	5	ระดับปานกลาง
10	2	0	2	2	0	6	ระดับดี
$\overline{X}$	1.9	1.0	1.4	0.8	1.0		
$S.D.$	0.32	0.47	1.03	0.60	0.67		

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีมาก จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ระดับดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ระดับปานกลาง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบการโต้แย้ง พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$ =1.9, $S.D.$=0.32) ถัดมาคือเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ($\overline{X}$ =1.4, $S.D.$=1.03) การใช้หลักฐาน ($\overline{X}$ =1.0, $S.D.$=0.47) เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ($\overline{X}$ =1.0, $S.D.$=0.67) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ($\overline{X}$ =0.8, $S.D.$=0.60) ตามลำดับ

4.3.3.4 ขั้นสะท้อนกลับ

ผู้วิจัยสะท้อนผลการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยนำผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการโต้แย้งเพิ่มขึ้น และองค์ประกอบการโต้แย้งมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น แต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรในบางองค์ประกอบ เช่น การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ สาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลและทักษะการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จะต้องใช้เวลาในการปรับและแก้ไขปัญหาค่อนข้างนาน ส่งผลให้การให้เหตุผลยังขาดความครอบคลุมและสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางคนมักมองข้ามการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป แต่ให้ความสำคัญเฉพาะการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับเท่านั้น ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. การใช้หลักฐาน - นักเรียนเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอสำหรับข้อกล่าวอ้าง	- ใช้สื่อที่นักเรียนสร้างขึ้นร่วมกับการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานที่นำเสนอ โดยคำถามที่ใช้ เช่น “หลักฐานที่นักเรียนระบุไว้มีความเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างนักเรียนอย่างไร”
2. การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป - นักเรียนไม่มีการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป เนื่องจากนักเรียนบางส่วนมักจะลืมการให้ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างของตน	- นักเรียนใช้สื่อที่ตนสร้างขึ้น เช่น แผ่นสรุปความคิดหรือแผนผังเปรียบเทียบข้อกล่าวอ้างของตนและของเพื่อน เพื่อช่วยให้นักเรียนจดจำข้อโต้แย้งที่หลากหลาย นำมาใช้ในการอภิปรายและโต้แย้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือให้นักเรียนใช้รายการตรวจสอบเพื่อประเมินข้อโต้แย้งของตนเองและของเพื่อนว่ามีองค์ประกอบของการโต้แย้งครบถ้วนหรือไม่

(ต่อ)

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
3. เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ - นักเรียนมีการให้เหตุผลในการสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ แต่มีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอและเหมาะสม	- สรุปข้อกล่าวอ้างและข้อมูลของแต่ละกลุ่ม เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสื่อที่นักเรียนสร้างกับเพื่อน เพื่อให้นักเรียนได้จับประเด็นสำคัญ และมีการใช้คำถาม เช่น “ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นมีจุดใดที่น่าสนใจหรือควรโต้แย้งกลับหรือไม่ เพราะอะไร”

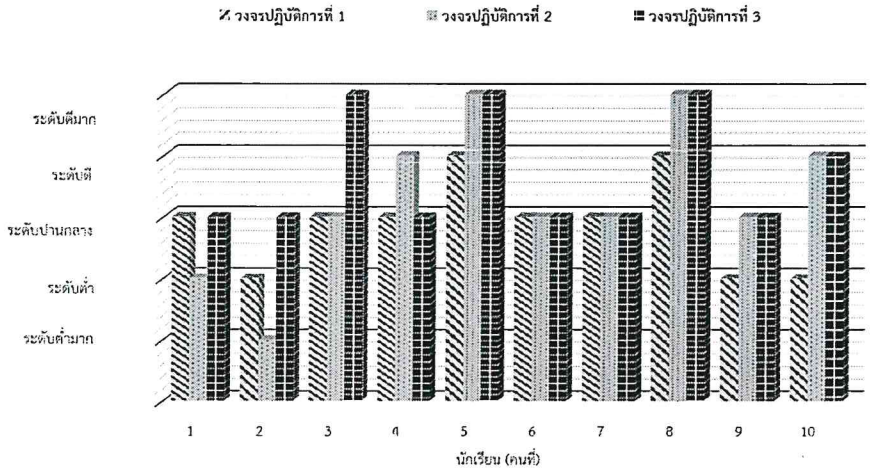
จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีการเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอสำหรับข้อกล่าวอ้าง เช่น มีการวาดโครงสร้างโมเลกุลและระบุชนิดยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเท่านั้น ไม่มีการอธิบายเพิ่มเติม มีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างไปและการให้เหตุผลในการสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ แต่มีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอและเหมาะสม แนวทางในการแก้ปัญหา คือ การใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความชัดเจนของการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งกระบวนการนี้จำเป็นต้องอาศัยเวลาในการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ในส่วนของข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ อาจใช้วิธีให้นักเรียนสร้างสื่อด้วยตนเองจากอุปกรณ์ที่กำหนด เพื่อฝึกการวิเคราะห์และการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง รวมถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อกล่าวอ้างเพื่อนำมาใช้ในการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล ทั้งนี้ในแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้ง นักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความชำนาญ

4.3.4 สรุปผลพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีโต้แย้ง 3 วงจรปฏิบัติการจำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ 22 ชั่วโมง เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน ซึ่งหลังครบวงจรปฏิบัติการนักเรียนมีผลการพัฒนาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

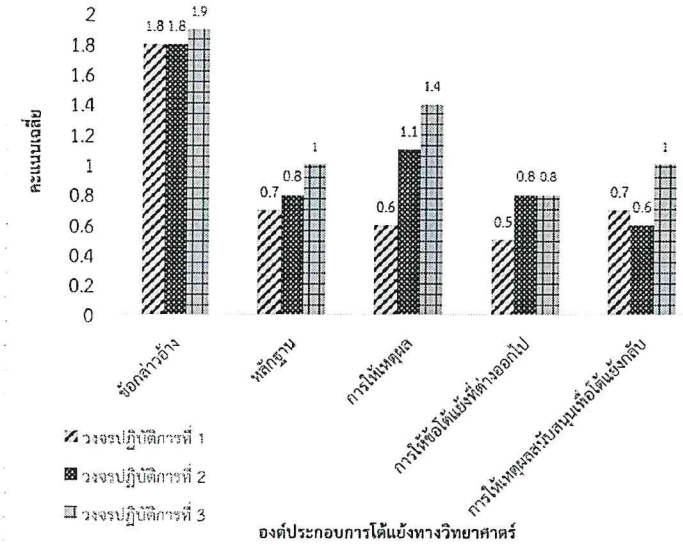
คนที่	วงจรปฏิบัติการ		
	1	2	3
1	ระดับปานกลาง	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง
2	ระดับต่ำ	ระดับต่ำมาก	ระดับปานกลาง
3	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง	ระดับดีมาก
4	ระดับปานกลาง	ระดับดี	ระดับปานกลาง
5	ระดับดี	ระดับดีมาก	ระดับดีมาก
6	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง
7	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง
8	ระดับดี	ระดับดีมาก	ระดับดีมาก
9	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง
10	ระดับต่ำ	ระดับดี	ระดับดี



ภาพที่ 4.12 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

จากภาพที่ 4.12 จากนักเรียนจำนวน 10 คน พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 7 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีการพัฒนาระดับความสามารถในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น โดยผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน แต่มีนักเรียนจำนวน 2 คน มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ลดลง และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยผ่านเกณฑ์ระดับปานกลางทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนบางคนที่มีระดับคงที่ตลอดระยะเวลาการดำเนินการ เนื่องมาจากนักเรียนไม่สามารถ

ให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับได้ จึงทำให้นักเรียนมีคะแนนรวมลดลง ซึ่งส่งผลให้ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ลดลงตามไปด้วย ประกอบกับเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีเนื้อหาเกี่ยวกับการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสารโคเวเลนต์ ซึ่งมีเนื้อหาจำนวนมากและมีลักษณะซับซ้อนยากต่อการเข้าใจ ต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาเนื้อหามาก เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบการโต้แย้งทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่ามีการผลการพัฒนาดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ผลการพัฒนาองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 4.13 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบเพิ่มขึ้นทั้งข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป อย่างไรก็ตาม ในส่วนของการใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ มีการพัฒนาไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนบางคนยังขาดทักษะในการคิดเชิงวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและการคิดเชิงวิพากษ์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่ใช้ในการโต้แย้ง โดยในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง นักเรียนต้องสามารถประเมินความถูกต้องของข้อมูลและวิเคราะห์สิ่งที่เป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือเพื่อสร้างข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและโต้แย้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการเขียน ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องอาศัยเวลาและการฝึกฝน เห็นได้จากผลการสังเกตที่พบว่านักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดของกลุ่มตนเองได้ แต่นักเรียนกลับประสบปัญหาในการเขียนบันทึกการโต้แย้งในด้านการสรุปและการใช้หลักฐานที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้คำอธิบายที่ได้สั้นและไม่ครอบคลุม

แนวทางในการพัฒนาคือ มีการใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น กระดานสำรวจ สื่อการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล หลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง จัดกิจกรรมในบริบทจริงเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์รอบตัว และฝึกการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล

การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปพบว่า การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 คงที่ เนื่องจากนักเรียนบางส่วนมักจะลืมการให้ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างของตน แต่จะเขียนถึงเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับด้วยเหตุผลว่า เพราะเหตุใดเพื่อนจึงตอบเช่นนั้น แล้วทำการโน้มน้าวเพื่อนเพื่อให้เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างของตน เป็นผลมาจากนักเรียนขาดทักษะการวิเคราะห์ข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่ละเอียดถี่ถ้วน นักเรียนมักอ่านเพียงผ่านตาหรือผิวเผิน จึงมักทำให้เกิดการอ่านตกหล่น ซึ่งทักษะการวิเคราะห์ การอ่านจับใจความ และการเรียบเรียงข้อมูล เป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งในการเรียนรู้ทุกวิชา ทักษะเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นเพียงชั่วข้ามคืน แต่ต้องใช้เวลาในการฝึกฝนและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แนวทางในการพัฒนา ได้แก่ การทบทวนและเปรียบเทียบข้อกล่าวอ้าง การฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลจากหลากหลายมุมมอง การส่งเสริมให้นักเรียนใช้หลักฐานในการโน้มน้าวและเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของผู้อื่น ตลอดจนการฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อความหรือข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก่อนเริ่มกระบวนการโต้แย้ง นอกจากนี้ การให้นักเรียนใช้รายการตรวจสอบเพื่อประเมินข้อโต้แย้งของตนและของเพื่อนว่ามีองค์ประกอบของเหตุผลโต้แย้งอย่างครบถ้วนหรือไม่ รวมถึงการให้เขียนสะท้อนความคิดหลังจากกิจกรรมการโต้แย้ง จะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้นว่าเหตุใดจึงเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับเหตุผลที่ถูกเสนอในกิจกรรมดังกล่าว

การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ พบว่า คะแนนเฉลี่ยลดลงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เนื่องจาก กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์มีความซับซ้อนและเนื้อหาที่มากอาจส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้ง โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์และการใช้หลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนการโต้แย้งกลับ ซึ่งในการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับนั้นเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่ต้องอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมทักษะดังกล่าว อาจนำกลยุทธ์การเรียนรู้ที่เน้นการตั้งคำถามชี้นำร่วมกับสื่อการเรียนรู้ เช่น “หลักฐานใดที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน” หรือ “นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลนี้กับข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร” เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดเชิงวิเคราะห์ มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนสรุปข้อกล่าวอ้างและข้อมูลของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสื่อตนเองกับของเพื่อน เพื่อให้นักเรียนสามารถจับประเด็นสำคัญของข้อโต้แย้งได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น รวมถึงฝึกการใช้คำถามกระตุ้นความคิด เช่น “ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นมีจุดใดที่น่าสนใจหรือควรโต้แย้งกลับหรือไม่ เพราะเหตุใด” เพื่อส่งเสริมการพิจารณามุมมองที่หลากหลาย และพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลอย่างมีวิจารณญาณ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 10 คน โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูลมหาสารคาม ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยสามารถสรุปผลและอภิปรายผลตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 3 วงจร ได้ผลดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 1

หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และ ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีจำนวน 2 คน ระดับปานกลางจำนวน 5 คน ระดับต่ำจำนวน 3 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบการโต้แย้งพบว่า นักเรียนได้คะแนนด้านข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ถัดมาคือ ด้านการใช้หลักฐาน ด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ด้านเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ตามลำดับ

5.1.2 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์

ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 80 และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีมากจำนวน 2 คน ระดับดี จำนวน 2 คน ระดับปานกลางจำนวน 4 คน ระดับต่ำจำนวน 1 คน และระดับต่ำมาก จำนวน 1 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบการโต้แย้งพบว่า นักเรียนได้คะแนนด้านข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ถัดมาคือด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ด้านการใช้หลักฐาน ด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และด้านเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ตามลำดับ

5.1.3 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 3

หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ระดับดีมากจำนวน 3 คน ระดับดีจำนวน 1 คน ระดับปานกลางจำนวน 6 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบการโต้แย้งพบว่า นักเรียนได้คะแนนด้านข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ถัดมาคือด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ด้านการใช้หลักฐาน ด้านเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อดำเนินการวิจัยครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยมี ระดับดีมากจำนวน 3 คน ระดับดีจำนวน 1 คน ระดับปานกลางจำนวน 6 คน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีขั้นตอนการโต้แย้งโดยเฉพาะ ซึ่งส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งได้ดีกว่าการสอนแบบทั่วไป โดยเน้นให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้ง ตรวจสอบหลักฐาน และวิเคราะห์ข้อมูล โดยการสืบเสาะ ค้นคว้าหาหลักฐานเพื่อใช้ในการสร้างโต้แย้ง (ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี, 2562) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งได้มีการออกแบบและจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน โดยศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียด มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุภาระงาน ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง ขั้นบันทึกรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ ขั้นการประเมินโดยเพื่อน ขั้นแก้ไขรายงาน และขั้นการอภิปรายสะท้อนความคิด โดยแต่ละแผนได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

และผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงได้ศึกษาหลักการแนวทางและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยเน้นที่นักเรียนเป็นสำคัญ ลักษณะของการจัดการเรียนรู้มีลักษณะการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบดำเนินการ วิเคราะห์ และโต้แย้งเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างและตรวจสอบความรู้ โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ใช้หลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อโต้แย้งของตน รวมถึงแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นเพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุด กระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถแยกแยะข้อเท็จจริงจากความคิดเห็น ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล และสร้างเหตุผลสนับสนุนข้อคิดเห็นได้อย่างมีหลักการ อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะการสื่อสารและการนำเสนอข้อมูลผ่านการนำเสนอผลการสืบค้นและข้อโต้แย้งซึ่งสอดคล้องกับที่ Sampson and Walker (2012) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นรูปแบบการสอนที่ออกแบบมาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบ ดำเนินการ วิเคราะห์ และโต้แย้งเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับที่ วนิดา ผาระนัด และประสาท เนืองเฉลิม (2561) กล่าวว่า การสอนที่ส่งการโต้แย้งสามารถช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็นอีกหนึ่งทักษะที่สามารถนำมาใช้พัฒนาทักษะอื่น ๆ ได้ ทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์ การส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม พัฒนาทักษะการสื่อสาร และปลูกฝังความเป็นพลเมืองที่รู้เท่าทัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี (2562) ที่พบว่า หลังการจัดเรียนรู้ระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Admoko, et al. (2021) ที่ทำการศึกษาเพื่ออธิบายการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปใช้กับการเรียนรู้ฟิสิกส์เรื่องกฎของนิวตันพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนจำนวน 2 คน มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ลดลง แต่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กลับมาเพิ่มขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และนักเรียนบางคนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่คงที่ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ จึงได้ทำให้นักเรียนมีคะแนนรวมลดลง ซึ่งส่งผลให้ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ลดลงตาม ประกอบกับเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นเนื้อหาที่ซับซ้อนยากต่อการเข้าใจ ต้องใช้เวลาในการศึกษาเนื้อหาค่อนข้างมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559) ที่พบว่า นักเรียนบางคนมีทักษะการโต้แย้งอยู่ในระดับคงที่หรือควรปรับปรุงเนื่องจากนักเรียนมีเวลาในการศึกษาเนื้อหาไม่เพียงพอและนักเรียนคิดว่าตนเองมีความรู้เกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการตอบสถานการณ์นั้นเพียงพอแล้ว

เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบการโต้แย้ง พบว่านักเรียนมีการพัฒนาขึ้นในทุกองค์ประกอบ โดยนักเรียนได้คะแนนด้านข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$ =1.9, *S.D.* =0.32) ถัดมาคือเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ($\overline{X}$ =1.4, *S.D.* =1.03) การใช้หลักฐาน ($\overline{X}$ =1.0, *S.D.* =0.47) เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ($\overline{X}$ =1.0, *S.D.* =0.67) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ($\overline{X}$ =0.8, *S.D.* =0.60) ตามลำดับ จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนมีคะแนนในด้านข้อกล่าวอ้างสูงที่สุด เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เน้นให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลที่ได้สืบค้นมา ซึ่งมักมีคำถามนำหรือสถานการณ์ที่ชัดเจนเป็นแนวทางในการตอบ ส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุคำตอบหรือข้อสรุปได้ตรงประเด็นและครบถ้วน จึงส่งผลให้นักเรียนได้คะแนนในส่วนนี้สูงกว่าด้านอื่น สอดคล้องกับที่ Sampson, Walker and Glooms (2012) กล่าวว่า ข้อกล่าวอ้างเป็นการสรุปข้อสรุป การคาดเดา คำอธิบาย หรือคำตอบอื่น ๆ ที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นที่กำหนดไว้

ด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจและตรวจสอบ ครูได้มีการสอบถามและแนะนำนักเรียนตลอดการจัดกิจกรรม มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง มีการตอบถามและชี้แจงในข้อสงสัยและมีการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้สำหรับการสืบเสาะเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและเห็นภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับที่ Grooms, et al. (2016) ระบุว่า การถามคำถามขณะการสืบเสาะ ถามคำถามเกี่ยวกับวิธีการในการได้มาซึ่งคำตอบ สนับสนุนให้คำปรึกษาคำแนะนำแก่นักเรียนและอธิบายหรือให้แนวทางในสิ่งที่นักเรียนสงสัย ช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ และธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2566) ที่พบว่า นักเรียนมีคะแนนองค์ประกอบการโต้แย้งด้านข้อกล่าวอ้างและด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับสูง เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์มากขึ้นในกิจกรรมการโต้แย้ง ครูมีการตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในแผนการเรียนการสอน ซึ่งช่วยสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ และมีการกระตุ้นนักเรียนให้คิดและนำเสนอข้ออ้างของตนเอง รวมถึงเหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น แต่ในด้านการใช้หลักฐาน การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ พบว่า มีการพัฒนาไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนบางคนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและการคิดเชิงวิพากษ์ จึงทำให้ในส่วนของการใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับนั้นมีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าในด้านอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Walker and Sampson (2013) ระบุว่า นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการประเมินความถูกต้องของข้อมูล และวิเคราะห์ว่าเหตุผลใดหลักฐานจึงน่าเชื่อถือเพื่อสร้างข้อโต้แย้งที่มีเหตุผล โดยนักเรียนจะได้รับสถานการ์ณและถูกตั้งคำถาม สำรวจ

ค้นคว้า นำเสนอข้อมูล และแลกเปลี่ยนข้อโต้แย้งกับผู้อื่น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบแทนที่จะมุ่งหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ในงานวิจัยยังพบว่า นักเรียนส่วนมากขาดทักษะในการเขียนอธิบายซึ่งเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการฝึกฝน โดยนักเรียนสามารถโต้แย้งและนำเสนอข้อมูลของกลุ่มตนเองได้ แต่เมื่อเขียนบันทึกโต้แย้ง นักเรียนไม่สามารถเขียนจับใจความและเลือกใช้ข้อมูลมาเขียนได้ มีการเขียนอธิบายค่อนข้างสั้น โดยเฉพาะในองค์ประกอบการใช้หลักฐาน การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้ง

ด้านการใช้หลักฐาน นักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจและตรวจสอบ นักเรียนมีการสืบเสาะเพื่อหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยครูได้ใช้สื่อร่วมในการสืบเสาะเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง เช่น กระดานสำรวจปริศนาจุดลิวอิส แบบจำลองรูปร่างโมเลกุล แผนผังวัฏจักรบอร์นฮาเบอร์ เป็นต้น สอดคล้องกับที่ Sampson and Gleim (2009) ระบุว่า การจัดเตรียมรายการวัสดุที่จำเป็นสำหรับการสืบเสาะ เช่น ตัวอย่าง แบบจำลอง สไลด์ อุปกรณ์ทดลอง ฯลฯ จะช่วยในการรวบรวมหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้น แต่ยังคงพบปัญหา คือ นักเรียนบางคนไม่สามารถเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่นำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้และบางส่วนสามารถอธิบายได้แต่ไม่เพียงพอสำหรับข้อกล่าวอ้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์ผกา คำอาจ (2565) ที่พบว่าองค์ประกอบการโต้แย้งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ยากที่สุด คือ ด้านหลักฐาน เนื่องจากการค้นหาหลักฐานเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของเหตุผลนั้นทำได้ยากกว่าการอธิบายนำเสนอเหตุผลและแสดงความคิดเห็น สอดคล้องกับงานวิจัย Sandoval and Millwood (2005) ที่พบว่า องค์ประกอบการโต้แย้งในด้านการใช้หลักฐานของนักเรียนเป็นทักษะที่เกิดขึ้นได้ยาก เพราะนักเรียนต้องเข้าใจประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และต้องเข้าใจเนื้อหาของหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น และสอดคล้องกลับ Moon, et al. (2017) ที่พบว่า นักเรียนจำนวนมากสามารถใช้เหตุผลได้เพียงระดับพื้นฐานแต่ไม่สามารถใช้หลักฐานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มักเลือกใช้เฉพาะข้อมูลบางชุดที่ง่ายต่อการอธิบาย แนวทางในการพัฒนาองค์ประกอบดังกล่าว คือ มีการใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น กระดานสำรวจ สื่อโมเดล เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล หลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง และมีการจัดกิจกรรมในบริบทจริงเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์รอบตัวฝึกการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และจัดกิจกรรมกลุ่ม สิ่งเหล่านี้เป็นเครื่องมือในการช่วยให้นักเรียนสร้างความมั่นใจและความคล่องแคล่วในใช้หลักฐานในการสร้างข้อโต้แย้ง

ด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และด้านเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ นักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวและกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสรุปผลที่ได้จากการสืบเสาะเป็นของตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงตรวจสอบข้อโต้แย้งของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อหาความแตกต่างที่จะนำไปสู่ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง มีการเตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นการอภิปรายให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ เช่น นักเรียนมีข้อกล่าวอ้างจากเพื่อนหรือไม่ จากข้อมูลที่นักเรียนสืบเสาะได้ต่างจากเพื่อนอย่างไร มีการควบคุมการอภิปรายให้อยู่ในประเด็นและสรุปประเด็นสำคัญของแต่ละกลุ่ม มีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการโต้แย้ง เช่น นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อกล่าวอ้างของเพื่อนที่นำเสนอไป ถ้าไม่นักเรียนจะโน้มน้าวเพื่อนอย่างไร หรือนักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบของตนเองหรือไม่ เพราะเหตุใด สอดคล้องกับที่ Sampson and Gleim (2009) ระบุว่า ในการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปจะต้องตรวจสอบข้อโต้แย้งของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เพื่อหาข้อโต้แย้ง ควบคุมการอภิปรายให้อยู่ในประเด็นและสรุปประเด็นสำคัญ แต่ยังคงพบปัญหาคือ ด้านการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 มีพัฒนาการที่คงที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนบางคนยังไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างจากของเพื่อนได้อย่างชัดเจน โดยมักเลือกอธิบายเหตุผลที่เพื่อนตอบและพยายามโน้มน้าวให้เพื่อนเห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างของตนเอง ซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้สะท้อนให้เห็นถึงการขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ในการพิจารณาคำถามหรือสถานการณ์ หลายคนมีแนวโน้มอ่านเนื้อหาอย่างผิวเผิน ส่งผลให้เกิดการตีความคลาดเคลื่อนหรือมองข้ามประเด็นสำคัญ ซึ่งต้องอาศัยทักษะต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ การอ่านจับใจความ และการเรียบเรียงข้อมูล โดยต้องมีการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องจึงจะเกิดผล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu and Tsai (2007) ที่พบว่า นักเรียนที่ไม่สามารถสร้างข้อโต้แย้งกลับได้ มักมองปัญหาจากมุมแคบ และเน้นเพียงการนำเสนอเหตุผลสนับสนุน ขาดความเข้าใจว่าการโต้แย้งที่มีประสิทธิภาพควรชี้ให้เห็นจุดอ่อนของความคิดเห็นฝ่ายตรงข้าม พร้อมการโต้แย้งกลับอย่างมีเหตุผล และสอดคล้องกับที่ Guilfoyle, Hillier and Fancourt (2021) พบว่า มีนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป เนื่องจากทักษะนี้ถือเป็นทักษะที่ยาก ต้องใช้ความเข้าใจลึกซึ้งเกี่ยวกับโครงสร้างของข้อโต้แย้ง เช่น การประเมินเหตุผล และการเปรียบเทียบความคิดเห็นที่ขัดแย้งกันอย่างมีเหตุผล ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการฝึกฝนหรือมีโอกาสได้ฝึกทักษะนี้อย่างเพียงพอในห้องเรียน แนวทางในการพัฒนาได้แก่ การทบทวนและเปรียบเทียบข้อกล่าวอ้าง การฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลจากหลากหลายมุมมอง การส่งเสริมให้นักเรียนใช้หลักฐานในการโน้มน้าวและเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของผู้อื่น ตลอดจนการฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อความหรือข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก่อนเริ่มการโต้แย้ง นอกจากนี้ การให้

นักเรียนใช้รายการตรวจสอบเพื่อประเมินข้อโต้แย้งว่ามีองค์ประกอบของเหตุผลที่ครบถ้วนหรือไม่ รวมถึงการเขียนสะท้อนความคิดหลังจากกิจกรรมการโต้แย้ง มีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายความคิดของตนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ด้านการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้ง พบปัญหาคือ นักเรียนมีการให้เหตุผลในการสนับสนุนในการโต้แย้งกลับแต่มีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอ โดยมีคะแนนเฉลี่ยลดลงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า หัวข้อเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์มีความซับซ้อนและเนื้อหาที่มาก อาจส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้ง โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์และการใช้หลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนการโต้แย้งกลับ ซึ่งในการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับนั้นเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่ต้องอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินข้อมูลอย่างเป็นระบบ จึงเป็นเรื่องที่ยากในการอธิบายเหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sandoval and Millwood (2005) ที่ระบุว่า นักเรียนจะสามารถให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีความเข้าใจที่ชัดเจนทั้งในด้านเนื้อหาและบริบทของปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไลวรรณ ทรงศิลป์ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะในการให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับของตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องเผชิญกับข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้และมีการใช้อารมณ์ความรู้สึกร่วมด้วย ซึ่งการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่ต้องใช้ความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินข้อมูลอย่างรอบด้าน จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ แนวทางในการพัฒนาองค์ประกอบดังกล่าว อาจนำกลยุทธ์การเรียนรู้ที่เน้นการตั้งคำถามชี้นำร่วมกับสื่อการเรียนรู้ เช่น “หลักฐานใดที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน” หรือ “นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลนี้กับข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร” เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดเชิงวิเคราะห์ นอกจากนี้ อาจให้นักเรียนวิเคราะห์ตัวอย่างข้อโต้แย้งที่หลากหลาย และฝึกใช้หลักฐานในบริบทต่าง ๆ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างยืดหยุ่น

จากผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นแนวทางการสอนที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผล การสื่อสาร และการทำงานร่วมกันของนักเรียน โดยเมื่อบูรณาการเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การทดลองในห้องปฏิบัติการ การอภิปรายกลุ่ม การเขียนอธิบายหลักฐาน และการนำเสนอของนักเรียนนั้นได้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกฝนการสร้างและตอบโต้ข้อโต้แย้งอย่างต่อเนื่อง แต่จากการประเมินองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความผันแปร

โดยเฉพาะในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งคะแนนของนักเรียนบางรายลดลงสะท้อนให้เห็นว่า ความซับซ้อนของเนื้อหาอาจส่งผลต่อความสามารถในการสร้างและพัฒนาข้อโต้แย้ง อย่างไรก็ตาม กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ดำเนินการนั้นมีความสามารถในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ โดยในกิจกรรมต่าง ๆมีการใช้กระดานสำรวจ กระดานโต้แย้ง และแบบจำลอง รวมถึงการใช้คำถามที่มีแบบแผนและเป้าหมายชัดเจน มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นระบบ ซึ่งส่งผลให้การโต้แย้งของนักเรียนมีความสมเหตุสมผลและมีโครงสร้างมากยิ่งขึ้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดครูควรมีความเข้าใจในหลักการสำคัญของกระบวนการนี้ สามารถออกแบบกิจกรรมและสื่อการสอนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้รวมทั้งสร้างบรรยากาศในห้องเรียนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การโต้แย้งโดยใช้หลักฐาน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างเคารพซึ่งกันและกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

5.3.1.1 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและบริบทของนักเรียน ปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน โดยเฉพาะในหัวข้อที่เป็นนามธรรม เช่น พันธะเคมี ควรมีการใช้สื่อจำลอง แบบจำลอง หรือสถานการณ์สมมุติเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาพรวมของแนวคิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.3.1.2 การจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ขั้นการสำรวจและตรวจสอบเป็นขั้นที่ครูต้องใส่ใจเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการโต้แย้ง ครูควรมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง มีการย้ำถึงความสำคัญในการหาข้อมูล เนื่องจากหากนักเรียนไม่มั่นใจในข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นของตนเองจะส่งผลต่อขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

5.3.1.3 การจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ขั้นนี้ครูควรออกแบบกิจกรรมที่นักเรียนทุกคนสามารถเห็นโต้แย้งชั่วคราวของแต่ละกลุ่มได้ เช่น กระดานสำรวจตรวจสอบที่นักเรียนสามารถนำมาวางและนำเสนอที่หน้าห้องได้ หรือให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนลงบนกระดาน เนื่องจากนักเรียนอาจฟังหรือจับใจความสำคัญไม่ทัน

5.3.1.4 การจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ขั้นการโต้แย้งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ครูต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนจะเกิดความไม่มั่นใจในตนเอง กลัวการตอบผิดจึงทำให้ไม่กล้าที่จะนำเสนอและโต้แย้งกับเพื่อน ครูควรมีการทบทวนข้อกล่าวอ้างของแต่ละกลุ่ม หรือมีการใช้คำถามนำ เช่น นักเรียนมีคำตอบอื่นหรือไม่ การนำเสนอของนักเรียนนั้นไม่มีผิดหรือ

ถูกขึ้นอยู่กับหลักฐานที่นักเรียนนั้นสืบค้นมาได้ ซึ่งในขั้นนี้อาจต้องใช้เวลาในการปรับให้นักเรียนเคยชิน เนื่องจากนักเรียนไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้เช่นนี้มาก่อน

5.3.1.5 การจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลาค่อนข้างนาน ดังนั้นครูต้องมีการจัดสรรเวลาในการกิจกรรมให้พอดี สถานการณ์โต้แย้งไม่ควรซับซ้อนเกินไปหากมีระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่มาก

5.3.1.6 ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนแต่ละคนมีการเขียนอธิบายในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งเป็นข้อความสั้น ๆ และไม่ค่อยมีการเชื่อมโยงหรือขยายความ จึงควรปรับโจทย์ในแบบวัดให้เจาะจงมากขึ้น เช่น ให้ระบุอย่างน้อย 2 เหตุผล หรือเชื่อมโยงความคิดเห็นของตนกับประเด็นอื่น

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ในวิจัยครั้งนี้ดำเนินการกับกลุ่มเป้าหมายขนาดเล็ก ซึ่งอาจจำกัดความสามารถในการนำผลไปใช้ในบริบทอื่น ๆ ดังนั้น จึงควรขยายการศึกษาไปยังกลุ่มเป้าหมายที่มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านประเภทของโรงเรียนและพื้นฐานของนักเรียน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ ความครอบคลุมและความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในบริบทที่แตกต่างกัน

5.3.2.2 ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเพียง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอในการสะท้อนพัฒนาการในระยะยาว โดยเฉพาะในด้านการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนโต้แย้งกลับ ดังนั้นควรเพิ่มระยะเวลาการศึกษาหรือเพิ่มจำนวนรอบการดำเนินงานให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถติดตามและสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

5.3.2.3 ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านอกจากนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ในการจัดการเรียนรู้มีการให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนและแก้ปัญหาช่วยกันภายในกลุ่ม จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อทักษะการทำงานร่วมกันหรือทักษะการแก้ปัญหาร่วมกันว่าส่งเสริมทักษะเหล่านี้ได้หรือไม่

5.3.2.4 ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น บางคนมีระดับที่ต่ำลงและสูงขึ้นไม่คงที่ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความไม่คงที่ของพัฒนาการหรือมีการเพิ่มระยะเวลาการวิจัยเพื่อติดตามพัฒนาการของนักเรียนในระยะยาวซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของโรงเรียนและความแตกต่างระหว่างบุคคล

5.3.2.5 ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปน้อยที่สุด ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้ต่อความสามารถในการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปหรือแนวทางในการส่งเสริมด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: กระทรงศึกษาธิการ.

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

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ.2561.* นนทบุรี: บริษัท 21 เซ็นจูรี่ จำกัด.

กฤติภณ เณรตาก้อง. (2564). *การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมการทำวิจัยในชั้นเรียนของครูโรงเรียนวัดจันทาราม (ตั้งตรงจิตร 5)* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยคริสเตียน.

กฤษฎา ทองประไพ, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, กฤษณา ชินสิญจน์ และอรยา แจ่มใจ. (2559). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7*(1), 48-61.

จรรยา โท๊ะนาบุตร. (2560*). รูปแบบการเรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ในศตวรรษที่ 21.* ลำปาง: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย. (2560). คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, 7*(1), 1-15.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 11*(1), 39-42.

ธัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ และธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2566). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ทรัพยากรพลังงาน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 15*(1), 282-298.

นิพนธ์ จันเลน. (2560). ความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการจัดห้องเรียนแบบสืบเสาะและแนวทางปรับความเข้าใจ. *นิตยสาร สสวท., 42*(190), 3-8.

พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ. (2559). *การวัดและประเมินผลการศึกษา.* อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

พิมพ์ผกา คำอาจ. (2565). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พอลิเมอร์* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไพศาล วรคำ. (2566). *การวิจัยทางการศึกษา (Educational Research)* (พิมพ์ครั้งที่ 14). มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.

ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี. (2562). การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการรายวิชาเคมี ที่มีต่อการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 5*(1), 21-36.

ภาวิณี รัตนคอน, นันทรัตน์ เครืออินทร์ และกุลธิดา นุกูลธรรม. (2561). การพัฒนาเกณฑ์การประเมินทักษะการโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Veridian E-Journal, Silpakorn University, 11*(2), 2720-2735.

มาศสุภา รัตนไทรงาม. (2561). การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และทักษะการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดรังสิตาวาส จังหวัดยะลา โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการสืบเสาะแบบผสมผสานการโต้แย้ง เรื่อง ระบบนิเวศสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ยะลา: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เมธานนท์ สง่าชาติ, เอกภูมิ จันทรขันตี และวีระศักดิ ฟุ้งเฟื่อง. (2561). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ในบทเรียนเรื่อง ฮอร์โมน และต่อมไร้ท่อ. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56* (น. 155-162). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ยุวพร ดวงศรี และบุญสม ทับสาย (2561). การเรียนรู้แบบสืบเสาะ: กระบวนการเรียนรู้เพื่อปฏิรูปชั้นเรียน. *วารสารสังคมศาสตร์วิจัย, 9*(2), 371-382.

โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล. (2565). *รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self - Assessment Report: SAR) ประจำปีการศึกษา 2565*. มหาสารคาม: โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล.

วนิดา ผาระนัด และประสาท เนืองเฉลิม. (2561). การโต้แย้งอย่างมีเหตุผลเพื่อทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 Reasoned Argumentation: A skill for Surviving in the 21st Century. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 37*(2), 174-181.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2566). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนขับเคลื่อนสู่งานประจำอย่างพอเพียงและยั่งยืน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิไลวรรณ ทรงศิลป์ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Grade 10 Students' Scientific Argumentation in Socio-Scientific Issues). *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 11*(3), 175-184.

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี, 2*(1), 29-49.

ศุทธินี มณีทัพ และสุภกร หาญสูงเนิน. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบเปิดที่มีผลต่อทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 17*(1), 78-88.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงาน ก.พ.. (2553). *คู่มือการสร้างข้อสอบเพื่อการเลือกสรรบุคคล*. กรุงเทพฯ: สำนักงาน ก.พ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2565). *แผนพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2566–2570*. สืบค้นจาก https://www.obec.go.th/archives/813787.

สินธะวา คามดิษฐ์. (2557). *การวิจัยในชั้นเรียนระดับอุดมศึกษา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจณฑิตย์.

สิรินธร สินจินดาวงศ์. (2547). วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์, 4*(1), 21-33.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สามลดา.

เอกภูมิ จันทรขันตี. (2559). การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 11*(1), 217-232.

Admoko, S., Hanifah, N., Suprapto, N., Hariyono, E. and Madlazim M. (2021). The Implementation of Argument Driven Inquiry (ADI) Learning Model to Improve Scientific Argumentation Skills of High School Students. *Journal of Physics: Conference Series. 1747*, 012046.

Amelia, D. R., Asrial, A. and Effendi-Hasibuan, M. H. (2020). The Effectiveness of Argument-Driven Inquiry in Promoting Students Argumentation Skills about Colloids. *Advances in Engineering Research, 205*(1), 328-335.

Amielia, S. D., Suciati, S. and Maridi, M. (2018). Enhancing Students' Argumentation Skills Using an Argument Driven Inquiry-Based Module. *Journal of Education and Learning (EduLearn), 12*(3), 464-471.

Boğar, Y. (2019). Synthesis Study on Argumentation in Science Education. *International Education Studies, 12*(9), 1-14.

Bybee, R. W., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P. V., Carlson, J., Westbrook, A. L. and Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness* Colorado: SCS.

Celep, N. D. (2015). The Effects of Argument-Driven Inquiry Instructional Model on 10th Grade Students' Understanding of Gases Concepts (Doctoral Thesis). Turkey: Middle East Technical University.

Dawson, V. M. and Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills about Sociocentric Issues in High School Genetics. *Research in Science Education, 40*(2), 133-148.

Effendi-Hasibuan, MH., Bakar, A. and Harizon. (2020). Skills to Argue Using Argument-Based Learning (ABL) and Socio Scientific Issues to Promote University Students' Argumentation Skills in Chemistry. *Journal of Physics: Conference Series, 1567*, 022042.

Erduran, S. (2019). *Argumentation in Chemistry Education: Research, Policy and Practice*. Cambridge: CPI Group (UK) Ltd.

Fatmawati, Z. A., Susilowati, S. M. E., and Prihandono, R. S. I. (2019). Effect of Argument Driven Inquiry (ADI) with Problem Solving Method for Student's Argumentation and Critical Thinking Skills. *Journal of Innovative Science Education, 8*(3), 255-263.

Grooms, J., Enderle, P. J., Hutner T., Murphy, A., and Sampson V. (2016). Argument-Driven Inquiry in Lab Investigations for Grades 6–8 Physical Science. *National Science Teachers Association.* Virginia: Argument-Driven Inquiry, LLC.

Güler, C. and Doğru, M. (2017). The Effect of "Argument-Based Science Inquiry" Approach on Science Teacher Candidates' Academic Achievements. *International Online Journal of Education & Teaching, 4*(3), 229-244.

Guilfoyle, L., Hillier, J. and Fancourt, N. (2021). Students' Argumentation in The Contexts of Science, Religious Education, and Interdisciplinary Science-Religious Education Scenarios. *Research in Science & Technological Education, 41*(2), 759-776.

Hasnunidah, N. and Wiono, W. J. (2019). Argument-Driven Inquiry, Gender, and Its Effects on Argumentation Skills. *Tadris Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah, 4*(2), 179-188.

Hasnunidah, N., Susilo, H., Irawati, M. H. and Sutomo H. (2015). Argument-Driven Inquiry with Scaffolding as The Development Strategies of Argumentation and Critical Thinking Skills of Students in Lampung, Indonesia. *American Journal of Educational Research, 3*(9), 1185-1192.

Johnson, A. (2012). *A Short Guide to Action Research* (Edition 4). Mankato: A Division of Guilford Publications, Inc.

Jumariati, J., Febriyanti, E. M. and Rizki, M. (2021). Argumentation Skills: An Analysis on EFL Students' Essays Based on Toulmin's Model of Argument. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 587*(2021), 86-95.

Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Australia: Deakin University.

Lesha, J. (2014). Action Research in Education. *European Scientific Journal, 10*(13), 379-386.

Lin, S. and Mintzes, J. J. (2010). Learning Argumentation Skills Through Instruction in Sociocentric Issues: The Effect of Ability Level. *International Journal of Science and Mathematics Education, 8*(6), 993-1017.

Lufungulo, E. S., Mambwe, R. and Kalinde, B. (2021). The Meaning and Role of Action Research in Education. *Multidisciplinary Journal of Language and Social Sciences Education, 4*(2), 115-128.

Maloney, J. and Simon, S. (2006). Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation. *International Journal of Science Education, 28*(15), 1817-1841.

McNeil, K. L., and Krajcik, J. (2015). Designing and Assessing Scientific Explanation Tasks. *Encyclopedia of Science Education, 1*(1), 258-291.

Moon, A., Stanford, C., Cole, R. and Towns, M. (2017). Analysis of Inquiry Materials to Explain Complexity of Chemical Reasoning in Physical Chemistry Students' Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching, 54*(10), 1322-1346.

OECD. (2021). Are 15-Year-Olds Prepared to Deal with Fake News and Misinformation? *PISA in Focus*, (113), Paris: OECD Publishing.

Oranga, J. and Gisore, B. (2023). Action Research in Education. *Open Access Library Journal, 10*(7), 1-10.

Osborne, J. (2012). The Role of Argument: Learning How to Learn in School Science. *Springer International Handbooks of Education, 24*(1), 933-949.

Özelma, E., and Seyhan, H. G. (2022). Effect of Argumentation Based Learning on Science Achievement and Argumentation Willingness: The Topic of "Particulate Nature of Matter". *Bulletin of Education and Research, 44*(2), 31-50.

Ping, I. L. L., Halim, L. and Osman, K. (2020). Explicit Teaching of Scientific Argumentation as an Approach in Developing Argumentation Skills, Science Process Skills and Biology Understanding. *Journal of Baltic Science Education, 19*(2), 276-288.

Sampson, V. and Gleim, L. (2009). Argument-Driven Inquiry to Promote the Understanding of Important Concepts & Practices in Biology. *The American Biology Teacher, 71*(8), 465-472.

Sampson, V. and Walker, J. P. (2012) Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Students Write to Learn by Learning to Write in Chemistry. *International Journal of Science Education, 34*(10). 1443–1485.

Sampson, V. Walker, J. P. and Grooms J. (2012). Argument-Driven Inquiry in Undergraduate Chemistry Labs: The Impact on Students' Conceptual Understanding, Argument Skills, And Attitudes Toward Science. *Journal of College Science Teaching, 41*(4), 82-89.

Sandoval, W. A., and Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction, 23*(1), 23-55.

Simon, S., Erduranb, S. and Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and Development in the Science Classroom. *International Journal of Science Education, 28*(2-3), 235-260.

Spronken-Smith, R. (2008). *Experiencing The Process of Knowledge Creation: The Nature and Use of Inquiry-Based Learning in Higher Education*. New Zealand: University of Otago.

Suliyanah R., Fadillah, N. and Deta, U. A. (2020). The Process of Developing Students' Scientific Argumentation Skill Using Argument-Driven Inquiry (ADI) Model in Senior High School on The Topic of Elasticity. *Journal of Physics: Conference Series, 1491*, 012046.

Walker, J. P. and Sampson, V. (2013). Learning to Argue and Arguing to Learn: Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course. *Journal of Research in Science Teaching, 50*(5), 561-596.

Wu, Y. T. and Tsai, C. C. (2007). High School Students' Informal Reasoning on A Socio-Scientific Issue: Qualitative and Quantitative Analyses. *International Journal of Science Education, 29*(9), 1163-1187.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนัด	ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2. อาจารย์ ดร.รัตติกาล สารกอง	ปร.ด. (วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3. นายอาพินันท์ วรธิพรหมมา	ศษ.บ. (วิทยาศาสตร์ศึกษา เอกเดี่ยวเคมี) ครูโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๓๖๘ วันที่ ๙ สิงหาคม ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนัด

ด้วย นางสาวพจนา โพธิ์นิล รหัสประจำตัว ๖๖๘๐๑๐๓๐๐๑๐๕ นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดีฝ่ายยริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๓๖๘ วันที่ ๙ สิงหาคม ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน อาจารย์ ดร.รัตติกาล สารกอง

ด้วย นางสาวพจนา โพธิ์นิล รหัสประจำตัว ๖๖๘๐๑๐๓๐๐๑๐๕ นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดีฝ่ายยริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์



ที่ ๐๖๑๙.๐๒/๗๒๓๔

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๙ สิงหาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน นายอาพินันท์ วรธิพรหมมา

ด้วย นางสาวพจนา โพธิ์นิล รหัสประจำตัว ๖๖๔๐๑๐๓๐๐๑๐๕ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
☐อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทนคณะครุศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๖๑ ๖๑๘ ๑๑๖๓

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **รายวิชา** เคมีเพิ่มเติม 1 (ว31221)
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 **ภาคเรียนที่** 1 **ปีการศึกษา** 2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พันธะเคมี **เวลาเรียน** 2 ชั่วโมง
เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระเคมี 1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมี และสมบัติของสาร แก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

14. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายวิธีการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (K)
2. ระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการโต้แย้งเกี่ยวกับการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (P)
3. มีความใฝ่เรียนรู้ และมีความละเอียดรอบคอบ/วิจารณญาณ (A)

สาระสำคัญ

สารประกอบไอออนิกเขียนแสดงสูตรเคมีโดยให้สัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนที่เป็นองค์ประกอบ

การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทำได้โดยเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบ สำหรับสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าต้องระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย

สาระการเรียนรู้

ความรู้

- การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก
- การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ทักษะกระบวนการ

- ทักษะการโต้แย้ง

คุณลักษณะ

- ความใฝ่เรียนรู้
- ความละเอียดรอบคอบ/วิจารณญาณ

กิจกรรมการเรียนรู้ : แบบสืบเสาะโดยใช้กลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นที่ 1 การระบุภาระงาน

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกและทบทวนความรู้เดิม โดยถามคำถาม

คำถาม : จากตัวอย่างโมเลกุลที่กำหนดให้ ประกอบไปด้วยอย่างละกี่อะตอม

คำถาม : ข้อใดกล่าวถึงพันธะไอออนิกได้ถูกต้อง

คำถาม : ทำอย่างไร Na และ Cl จึงจะเสถียรหรือเป็นไปตามกฎออกเตต

คำถาม : กฎออกเตตคืออะไร

แนวคำตอบ : การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 หรือเท่ากับ 2

คำถาม: จงระบุไอออนของสารต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-
ซีเซียม (Cs) กับกำมะถัน (S)	Cs^+	S^{2-}
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-
แคลเซียม (Ca) กับออกซิเจน (O)	Ca^{2+}	O^{2-}

2. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 13 ให้นักเรียนและนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสืบค้นและวิเคราะห์โดยมีสถานการณ์ ดังนี้

"นักเรียนได้รับแจ้งเหตุพบสารเคมีปริศนา 4 ชนิด แต่ละชนิดมีสูตรเคมีและชื่อที่ไม่ชัดเจนโดยมีข้อมูลที่ค้นพบดังนี้

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^+	O^{2-}
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^-
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-

จากข้อมูลที่กำหนดให้นักเรียนจะทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและแต่ละโมเลกุลจะมีชื่อเรียกอย่างไร

3. ครูชี้แจงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งให้ทราบว่า นักเรียนต้องสืบค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการโต้แย้ง คือ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนและหลักฐาน จากนั้นนำข้อมูลไปนำเสนอการโต้แย้งในชั้นเรียนร่วมกันโดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อโต้แย้งและให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังทำการโต้แย้งเพื่อแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ จากนั้นนักเรียนต้องเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบรายบุคคลหลังจากกิจกรรมโต้แย้งเสร็จพร้อมกับประเมินรายงานของเพื่อน

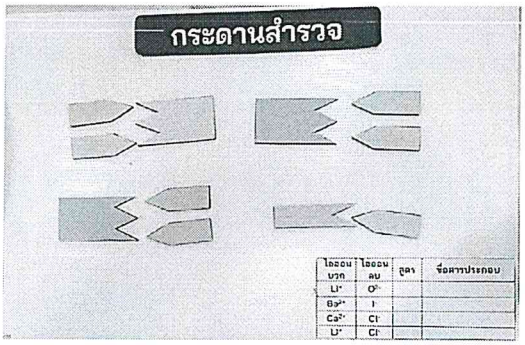
ขั้นที่ 2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความเหมาะสม

2. แต่ละกลุ่มศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากหนังสือเรียนหรือแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ แล้วทำการบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 13 เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก

- ให้แต่ละกลุ่มศึกษา ค้นคว้าและสรุปข้อมูลเกี่ยวกับสูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิกที่กำหนดให้โดยใช้จิ๊กซอว์และใบความรู้

- จากนั้นสมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาหรือค้นคว้าและบันทึกลงในกระดานสำรวจ



ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมที่ 13 การสร้างข้อโต้แย้ง ดังนี้

- นักเรียนศึกษาสถานการณ์จากใบกิจกรรมที่ 13 โดยใช้ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาใช้ในการเขียนแนวคำตอบขององค์ประกอบการโต้แย้งชั่วคราว โดยมีองค์ประกอบการโต้แย้งที่ต้องเขียนในขั้นตอนนี้ คือ ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ) เหตุผลสนับสนุน (เพราะเหตุใดถึงตอบเช่นนั้น) และหลักฐาน (สิ่งที่ได้จากการสืบค้น)

(แนวคำตอบ **ข้อกล่าวอ้าง:** เราสามารถหาสูตรโมเลกุลที่เสถียรของสารประกอบไอออนิกทั้ง 4 ชนิดได้ โดยอาศัยหลักการของการสร้างพันธะไอออนิก ซึ่งเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุโลหะและอโลหะ ทำให้เกิดไอออนบวกและไอออนลบที่ดึงดูดกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตซึ่งเมื่อรวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ **เหตุผลสนับสนุน:** ประจุไฟฟ้าของ Li^+ 2 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ O^{2-} 1 ตัว ได้สูตรโมเลกุล Li_2O (ลิเทียมออกไซด์) ประจุไฟฟ้าของ Ba^{2+} 1 ตัว สามารถสมดุลกับ

ประจุไฟฟ้าของ I^- 2 ตัว ได้สูตรโมเลกุล BaI_2 (แบเรียมไอโอไดด์) ประจุไฟฟ้าของ LI^{2+} 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ Cl^- 2 ตัว ได้สูตรโมเลกุล $CaCl_2$ (แคลเซียมคลอไรด์) Li^+ 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ Cl^- 1 ตัว ได้สูตรโมเลกุล LiCl (ลิเทียมคลอไรด์)
หลักฐาน:

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ	สูตร	ชื่อสารประกอบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^+	O^{2-}	Li_2O	ลิเทียมออกไซด์
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-	BaI_2	แบเรียมไอโอไดด์
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^-	$CaCl_2$	แคลเซียมคลอไรด์
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-	LiCl	ลิเทียมคลอไรด์

2. ครูทำการตรวจความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนจากการตอบองค์ประกอบต่าง ๆ ในใบกิจกรรม หากนักเรียนกลุ่มใดไม่เข้าใจครูทำการชี้แนะในแต่ละองค์ประกอบ

ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง

1. ครูสุ่มลำดับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อสรุปที่ได้จากการทำกิจกรรมใบกิจกรรมที่ 13 โดยให้นักเรียนนำเสนอข้อสรุปของกลุ่มตนเอง

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง โดยแต่ละกลุ่มจะนำเสนอข้อกล่าวอ้างหรือเหตุผลที่สนับสนุนความคิดหรือความเห็นของต่อประเด็นที่กำหนดไว้ โดยนำเสนอกลุ่มละ 5 นาที จากนั้นกลุ่มที่เป็นผู้ฟังให้การโต้แย้งว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยเพราะเหตุใด

3. ครูให้นักเรียนสำรวจข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นว่ามีกลุ่มใดแตกต่างไปจากข้อกล่าวอ้างของกลุ่มแรกจากนั้นให้กลุ่มนั้น ๆ แสดงหลักฐานและเหตุผลที่ได้จากการสืบค้นเพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของตน

(แนวคำตอบ **ข้อกล่าวอ้าง:** เราสามารถหาสูตรโมเลกุลที่เสถียรของสารประกอบไอออนิกทั้ง 4 ชนิดได้ โดยอาศัยหลักการของการสร้างพันธะไอออนิก ซึ่งเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุโลหะและอโลหะ ทำให้เกิดไอออนบวกและไอออนลบที่ดึงดูดกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตซึ่งเมื่อรวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ **เหตุผลสนับสนุน:** ประจุไฟฟ้าของ Li^+ 2 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ O^{2-} 1 ตัว ได้สูตรโมเลกุล Li_2O (ลิเทียมออกไซด์) ประจุไฟฟ้าของ Ba^{2+} 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ I^- 2 ตัว ได้สูตรโมเลกุล BaI_2 (แบเรียมไอโอไดด์) ประจุไฟฟ้าของ LI^{2+} 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ Cl^- 2 ตัว ได้สูตรโมเลกุล $CaCl_2$ (แคลเซียมคลอไรด์) Li^+ 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ Cl^- 1 ตัว ได้สูตรโมเลกุล LiCl (ลิเทียมคลอไรด์)
หลักฐาน:

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ	สูตร	ชื่อสารประกอบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^+	O^{2-}	Li_2O	ลิเทียมออกไซด์
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-	BaI_2	แบเรียมไอโอไดด์
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^-	$CaCl_2$	แคลเซียมคลอไรด์
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-	LiCl	ลิเทียมคลอไรด์

4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปข้อกล่าวอ้างของกลุ่มที่ต่างกัน

ขั้นที่ 5 การบันทึกรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ

1. นักเขียนสรุปผลการโต้แย้งลงในแบบบันทึกการโต้แย้ง ตามองค์ประกอบของการโต้แย้งคือ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และเหตุผลสนับสนับสนุนการโตแย้งกลับ

-ข้อกล่าวอ้าง คือ คำตอบ

(แนวคำตอบ: เราสามารถหาสูตรโมเลกุลที่เสถียรของสารประกอบไอออนิกทั้ง 4 ชนิดได้ โดยอาศัยหลักการของการสร้างพันธะไอออนิก ซึ่งเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุโลหะและอโลหะ ทำให้เกิดไอออนบวกและไอออนลบที่ดึงดูดกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตซึ่งเมื่อรวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับศูนย์)

- หลักฐาน คือ หลักฐานที่ได้จากการสืบค้นหรือจากการสำรวจตรวจสอบ

(แนวคำตอบ:

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ	สูตร	ชื่อสารประกอบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^+	O^{2-}	Li_2O	ลิเทียมออกไซด์
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-	BaI_2	แบเรียมไอโอไดด์
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^-	$CaCl_2$	แคลเซียมคลอไรด์
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-	LiCl	ลิเทียมคลอไรด์

- เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง คือ การให้เหตุผลในการตอบเพราะเหตุใดถึงตอบเช่นนั้น

(แนวคำตอบ: ประจุไฟฟ้าของ Li^+ 2 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ O^{2-} 1 ตัว ได้สูตรโมเลกุล Li_2O (ลิเทียมออกไซด์) ประจุไฟฟ้าของ Ba^{2+} 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ I^- 2 ตัว ได้สูตรโมเลกุล BaI_2 (แบเรียมไอโอไดด์) ประจุไฟฟ้าของ LI^{2+} 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ Cl^- 2 ตัว ได้สูตรโมเลกุล $CaCl_2$ (แคลเซียมคลอไรด์) Li^+ 1 ตัว สามารถสมดุลกับประจุไฟฟ้าของ Cl^- 1 ตัว ได้สูตรโมเลกุล LiCl (ลิเทียมคลอไรด์)

- การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป คือ การนำเสนอข้อโต้แย้งที่ตรงข้ามกับข้อกล่าวอ้างที่ได้เสนอไว้ในเบื้องต้น

(แนวคำตอบ: ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของนักเรียนแต่ละคนในการตอบ)

- เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ คือ การเสนอเหตุผลเพิ่มเติมจากข้อกล่าวอ้างเดิม การโต้แย้งมีไว้เพื่อลดความเชื่อถือของข้อโต้แย้งนั้นลง

(แนวคำตอบ: ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของนักเรียนแต่ละคนในการตอบ)

2. นักเรียนทำการบันทึกลงในใบบันทึกการโต้แย้ง

ขั้นที่ 6 การประเมินโดยเพื่อน

1. ครูรวบรวมแบบบันทึกการโต้แย้งแล้วแจกกลับให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

2. ครูแจกแบบประเมินรายงานผลการสำรวจให้กับนักเรียนเพื่อประเมินใบบันทึกการโต้แย้งของเพื่อน และตัดสินใจว่าบันทึกนั้นเป็นที่ยอมรับหรือต้องการแก้ไขตามแบบประเมินที่แนบมาหรือไม่โดยไม่มีการระบุผู้ตรวจ

3. นักเรียนรวบรวมแบบบันทึกการโต้แย้งพร้อมแบบประเมินใบบันทึกการโต้แย้งส่งคืนให้กับเจ้าของ

ขั้นที่ 7 การแก้ไขรายงาน

1. นักเรียนพิจารณาแบบบันทึกการโต้แย้งที่ได้รับการตรวจสอบแล้วแก้ไขหรือปรับปรุงตามคำแนะนำของเพื่อน

2. นักเรียนนำใบบันทึกการโต้แย้งส่งครูในคาบถัดไปและครูทำการประเมินผล

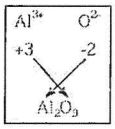
ขั้นที่ 8 การอภิปรายสะท้อนความคิด

สรุปและอภิปรายสรุปเรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะโดยใช้คำถาม

คำถาม: เมื่อเราทราบประจุของไอออนบวกและไอออนลบแล้วไอออนดังกล่าวรวมตัวกันได้เท่าใดจึงจะเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกที่เสถียร

(แนวคำตอบ: เราสามารถหาสูตรโมเลกุลที่เสถียรของสารประกอบไอออนิกทั้ง 4 ชนิดได้ โดยอาศัยหลักการของการสร้างพันธะไอออนิก ซึ่งเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุโลหะและอโลหะ ทำให้เกิดไอออนบวกและไอออนลบที่ดึงดูดกันด้วยแรงไฟฟ้าสถิตซึ่งเมื่อรวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับศูนย์)

ยกตัวตัวอย่างสารประกอบไอออนิกเพื่ออธิบายการเขียนและเรือกชื่อสารประกอบ เช่น Al_2O_3 จะสังเกตเห็นว่าสูตรได้จากการไขว้ตัวเลขประจุของ O มาเป็นเลขห้อยของ Al และตัวเลขประจุของ Al มาเป็นเลขห้อยของ O



การเรียกชื่อสารประกอบ ตัวที่เป็นไอออนบวกจะลงท้ายด้วยไอออนเลยส่วนไอออนลบจะเรียกชื่อธาตุโดยเปลี่ยนท้ายเป็น ไ-ด์ แล้วลงท้ายด้วยไอออน เช่น Al_2O_3

Al^{3+} เรียกว่า อลูมิเนียมไอออน

O^{2-} เรียกว่า ออกไซด์ไอออน

ชื่อสารประกอบได้จากการเรียกชื่อไอออนบวกตามด้วยชื่อไอออนลบ เช่น Al_2O_3 จะได้ชื่อว่าอะลูมิเนียมออกไซด์

ดังนั้นการเขียนสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกที่เป็นสูตรเอมพิริคัลจะต้องมีอัตราส่วนอย่างต่ำของไอออนที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์ โดยแสดงสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าและตามด้วยไอออนลบ ชื่อของสารประกอบไอออนิกจะเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบ ถ้าไอออนบวกเป็นโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าต้องระบุเลขออกซิเดชันด้วย

สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนสสวท. รายวิชาวิทยาศาสตร์ เพิ่มเติม (เคมี 1)
2. คู่มือครู เรียนสสวท. รายวิชาวิทยาศาสตร์ เพิ่มเติม (เคมี 1)
3. สื่อนำเสนอ เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก
4. ใบกิจกรรมที่ 13 เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก
5. แบบบันทึกการโต้แย้ง
6. ใบความรู้
7. สื่อจิ๊กซอว์และกระดานสำรวจ

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

รายการประเมิน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
พุทธิพิสัย การอธิบายวิธีการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	ตรวจจากใบกิจกรรมที่ 13 เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก	ใบกิจกรรมที่ 13 เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ทักษะพิสัย การระบุข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการโต้แย้งเกี่ยวกับการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 13 เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก - ตรวจแบบบันทึกการโต้แย้ง	- ใบกิจกรรมที่ 13 เรื่อง สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก - แบบบันทึกการโต้แย้ง	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 - ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับปานกลางขึ้นไป
คุณลักษณะ - ความใฝ่เรียนรู้ - ความละเอียดรอบคอบ/วิจารณญาณ	สังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดีขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางสาวพจนา โพธิ์นิล)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

...../...../.....

แบบบันทึกคะแนนรายบุคคล

เลขที่	การประเมิน			คะแนนรวม (10 คะแนน)	คะแนนเก็บ (2 คะแนน)
	ใบกิจกรรมที่ 13 (10 คะแนน)	แบบบันทึกการโต้แย้ง (ผ/มผ)	แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน (ผ/มผ.)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

ลงชื่อ

(นางสาวพจนา โพธิ์นิล)

ผู้ประเมิน

...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

ระดับชั้น.....ภาคเรียนที่.....ปีการศึกษา.....

เลขที่	การประเมิน		ผลการประเมิน
	ความใฝ่เรียนรู้	ความละเอียดรอบคอบ/วิจารณญาณ	(ผ/มผ.)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

ลงชื่อ

(นางสาวพจนา โพธิ์นิล)

ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	ดีมาก	ดี	ปรับปรุง	ไม่ผ่าน
ความใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้บ่อยครั้ง	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้บางครั้ง	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามแต่ไม่มีส่วนร่วม	ไม่ตั้งใจเรียนรวมถึงขาดความเอาใจใส่และความเพียรพยายามในการเรียนรู้
ความละเอียดรอบคอบ/วิจารณญาณ	มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่รอบคอบและละเอียด	มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่รอบคอบแต่ขาดความละเอียด	มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ค่อยรอบคอบและขาดความละเอียด	มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่รอบคอบและขาดความละเอียด

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดีขึ้นไป

แบบบันทึกความสามารถในการโต้แย้ง

ระดับชั้น.....**ภาคเรียนที่**.....**ปีการศึกษา**.....

เลขที่	การประเมิน					รวม	ระดับความสามารถในการโต้แย้ง
	ข้อกล่าวอ้าง	การใช้หลักฐาน	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป	การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

ลงชื่อ

(นางสาวพจนา โพธิ์นิล)

ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์ให้คะแนนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบการโต้แย้ง	เกณฑ์การให้คะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีข้อกล่าวอ้าง	ข้อกล่าวสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์และถูกต้อง
เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการให้เหตุผลหรือมีการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานแต่ไม่เพียงพอ	มีหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การใช้หลักฐาน	ไม่มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีแต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงกล่าวอ้างและหลักฐานมีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือตามหลักการทางวิทยาศาสตร์
การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	ไม่มีการโต้แย้ง	โต้แย้งกลับมีการให้คำอธิบายการโต้แย้งไม่เหมาะสม	โต้แย้งกลับได้อย่างเหมาะสม มีการให้คำอธิบายที่เหมาะสม
เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	ไม่ให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกลับ	มีการให้เหตุผลและหลักฐานแต่มีไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลโดยมีหลักฐานและการให้เหตุผลที่เพียงพอ

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

8-10 คะแนน คือ ระดับดีมาก

6-7 คะแนน คือ ระดับดี

4–5 คะแนน คือ ระดับปานกลาง

2-3 คะแนน คือ ระดับต่ำ

0-1 คะแนน คือ ระดับต่ำมาก

ใบกิจกรรมที่ 13
สูตรเคมีและชื่อสารประกอบไอออนิก

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....	
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....	

1. จุดประสงค์

1. อธิบายวิธีการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

2. ระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการโต้แย้งเกี่ยวกับการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

2. วัสดุอุปกรณ์

1. ใบกิจกรรมที่ 13 2. ปากกา 3. จิ๊กซอว์ 4. กระดานสำรวจ 5. ใบความรู้

3. วิธีการดำเนินกิจกรรม

1.นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความเหมาะสม

2. ศึกษาสถานการณ์จากใบกิจกรรมแล้วทำการสืบค้นหรือค้นคว้าหาข้อมูลลงในส่วนบันทึกผลการตรวจสอบ

3. ทำการแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่มเพื่อลงข้อสรุปข้อกล่าวอ้าง

4. สรุปข้อมูลที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มลงในส่วนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ซึ่งมี 3 องค์ประกอบได้แก่

- ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบ
- หลักฐาน (Evidence) คือ หลักฐานที่ได้จากการสืบค้น
- การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การให้เหตุผลในการตอบเพราะเหตุใดถึงตอบเช่นนั้น

5. นำเสนอหน้าชั้นเรียน

สถานการณ์

“นักเรียนได้รับแจ้งเหตุพบสารเคมีปริศนา 4 ชนิด แต่ละชนิดมีสูตรเคมีและชื่อที่ไม่ชัดเจนโดยมีข้อมูลที่ค้นพบดังนี้

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^{+}	O^{2-}
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^{-}
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^{-}
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^{+}	Cl^{-}

จากข้อมูลที่กำหนดมาให้นักเรียนจะทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและแต่ละโมเลกุลจะมีชื่อเรียกอย่างไร

สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

ทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและมีชื่อเรียกอย่างไร :

ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบนักเรียน :

เพราะเหตุใด :

บันทึกการโต้แย้ง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนเขียนสรุปข้อโต้แย้งของนักเรียนหลังจากมีการอภิปรายภายในชั้นเรียน

"นักเรียนได้รับแจ้งเหตุพบสารเคมีปริศนา 4 ชนิด แต่ละชนิดมีสูตรเคมีและชื่อที่ไม่ชัดเจนโดยมีข้อมูลที่ค้นพบดังนี้

สารประกอบไอออนิก	ไอออนบวก	ไอออนลบ
ลิเทียม (Li) กับออกซิเจน (O)	Li^+	O^{2-}
แบเรียม (Ba) กับไอโอดีน (I)	Ba^{2+}	I^-
แคลเซียม (Ca) กับคลอรีน (Cl)	Ca^{2+}	Cl^-
ลิเทียม (Li) กับคลอรีน (Cl)	Li^+	Cl^-

จากข้อมูลที่กำหนดมาให้นักเรียนจะทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและแต่ละโมเลกุลจะมีชื่อเรียกอย่างไร

1. นักเรียนทำอย่างไรเพื่อให้ได้สูตรโมเลกุลที่เสถียรและโมเลกุลมีชื่อเรียกอย่างไร เพราะเหตุใด (ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบนักเรียน (หลักฐาน)

.....

.....

.....

.....

.....

3. หากมีเพื่อนให้คำตอบตรงข้ามกับนักเรียนในข้อ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไรและจะโน้มน้าวเพื่อนอย่างไรให้เห็นตามนักเรียน (ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนโต้แย้งกลับ)

.....

.....

.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบประเมินบันทึกการโต้แย้งโดยเพื่อน

เกณฑ์	ดีมาก	ดี	พอใช้	ไม่ผ่าน
ข้อกล่าวอ้าง				
มีข้อสรุปที่ชัดเจนและตรงประเด็น				
อธิบายเหตุใดจึงให้คะแนน พอใช้หรือปรับปรุงลงในช่องด้านล่าง :				
เหตุผล				
ความมีเหตุผลและความน่าเชื่อถือ				
มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์				
อธิบายเหตุใดจึงให้คะแนน พอใช้หรือปรับปรุงลงในช่องด้านล่าง :				
ข้อมูลที่ใช้ในการสนับสนุน (หลักฐาน)				
มีหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพียงพอ				
หลักฐานมีความน่าเชื่อถือ/แหล่งที่มาน่าเชื่อถือ				
อธิบายเหตุใดจึงให้คะแนน พอใช้หรือปรับปรุงลงในช่องด้านล่าง :				
ข้อโต้แย้ง				
ผู้เขียนได้เขียนอธิบายการตอบอย่างชัดเจน				
ผู้เขียนได้ใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง				
คำอธิบายมีความสอดคล้องกับหลักฐานหรือไม่				
อธิบายเหตุใดจึงให้คะแนน พอใช้หรือปรับปรุงลงในช่องด้านล่าง :				
การเขียน				
ผู้เขียนแสดงความคิดของตนได้อย่างชัดเจน				
มีการเลือกใช้คำที่เขียนเหมาะสม มีการสะกดหรือเขียนถูกต้อง				
รายงานมีข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดครบถ้วนหรือไม่				
อธิบายเหตุใดจึงให้คะแนน พอใช้หรือไม่ผ่าน ลงในช่องด้านล่าง :				

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล



แบบวัดความสามารถการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)
2. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)
3. การใช้หลักฐาน (Evidence)
4. การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter Argument)
5. เหตุผลสนับสนับสนุนการโตแย้งกลับ (Supportive Argument)

2. แบบวัดนี้เป็นข้อสอบอัตนัยแบบเขียนตอบแต่ละสถานการณ์ มีคำถามย่อยสถานการณ์ละ 3 ข้อ คิดคะแนนสถานการณ์ละ 10 คะแนน

3. ก่อนทำแบบวัดให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

ป้าแดงกำลังต้มแกงด้วยหม้อใบใหม่ หลังจากทำอาหารเสร็จพบว่าก้นหม้อมีคราบไหม้ ป้าแดงต้องการทำความสะอาดคราบไหม้บนหม้อ ซึ่งในที่บ้านมีแต่เกลือและเบกกิ้งโซดา ไม่มีน้ำยาล้างจาน โดยสารทั้งสองมีคุณสมบัติดังนี้

สาร	คุณสมบัติ
เกลือ (NaCl)	มีสมบัติเป็นกลาง เป็นผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้ดี ดูดซับความชื้นหรือน้ำได้ดี แตกตัวเป็นไอออน Na^+ และ Cl^- ในน้ำ
เบกกิ้งโซดา ($NaHCO_3$)	ด่างอ่อน เป็นผงผลึกสีขาวเล็ก ละลายน้ำได้ ไม่มีกลิ่น เมื่อแตกตัวและทำปฏิกิริยาจะช่วยลดความเป็นกรด

และป้าแดงดูวิดีโอการทดสอบใช้สารกับหม้อที่มีคราบดำหนาแน่นโดยมีสูตรทั้งหมด 3 สูตรด้วยกัน

1. ผสมเกลือ 1 ช้อนโต๊ะ กับน้ำเปล่าพอข้น ทาบนหม้อที่มีคราบดำ ทิ้งไว้ 45 นาที จากนั้นใช้ฟองน้ำขัดเบาๆ

2. นำเบกกิ้งโซดา 2 ถ้วยตวง ผสมน้ำ 1/2 ถ้วยตวง ทาส่วนผสมลงบนคราบดำ ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นใช้ฟองน้ำขัดคราบออกเบาๆ

3. นำเบกกิ้งโซดา 1 ถ้วยตวง ผสมกับเกลือ 1/2 ถ้วยตวง ทำส่วนผสมลงบนคราบดำ ทิ้งไว้ประมาณ 40 นาที จากนั้นใช้ฟองน้ำขัดคราบออก

1. ป้าแดงควรจะเลือกใช้สูตรใดในการกำจัดคราบหม้อดำ เพราะเหตุใด (ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง) *4 คะแนน*

.....

.....

2. ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนให้ป้าแดงเลือกใช้สูตรนั้นในการกำจัดคราบไหม้บนหม้อ (หลักฐานสนับสนุน) *2 คะแนน*

.....

.....

3. หากมีเพื่อนตอบตรงข้ามกับนักเรียนในข้อ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไรและจะโน้มน้าวเพื่อนอย่างไรให้เพื่อนเห็นตามนักเรียน (การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ) *4 คะแนน*

.....

.....

.....

เด็กน้อยกับคราบน้ำมันบนเสื้อ

บ้านหลังเล็กๆ ในยามเย็น น้องมายด์กำลังเล่นกับสีน้ำมันอยู่ที่โต๊ะในสวน เธอเผลอทำสีน้ำมันหกใส่เสื้อยืดสีขาวของเธอ น้องมายด์มองดูคราบสีน้ำมันบนเสื้อด้วยความตกใจ เธอรู้ว่าแม่ของเธอจะดุเธอแน่ๆ

"แม่คะ หนูทำสีน้ำมันหกใส่เสื้อ" น้องมายด์พูดเสียงเบา แม่ของน้องมายด์เดินมาดูคราบสีน้ำมันบนเสื้อยืด

"โอ้โห มายด์ แม่บอกแล้วไงว่าอย่าเล่นสีน้ำมันคนเดียว" แม่พูดด้วยน้ำเสียงเข้มงวด

"หนูรู้ค่ะ หนูขอโทษค่ะ" น้องมายด์ก้มหน้า

"เอาเสื้อมาซิ แม่จะลองดูว่าซักออกไหม" แม่ของน้องมายด์พูด แม่ของน้องมายด์หยิบเสื้อยืดของน้องมายด์ไปที่อ่างล้างจาน เธอเปิดน้ำและลองถูคราบสีน้ำมันด้วยมือ แต่คราบสีน้ำมันยังคงติดอยู่บนเสื้อ

"ทำไมมันถึงซักไม่ออกคะแม่?" น้องมายด์ถาม

"เพราะว่าสีน้ำมันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว" แม่ของน้องมายด์อธิบาย "โมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ซึ่งโมเลกุลที่มีขั้วจะดึงดูดโมเลกุลที่มีขั้วอื่นๆ แต่ไม่ดึงดูดโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว"

"แล้วหนูจะทำยังไงคะ?" น้องมายด์ถาม

"แม่มีน้ำยาล้างจานสูตรพิเศษที่ใช้สำหรับขจัดคราบน้ำมัน" แม่ของน้องมายด์พูด "น้ำยาล้างจานมีสารเคมีที่เป็นโมเลกุลที่มีไม่มีขั้ว ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะดึงดูดโมเลกุลของสีน้ำมันและทำให้สีน้ำมันหลุดออกจากเสื้อ" แม่ของน้องมายด์หยิบน้ำยาล้างจานมาทาลงบนคราบสีน้ำมัน เธอถูคราบสีน้ำมันเบาๆ ด้วยฟองน้ำ คราบสีน้ำมันเริ่มจางลงและหลุดออกจากเสื้อ "เย้ๆ คราบสีน้ำมันหายแล้ว!" น้องมายด์ดีใจ

จากเหตุการณ์ดังกล่าวมายด์จึงเข้าใจว่าสารเคมีที่มีขั้วสามารถทำความสะอาดคราบเลอะทุกอย่างได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้และตอบคำถามต่อไปนี้

1. สารที่มีขั้วสามารถทำความสะอาดคราบเลอะทุกอย่างได้นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะอะไร (ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง) *4 คะแนน*

.....

.....

2. ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียนในข้อที่ 1 (หลักฐานสนับสนุน) *2 คะแนน*

.....

.....

3. หากมีเพื่อนตอบตรงข้ามกับนักเรียนในข้อ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไรและจะโน้มน้าวเพื่อนอย่างไรให้เพื่อนเห็นตามนักเรียน (การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ) *4 คะแนน*

.....

.....

นุ่นเป็นนักศึกษาปี 1 ที่ย้ายเข้าหอมาใหม่ และต้องการทำอาหารเย็นเองเพื่อความประหยัด จึงกำลังมองหาซื้อหม้อหรือกระทะใหม่ และกำลังตัดสินใจระหว่างหม้อหรือกระทะที่ทำจากอะลูมิเนียมกับหม้อหรือกระทะที่ทำจากเหล็ก โดยได้มีการพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุทั้งสองประเภท เพื่อตัดสินใจว่าวัสดุใดเหมาะกับความต้องการ ซึ่งอะลูมิเนียมจะนำความร้อนได้ดี มีการนำความร้อนสูง ทำให้สามารถกระจายความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการปรุงอาหารที่ต้องการให้ความร้อนทั่วถึง เช่น การผัด การทอด และการต้ม นอกจากนี้ยังมีน้ำหนัก ทำให้สะดวกในการยกและเคลื่อนย้าย ส่วนหม้อหรือกระทะที่ทำจากเหล็ก จะกักเก็บความร้อนได้ดี ทำให้อาหารสุกได้ทั่วถึงและคงความร้อนไว้ได้นาน เหมาะสำหรับการย่าง การอบ และการตุ๋น แข็งแรงทนทาน เหล็กมีความแข็งแรงทนทานกว่าอะลูมิเนียม ทำให้สามารถใช้ได้นานกว่า และปลอดภัยต่อสุขภาพเนื่องจากเหล็กไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารทำให้อาหารไม่ปนเปื้อนสารโลหะ

1. นุ่นควรจะเลือกใช้กระทะที่ผลิตจากวัสดุอะไร เพราะเหตุใด (ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง) *4 คะแนน*

.....

.....

2. ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนให้นุ่นเลือกใช้วัสดุนั้น (หลักฐานสนับสนุน) *2 คะแนน*

.....

.....

3. หากมีเพื่อนตอบตรงข้ามกับนักเรียนในข้อ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไรและจะโน้มน้าวเพื่อนอย่างไรให้เพื่อนเห็นตามนักเรียน (การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ) *4 คะแนน*

.....

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่..... **หน่วยการเรียนรู้ที่** 3 พันธะเคมี

เรื่อง..... **เวลาเรียน** 2 ชั่วโมง

วันที่สังเกต วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

<u>คำชี้แจง :</u> แบบสังเกตนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำกิจกรรมการโต้แย้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1. ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนนำมาใช้ในการโต้แย้ง

.....

.....

.....

2. หลักฐานประกอบเหตุผลที่นักเรียนนำมาใช้ขณะโต้แย้ง

.....

.....

.....

3. เหตุผลสนับสนุนข้ออ้างของนักเรียนที่นำมาโต้แย้ง

.....

.....

.....

4. ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปที่นักเรียนใช้ในการโต้แย้งกลับ

.....

.....

.....

5. การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ

.....

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ

ตารางที่ ง.1 ผลการประเมินความเหมาะสมแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12-22 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. จุดประสงค์การเรียนรู้											
1.1 เป็นไปตามผลการเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2. สาระสำคัญ											
2.1 กระชับ	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2.3 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
3. สาระการเรียนรู้											
3.1 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4. เนื้อหา											
4.1 เนื้อหาและภาษามีความถูกต้อง	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
4.2 เนื้อหามีความน่าเชื่อถือ	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5. กิจกรรมการเรียนรู้											
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	4.67	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	4.67	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.4 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.7 ส่งเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการพูดและเขียน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.8 พัฒนาการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้											
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
6.2 สื่อมีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	4.33	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
6.3 สื่อประสมเร้าความสนใจต่อผู้เรียน	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
7. การวัดและประเมินผล											
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
7.3 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.88	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*)	0.29	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
แปลความหมาย	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด

จากตาราง ง.1 ผลการประเมินความเหมาะสมแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เรื่อง พันธะเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ทั้งหมด 11 แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.88 - 4.91 (*S.D.* =0.27–0.29) ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ง.2 ผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	องค์ประกอบการโต้แย้ง	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผลการประเมิน
		1	2	3			
สถานการณ์ที่ 1							
1	ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	การใช้หลักฐาน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
รวมเฉลี่ย						1.00	
สถานการณ์ที่ 2							
1	ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	การใช้หลักฐาน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและ เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
รวมเฉลี่ย						1.00	
สถานการณ์ที่ 3							
1	ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
2	การใช้หลักฐาน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและ เหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
รวมเฉลี่ย						0.89	

(ต่อ)

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	องค์ประกอบการโต้แย้ง	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผลการประเมิน
		1	2	3			
สถานการณ์ที่ 4							
1	ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	การใช้หลักฐาน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
รวมเฉลี่ย						1.00	
สถานการณ์ที่ 5							
1	ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	การใช้หลักฐาน	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
รวมเฉลี่ย						1.00	

จากตาราง ง.2 ผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.89-1.00 ซึ่งอยู่ช่วงที่มีความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด

ตารางที่ ง.3 ค่าความยาก (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ (ข้อ)	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.47	0.93
2	0.36	0.61
3	0.43	0.73
4	0.50	0.83
5	0.47	0.67

จากตารางที่ ง.3 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ โดยพิจารณาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) พบว่าแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 สถานการณ์ โดยมีค่า P อยู่ระหว่าง 0.36-0.50 และค่า D อยู่ระหว่าง 0.61-0.93 แสดงถึงความสามารถในการจำแนกผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจึงถือว่ามีคุณภาพเพียงพอสำหรับการนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยทำการคัดเลือกไว้ใช้จำนวน 3 ข้อ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach

สูตร

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

$$\alpha = \left[\frac{3}{3-1}\right]\left[1 - \frac{5.80^2}{8.91^2}\right]$$

$$\alpha = 0.86$$

สรุปว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.86

ตารางที่ ง.4 ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater Reliability) จากดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) ของเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คนที่	คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ 1 (R_{1nk})					คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ (R_{2nk})				
	ข้อกล่าวอ้าง	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	การใช้หลักฐาน	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	ข้อกล่าวอ้าง	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	การใช้หลักฐาน	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ
1	2	1	0	0	0	2	1	1	1	0
2	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0
3	2	1	0	0	0	2	1	1	0	0
4	2	1	1	1	0	2	1	1	1	0
5	2	2	1	1	0	2	1	1	1	0
6	2	2	1	0	0	2	2	2	1	0
7	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
8	2	0	1	0	0	2	1	2	1	1
9	2	1	1	0	0	2	1	1	0	1
10	2	1	0	0	0	2	0	0	1	0
11	2	1	1	2	1	2	1	1	2	0
12	2	1	1	1	0	2	1	1	1	0

จากคะแนนที่ปรากฏ สามารถคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน ได้ดังนี้

k / n	R_{1nk}					R_{2nk}					$\lvert R_{1nk} - R_{2nk} \rvert$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	1	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0
2	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0
3	2	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0
4	2	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
5	2	2	1	1	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0
6	2	2	1	0	0	2	2	2	1	0	0	0	1	1	0
7	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
8	2	0	1	0	0	2	1	2	1	1	0	1	1	1	1
9	2	1	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1
10	2	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	1	0
11	2	1	1	2	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	1
12	2	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
											$\sum_{k=1}^{K}\sum_{n=1}^{N}\lvert R_{1nk} - R_{2nk} \rvert = 16$				

ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Reliability) จากดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) โดยใช้สูตรดังนี้

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{n=1}^{N}\lvert R_{1nk} - R_{2nk} \rvert}{KN(I-1)}$$

$$RAI = 1 - \frac{16}{(5)(12)(5-1)}$$

$$RAI = 0.93$$

จากการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater Reliability) จากดัชนีความเห็นพ้องกันของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

Ponil, P. and Dokmai, P. (2025). Enhancing Scientific Argumentation Skills in Chemistry on the Topic of Chemical Bonding through Argument-Driven Inquiry of Grade 10 Students. *International Journal of Science Education and Teaching, 4*(2), 77-92.