การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู วิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

สิรภพ เทพพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

DEVELOPMENT OF INTEGRATED NATURE OF SCIENCE INSTRUCTIONAL MODELS TO ENHANCE SCIENTIFIC LITERACY OF GENERAL SCIENCE STUDENT TEACHERS OF RAJABHAT UNIVERSITY

SIRAPOB THEPPHITAK

A thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Philosophy of Doctor in Curriculum and Instruction
Academic Year 2025
Copyright of Bansomdejchaopraya Rajabhat University

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ชื่อนักศึกษา นายสิรภพ เทพพิทักษ์

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร อินทรสมพันธ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตตวิสุทธิ์ วิมุตติปัญญา)

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาอนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล สาระวงศ์)

..... อธิการบดี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒผล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัคพงศ์ สุขมาตย์)

ชื่อเรื่อง **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ**
ชื่อผู้วิจัย **สิรภพ เทพพิทักษ์**
สาขาวิชา **หลักสูตรและการสอน**
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก **รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร อินทรสมพันธ์**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **รองศาสตราจารย์ ดร.จิตตวิสุทธิ์ วิมุตติปัญญา**
ปีการศึกษา **2568**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิด ADDIE Model แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 2 จำนวน 410 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบชั้นภูมิจากประชากรนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 19 แห่ง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอน จำนวน 8 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ จำนวน 5 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูล แบบสัมภาษณ์ และแบบประเมินคุณภาพของรูปแบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหาและสถิติเชิงพรรณา ระยะที่ 3 ศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนทำการทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยราชบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 21 คน ซึ่งเลือกมาจากการสุ่มแบบเจาะจง ทดลองใช้รูปแบบโดยใช้แผนการวิจัยก่อนการทดลอง (Pre-experimental research) แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คู่มือการใช้รูปแบบ แผนการเรียนการสอน แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยพบว่า

1) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ 12 ตัวบ่งชี้ โดยมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2=55.05, p= 0.10, df=43, χ^2/df=1.28, GFI=0.979, AGFI=0.961, RMR=0.005 และ RMSEA=0.026) ซึ่งยืนยันว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วย เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท

2) รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1. ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน 2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน 3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และ 4. การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท และขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.69, S.D.= 0.50 ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน พบว่า ภาพรวมมีประสิทธิภาพ 77.20/75.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

3. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน พบว่าหลังเรียนนักศึกษามีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนในระดับระดับมาก ซึ่งบ่งชี้ว่ารูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิผลดีและสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการ, ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์, ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์, นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

Title	**Development of Integrated Nature of Science Instructional Model to Enhance Scientific Literacy of General Science Student Teachers of Rajabhat University**
Author	**Sirapob Thepphitak**
Program	**Curriculum and Instruction**
Major Advisor	**Associate Professor Dr. Areewan Iamsa-ard**
Co-advisor	**Associate Professor Dr. Wichian Intarasompun**
Co-advisor	**Associate Professor Dr. Jittawisut Wimuttipanya**
Academic Year	**2025**

ABSTRACT

This research aimed to examine and analyze confirmatory factors of scientific literacy among general science teacher education students at Rajabhat Universities, develop an integrated Nature of Science (NOS) instructional model to enhance their scientific literacy, and investigate the model's effectiveness. The study employed the ADDIE Model framework across three systematic phases. Phase 1 examined confirmatory factors of scientific literacy using 410 second-year general science teacher education students selected through stratified random sampling from 19 Rajabhat Universities. The research instrument was a questionnaire assessing scientific literacy components, with data analyzed using confirmatory factor analysis to validate theoretical constructs. Phase 2 developed the integrated NOS instructional model through collaboration with 8 instructional design experts and 5 model validation specialists. Research instruments included data recording forms, interview protocols, and model quality assessment forms. Data analysis utilized content analysis techniques and descriptive statistics to synthesize expert feedback. Phase 3 investigated model effectiveness using 21 third-year general science teacher education students from Bansomdejchaopraya Rajabhat University, selected through purposive sampling. The study employed a pre-experimental one-group pretest-posttest design with instruments including the instructional model, manual, lesson plans, scientific literacy assessment, scientific attitude scale, and opinion questionnaire. Statistical analyses included means, standard deviations, and dependent t-tests.

Research findings revealed significant results. Scientific literacy comprised four components with 12 indicators, demonstrating excellent model fit with empirical data (χ^2=55.05, p=0.10, df=43, χ^2/df=1.28, GFI=0.979, AGFI=0.961, RMR=0.005, RMSEA=0.026).

This confirmatory analysis validated that scientific literacy encompasses scientific attitudes, understanding of nature of science, scientific inquiry capabilities, and science application in context.

The developed integrated NOS instructional model consisted of four parts: model origins, theoretical foundations, model components including principles, objectives, content, six-step teaching procedures, learning media and support materials, assessment strategies, and implementation guidelines. The six teaching steps included goal setting and questioning, reviewing prior knowledge and experience, scientific inquiry, developing scientific explanations, contextual application, and reflection and evaluation. Model appropriateness evaluation achieved the highest level (M=4.69, S.D.=0.50), with all items exceeding 3.50 and standard deviations below 1.0, indicating strong expert consensus. Model efficiency testing showed 77.20/75.12 efficiency, meeting the established 75/75 criterion.

Effectiveness results indicated students achieved statistically significant improvements in post-instruction scientific literacy scores ($p<.05$), meeting the 75% success criterion. Students expressed highly positive opinions toward the instructional approach, confirming the model's effectiveness for enhancing scientific literacy among general science teacher education students at Rajabhat Universities. The findings provide evidence that the integrated NOS instructional model successfully promotes scientific literacy development and can be effectively implemented in teacher education programs. This research contributes valuable insights into scientific literacy components and offers a practical instructional framework for improving science teacher preparation, with implications for curriculum development and instructional design in higher education.

Keywords: Integrated instructional model, nature of science, scientific literacy, General science teacher students

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความเมตตากรุณาอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร อินทรสมพันธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. จิตตวิสุทธิ์ วิมุติปัญญา อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ แนะนำ และตรวจสอบแก้ไข พร้อมให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความเมตตากรุณาไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒผล รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย และรองศาสตราจารย์ ดร.อัคพงศ์ สุขมาตย์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้วิจัยได้ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและสำเร็จการศึกษาอย่างสมบูรณ์ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรศักดิ์ อุปไมยอธิชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทนัช วัฒนสุภิญโญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริกร โตสติ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐมน พันธุ์ชาตรี ที่กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบคุณภาพและให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญจากหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปและนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอธิการบดี คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย คณบดีคณะครุศาสตร์ และคณะผู้บริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่กรุณาให้อนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัยและสนับสนุนในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณคณาจารย์ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการวิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณครอบครัวและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ทำให้การทำงานทุกส่วนเกิดความสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับจากดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้เกิดสติปัญญาจนเกิดผลสำเร็จได้ด้วยดี

สิรภพ เทพพิทักษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
กิตติกรรมประกาศ	**จ**
สารบัญ	**ฉ**
สารบัญตาราง	**ฏ**
สารบัญภาพ	**ฒ**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
สมมติฐานการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	10
นิยามศัพท์เฉพาะ	11
กรอบแนวคิดในการวิจัย	16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**22**
หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (ปรับปรุง พ.ศ.2562)	22
ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)	30
แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)	71
ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory)	93
การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (Integrated Learning Management)	105
การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Instructional Model Development)	125
แนวคิดเกี่ยวความคิดเห็น (Opinion)	135
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	142
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	147

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 166

3.1 ระยะที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ **168**

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 168

1. วัตถุประสงค์ 168
2. แหล่งข้อมูล 168
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 168
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 168
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 169

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 169

1. วัตถุประสงค์ 169
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 170
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 172
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 174
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 174

3.2 ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ **177**

ขั้นตอนที่ 1 การยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 177

1. วัตถุประสงค์ 177
2. กลุ่มเป้าหมาย 178
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 178
   - 3.1 แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 178
   - 3.2 แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 180

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย (ต่อ)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 181
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 198

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 199

1. วัตถุประสงค์ 199
2. กลุ่มเป้าหมาย 199
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 199
   3.1 คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 199
   3.2 แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 201
   3.3 แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป 203
   3.4 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 205
   3.5 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 207

ขั้นตอน 3 การศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 209

1. วัตถุประสงค์ 209
2. กลุ่มเป้าหมาย 209
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 209
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 209
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 210

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย (ต่อ)

3.3 ระยะที่ 3 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 211

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 211

1. วัตถุประสงค์ 211
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 211
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 212
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 212
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 214

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 215

1. วัตถุประสงค์ 215
2. แหล่งข้อมูล 216
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 216
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 216
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 216

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 218

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย 218

ตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 220

ผลการศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 220

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 222

ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 224

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)

ตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ **234**

ร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 234

ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 237

ผลการประเมินคุณภาพของเอกสารคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 244

ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 252

ตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ **254**

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 254

ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 255

สรุปประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 263

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ **265**

สรุปผลการวิจัย 265

อภิปรายผล 266

ข้อเสนอแนะ 275

บรรณานุกรม **278**

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก **295**

ภาคผนวก ก เอกสารขอความอนุเคราะห์และรายนามผู้เชี่ยวชาญ 296

ภาคผนวก ข เครื่องมือวิจัย 308

ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 351

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย 379

ภาคผนวก จ ผลสอบ CEFR 403

ภาคผนวก ฉ บทความวิจัยและหนังสือตอบรับการตีพิมพ์ผลงานวิจัย 405

ภาคผนวก ช เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ 423

ประวัติผู้วิจัย **425**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	โครงสร้างรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	28
2.2	การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย	43
2.3	การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย	46
2.4	การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย	49
2.5	การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบทที่ที่ใช้ในการวิจัย	51
2.6	การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย	54
2.7	การสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิจัย	84
2.8	การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	103
2.9	ผลการการสังเคราะห์ขั้นตอนการวางแผนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	114
2.10	การสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อนำไปใช้ผสานเป็นรูปแบบการจัดเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	121
2.11	การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	159
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและผลลัพธ์ที่ได้	167
3.2	จำนวนตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่สุ่มได้จากมหาวิทยาลัยราชภัฏ 19 แห่ง	171
3.3	เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์	176
3.4	กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	192
3.5	แบบแผนการวิจัย	213
4.1	ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	222

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.2	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	228
4.3	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	231
4.4	ผลประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ สรุปแยกตามส่วนประกอบ	237
4.5	ผลประเมินความเหมาะสมของที่มาของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	238
4.6	ผลประเมินความเหมาะสมของของแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	239
4.7	ผลประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	240
4.8	ผลประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	243
4.9	ผลประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	246
4.10	ผลการประเมินความเหมาะสมด้านการกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	248
4.11	ผลการประเมินความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	249
4.12	ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	253
4.13	ผลสรุปการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนเฉลี่ยตามองค์ประกอบ	255
4.14	ผลการเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ (n=21)	255

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ กับเกณฑ์ร้อยละ 75 (คะแนนเต็ม 100 คะแนน) 257

4.16 ระดับความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 258

4.17 ระดับความคิดเห็นด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 259

4.18 ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 260

4.19 ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 261

4.20 ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านการวัดและประเมินผลของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 262

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป	17
1.2	กรอบแนวคิดในการพัฒนาร่างรูปแบบวิจัยการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ	19
1.3	กรอบแนวคิดในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	21
2.1	รูปแบบการบูรณาการ ตามแนวคิดของ Fogarty	109
2.2	องค์ประกอบของระบบที่สมบูรณ์	128
2.3	โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	144
3.1	การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	186
3.2	ความเชื่อมโยงของหลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	187
3.3	การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	189
4.1	โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	221
4.2	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ	232

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมโลกดำเนินอยู่ในช่วงศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วและเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวิถีชีวิตของมนุษย์ในเกือบทุกด้าน จนกลายเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมในโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560, น. 30) ความก้าวหน้านี้ทำให้วิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและรุนแรง เกิดความผันผวนของสภาพแวดล้อมทางการเมือง เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และกฎหมายอย่างกว้างขวางทั่วโลก (นวพร ชลารักษ์, 2558, น. 65; สุรพงษ์ มาลี, 2562, น. 8-9) หลายประเทศได้พยายามปฏิรูปการศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้และความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของพลเมือง เพื่อให้ประเทศมีความสามารถในการแข่งขันและปรับตัวให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของโลก (Hermita et al., 2020, p. 61) หลายประเทศจึงมุ่งเน้นพัฒนาพลเมืองให้เป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science literate person) ที่สามารถเรียนรู้และปรับตัวให้ทันกับสถานการณ์รอบตัว สามารถรับรู้และตัดสินใจประเด็นปัญหาในบริบทสังคมที่ได้รับผลกระทบจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงประยุกต์ความรู้ไปสู่การแก้ไขปัญหาในบริบทรอบตัวได้อย่างเหมาะสม (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556, น. 137) ประเทศไทยเริ่มนำแนวคิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาใช้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545, น. 1; ภาริณี สุวรรณศรี และประสาท เนืองเฉลิม, 2562, น. 21) มหาวิทยาลัยราชภัฏได้พัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) พ.ศ. 2562 เพื่อผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ทันสมัยและสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน (คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 2562, น. 5) โดยมุ่งส่งเสริมพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปให้มีคุณภาพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานศึกษาสอดคล้องกับบริบทท้องถิ่น (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2563, น.2)

การส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้วิทยาศาสตร์ (DeBoer, 2000, p. 584-594) โดยความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) เป็นองค์ประกอบสำคัญของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้เรียน

เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้มาใช้ตัดสินใจในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม (McComas et al., 2002, p. 3-5) กระบวนการเรียนรู้ที่ส่งผลให้เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist theory of learning) ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานประสบการณ์เดิม (Yager, 1991, p. 53) โดยกระบวนการเรียนตามแนวคิดนี้ช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ (Allen, 2014, p. 3) ดังนั้น การส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องบูรณาการองค์ประกอบเหล่านี้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองตามบริบทที่เกี่ยวข้องได้ โดยเน้นการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะชัดแจ้ง (Explicit) (อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ และคณะ, 2558, น. 320) ให้ผู้เรียนปรับใช้ให้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบท

จากการสอบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในโครงการ PISA พบว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมานักเรียนไทยมีผลคะแนนด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนทั่วโลก (OECD, 2019, p. 11-12; วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2563, น.13) ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2563, น.13) จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ครูวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาบางส่วนยังมีข้อจำกัดด้านการสอนวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (สุรยศ ทรัพย์ประกอบ และคณะ, 2560, น. 714; มาลินี คำศรีแก้ว และคณะ, 2561, น. 86) ซึ่งส่งผลให้การพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศมีข้อจำกัด นักการศึกษาหลายท่านให้ความเห็นว่า ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของครูเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนในสถานศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนการสอนในระดับท้องถิ่น (Barber & Mourshed, 2007, p. 16; Özdem et al., 2010, p.15; Hanushek et al., 2014, p. 872-889; Al Sultan et al., 2018) ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาและผลิตครูวิทยาศาสตร์ให้มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานในสถานศึกษา ปัจจุบันมีรายงานว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ซึ่งอยู่ในกระบวนการผลิตครูวิทยาศาสตร์ยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (สุภัทร สายรัตนอินทร์, 2558, น. 305; อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ และคณะ, 2558, น. 309; นัทธพงศ์ ส่งอำไพ และคณะ, 2560, น. 41; บรรณรักษ์ คุ้มรักษา และปริศนา รักบำรุง, 2563, น. 48; Agustiani et al., 2020, p. 309) และยังมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องพัฒนา (วีระพันธ์ เจริญลิขิตกวิน และนิพัทธา ชัยกิจ, 2563, น. 164; El Islami & Nuangchalerm, 2020, p. 266) นอกจากนี้ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานศึกษาก็ยังพบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (โรซวรรณา เซพโฆลาม และขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์, 2564, น. 276) การขาดทักษะในการบูรณาการและออกแบบการเรียนรู้ (สำราญ กำจัดภัย, 2562, น. 152) การขาดการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ชัดแจ้ง (อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ และคณะ, 2558, น. 309) ปัญหาเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนในอนาคต ด้วยเหตุนี้หลักสูตรผลิตครูจึงควรเร่งพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Özdem et al., 2010, p.15; มาลินี คำศรีแก้ว และคณะ, 2561, น. 86)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏได้ร่วมกันพัฒนาปรับปรุงหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยเน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นสมรรถนะ แต่ในทางปฏิบัตินั้นพบว่าการเรียนการสอนในหลักสูตรอุดมศึกษาในปัจจุบันยังมีอุปสรรคหลายประการที่เป็นข้อจำกัดต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เช่น ปัญหาด้านเนื้อหาทฤษฎีในรายวิชาต่าง ๆ ซึ่งมีมากและขาดการบูรณาการกับบริบท ขาดการเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม รายวิชาที่เปิดสอนแยกโดยสาขาวิชาที่รับผิดชอบและเปิดสอนในช่วงเวลาที่ต่างกัน ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนมีข้อจำกัดในการบูรณาการระหว่างรายวิชา รวมถึงผู้สอนส่วนหนึ่งยังขาดการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นในการเรียนรู้และฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (ทรงนคร การนา และสุราษฎร์ พรมจันทร์, 2558, น. 283; ณพัฐอร บัวฉุน และคณะ, 2559, น. 97; Shaaban et al., 2019, p. 56-57)

การศึกษาของ Yager (1991, p. 53) และ Allen (2014, p. 3) ชี้ให้เห็นว่า กระบวนการเรียนรู้ที่ส่งผลให้เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานประสบการณ์เดิม และช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ และการศึกษาของ Abd-El-Khalick & Lederman (2000, p. 665-701) และ Lederman et al. (2019, p. 486-515) เสนอว่า การบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit) เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยของ Fogarty (2009, p. 1-10) แสดงให้เห็นว่า การเรียนการสอนแบบบูรณาการเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและสามารถเชื่อมโยงความรู้ในบริบทที่หลากหลาย โดยมุ่งเน้นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหา ทักษะ แนวคิดต่าง ๆ และมุมมองจากหลายสาขาวิชาหรือหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและสามารถเชื่อมโยงความรู้ในบริบทที่หลากหลาย และส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมายและนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ ดังนั้นการนำแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนการสอนตาม

แนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองในลักษณะที่ชัดแต้งจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาแก้ปัญหาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งเป็นความจำเป็นเร่งด่วนของมหาวิทยาลัยราชภัฏในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ เพื่อซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพของครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปให้สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงปรับปรุงระบบการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคมในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

จากที่มาและความสำคัญดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ นำองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยืนยันแล้วมาบูรณาการร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองและแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกำหนดการบูรณาการแบบภายในรายวิชาและบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง จากนั้นผู้วิจัยจะนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนไปทดลองใช้และศึกษาประสิทธิผลในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งอยู่ในโครงสร้างหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป และมีคำอธิบายรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากกระบวนการของภูมิปัญญาท้องถิ่น และนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน รวมทั้งปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสม คาดว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่ได้จะสามารถนำไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนส่งเสริมสมรรถนะของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปให้สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพและบริบทการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาต่อไป

คำถามการวิจัย

1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีองค์ประกอบเป็นอย่างไร

2. รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีลักษณะเป็นอย่างไร

3. รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีประสิทธิผลเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

3. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

สมมติฐานการวิจัย

1. โมเดลองค์ประกอบของความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านรูปแบบการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านรูปแบบการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and development) โดยมีขอบเขตในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การวิจัยในระยะที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร นำข้อมูลมาสังเคราะห์เป็นโมเดลความสัมพันธ์แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อกำหนดเป็นองค์ประกอบและตัวบ่งชี้สำหรับนำไปใช้บูรณการและสร้างแบบวัด มีขอบเขตดังนี้

1.1 ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1 ประกอบด้วย

1) ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1 ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 38 แห่ง จำนวน 1,689 คน (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม, 2565)

2) กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1 ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*power (Faul et al., 2007, p. 175-191) โดยกำหนดพารามิเตอร์จากโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทั้งหมด 12 พารามิเตอร์ ค่า Effect Size เท่ากับ 0.3 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 และค่าอำนาจทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.80 ค่าองศาอิสระของตัวแบบ (df) เท่ากับ 78 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมควรมีจำนวน 405 ตัวอย่าง จากนั้นสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน โดยแยกสุ่มเลือกตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยแบ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏออกเป็น 7 พื้นที่ตามบริบท และเลือกตัวแทนมหาวิทยาลัยราชภัฏให้กระจายครอบคลุมในแต่ละภูมิภาค ได้แก่

1) ภาคเหนือ 2 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 3 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 5 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

4) ภาคกลาง 4 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม และมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

5) ภาคตะวันออก 1 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6) ภาคตะวันตก 2 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

7) ภาคใต้ 2 แห่ง คือ มหาวิทยาราชภัฏภูเก็ต และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

โดยสุ่มเลือกตัวอย่างจากนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ซึ่งเป็นนักศึกษาผ่านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเริ่มนำความรู้พื้นฐานมาบูรณาการต่อยอดในรายวิชาเอก ได้ตัวอย่างจำนวน 410 ตัวอย่าง ซึ่งครอบคลุมจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ และสอดคล้องกับเกณฑ์กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำของ Hair et al. (2014, p. 100) ซึ่งได้แนะนำว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันควรมีตัวอย่างขั้นต่ำอย่างน้อย 400 ตัวอย่าง

1.2 ขอบเขตตัวแปร

การศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งกำหนดองค์ประกอบเป็นตัวแปรแฝง จำนวน 4 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้ 12 ตัวแปร ดังนี้

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความเข้าใจในโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (2) ความเข้าใจในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (3) ความเข้าใจในกิจการทางวิทยาศาสตร์

3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท (3) การเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

2. ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การวิจัยระยะที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

2.1 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่

1) ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้สอนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 8 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ คือ (1) สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต หรือมีตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ (2) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน หรือการสอนวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา (3) มีหรือเคยมีประสบการณ์สอนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ไม่น้อยกว่า 3 ปี

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน จำนวน 5 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ คือ (1) สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต หรือมีตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ (2) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน หรือการสอนวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา (3) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 10 ปีขึ้นไป

3) กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยแบ่งกลุ่มนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปตามการกระจายเป็นเส้นโค้งปกติของผลการเรียน ออกเป็นกลุ่มเก่ง (เกรดเฉลี่ยสูงกว่า 3.6) กลุ่มกลาง (เกรดเฉลี่ย 3.3-3.6) และกลุ่มอ่อน (เกรดเฉลี่ยต่ำกว่า 3.2) กลุ่มละ 3 คน เพื่อใช้ทดสอบรูปแบบการเรียนการสอน และศึกษาประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ทดลอง

2.2 ขอบเขตตัวแปร

ศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ และเอกสารคู่มือการใช้

2.3 ขอบเขตเนื้อหา

1) ยกร่างรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำแนวคิดจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ และความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาสังเคราะห์และยกร่างรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้

2) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้สมบูรณ์ตามเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3) พัฒนาเอกสารคู่มือการใช้รูปแบบ ประกอบด้วย ได้แก่ คำแนะนำการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน บทบาทของผู้สอน บทบาทผู้เรียน กำหนดการจัดการเรียนการสอน ระยะเวลาในการใช้รูปแบบ สื่อการสอน การวัดและประเมินผล เครื่องมือที่ใช้การวัดและประเมินผล

3. ระยะที่ 3 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การวิจัยระยะที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการนำรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างแล้ววัดผลนำไปเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน ร่วมกับผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนของเชี่ยวชาญ และความความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการเรียนการสอน ในการดำเนินการมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากรและตัวอย่าง

1) ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 3 ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 38 แห่ง จำนวน 1,689 คน (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565)

2) กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 3 ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ การกำหนดขนาดตัวอย่างพิจารณาจากลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันของกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะเชิงคุณภาพของการทดลองที่ต้องการปฏิสัมพันธ์และการสังเกตอย่างใกล้ชิด และบริบทและทรัพยากรที่มีสนับสนุน และเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วม ได้แก่: (1) เป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (2) ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น (3) สมัครใจเข้าร่วมโครงการและเข้าร่วมกิจกรรมเกินร้อยละ 80 และ (4) พร้อมเข้ารับการประเมินก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งมีจำนวน 21 คน ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของมหาวิทยาลัยราชภัฏได้

3.2 ขอบเขตตัวแปร

การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน เพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2) ตัวแปรตาม ได้แก่

(1) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

(2) ความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

3.3 ขอบเขตเนื้อหา

การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยนำรูปแบบไปใช้จัดทำแผนจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นในบริบทเนื้อหา ได้แก่ 1)การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น 2) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น และ 3) การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ประโยชน์ต่อนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

รูปแบบการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปเกิดการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ให้มีความครบถ้วนทั้งในด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท รวมถึงการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ และเสริมสร้างความมั่นใจในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอนาคต

2. ประโยชน์ต่อสถาบันผลิตครูและนักวิชาการทางการศึกษา

1) มหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ สามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนไปประยุกต์ใช้ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป เพื่อยกระดับคุณภาพบัณฑิตได้

2) อาจารย์ประจำหลักสูตร ได้รับแนวทางและเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

3) นักวิชาการทางการศึกษา ได้รูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือวิจัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว สำหรับใช้การวิจัยต่อยอดได้

4) หน่วยงานพัฒนาหลักสูตร ได้แนวคิดในการออกแบบหลักสูตรที่บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพครู

3. ประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ

การพัฒนาพลเมืองที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถตัดสินใจและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันด้วยหลักวิทยาศาสตร์ สนับสนุนการพัฒนาประเทศสู่เศรษฐกิจฐานความรู้ และเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในเวทีโลกได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีคำศัพท์ที่มีความหมายเฉพาะในการนำไปกำหนดเครื่องมือวิจัย ดังนี้

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป หมายถึง การวิเคราะห์หาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างโมเดลการวัดขึ้นจากการศึกษาเชิงทฤษฎีแล้วนำมาสังเคราะห์ และสร้างเป็นโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบ ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย องค์ประกอบหลักของความฉลาดรู้ (ตัวแปรแฝง) จำนวน 4 ตัวแปร และองค์ประกอบย่อยซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ (ตัวแปรสังเกตได้) จำนวน 12 ตัวแปร ดังนี้

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท และ (3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

จากนั้นนำโมเดลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้เทคนิควิธีการทางสถิติขั้นสูง โดยโปรแกรมลิสเรลในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Maximum Likelihood Estimation และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้จากการสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 2 ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 19 แห่ง ที่เรียนผ่านรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ จำนวน 410 คน พิจารณาผลการทดสอบนัยยะสำคัญของค่าพารามิเตอร์ และการทดสอบสมมติฐานว่า โมเดลสอดคล้องกลมกลืน (Fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบที่สำคัญที่นิยมใช้ เช่น ค่า Chi-Square, Goodness of Fit (GFI), Root Mean Square Residual (RMSR) ฯลฯ

รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบแผนกระบวนการ วิธีการจัดการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1. ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน 2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน 3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และ 4. การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท และขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล โดยประเมินผลความเหมาะสมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เป็นผู้ประเมิน และต้องเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนตามหลักทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเน้นการบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการเสริมสร้างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีกระบวนการเรียนการสอนสำคัญ 6 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม (Target: Setting targets and asking questions) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายและคำถามในการเรียนรู้ในสถานการณ์เรียนรู้ตามบริบท โดยผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และตั้งคำถามให้สอดคล้องกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2) ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม (Review: Assessing knowledge and experiences) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนสืบค้นและทบทวนองค์ความรู้เพื่อกำหนดสมมติฐานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาโดยอ้างอิงเหตุผลเชิงทฤษฎีที่เหมาะสม โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะให้ผู้เรียนตรวจสอบองค์ความรู้ที่ใช้อ้างอิงเหตุผลในการตอบคำถาม

3) ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Inquire: Carrying out scientific inquiries) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบ วางแผน และทดลองเพื่อแสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับใช้พิสูจน์สมมติฐาน ผู้สอนทำหน้าที่เตรียมสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของการปฏิบัติในขั้นตอนต่าง ๆ และชี้แนะให้ถูกต้องตามหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Construct: Formulating scientific explanations) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำหลักฐานมาสร้างข้อสรุป โดยเชื่อมโยงหลักฐานอย่างมีเหตุและผล และสร้างคำอธิบายโดยใช้หลักทฤษฎีต่าง ๆ ในการอธิบายอย่างมีเหตุผล ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์ รวมถึงชี้แนะให้ผู้เรียนตรวจสอบหลักฐานและเหตุผลที่ถูกต้องตามหลักธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

5) ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท (Apply: Implementing science in contexts) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำคำตอบหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ หรือสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป ผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะ กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์เพื่อหาแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทนั้น ๆ

6) ขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล (Reflect and Evaluate: Engaging in reflective learning experiences and assessing results) เป็นขั้นที่ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์และสะท้อนคิดร่วมกันเพื่อประเมินการเรียนรู้ตนเอง ผู้สอนทำหน้าที่ร่วมสะท้อนคิดและชี้แนะจุดแข็งจุดอ่อนและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป หมายถึง ความสามารถของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในการประยุกต์ความรู้และความเข้าใจในแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี มนุษย์กับสังคม ประยุกต์ใช้ในการสืบเสาะ อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างน่าเชื่อถือและถูกต้อง รวมถึงการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินชีวิตและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่กำหนดในการเรียนการสอนที่ผู้สอนกำหนดขึ้น ความฉลาดรู้ของนักศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีองค์ประกอบดังนี้

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนบุคคลที่มีอิทธิพลหรือส่งผลต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมที่มีต่อการเรียนรู้ปรากฏการณ์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในบริบทต่าง ๆ ในระดับบุคคลและระดับสังคมในระดับต่าง ๆ

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) เป็นแนวคิดที่ผสมผสานองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาวิทยาศาสตร์ ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์

และสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำใช้ในการแสวงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยความรู้ วิธีการ เจตคติ ค่านิยม และความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ อันนำไปสู่การประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ หรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของมนุษย์

3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแก้ปัญหาในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท หมายถึง การนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยตอบสนองต่อบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในบริบทได้อย่างเหมาะสม และมีความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดซึ่งผสมผสานองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับหลักปรัชญาวิทยาศาสตร์ ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำใช้ในการแสวงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยความรู้ วิธีการ เจตคติ ค่านิยม และความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ อันนำไปสู่การประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ หรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของมนุษย์

การบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง การผสมผสานเชื่อมโยงองค์ความรู้หลักการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแนวคิดหลัก 3 ด้าน ได้แก่

1) ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) ประกอบด้วย

(1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบและมนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้

(2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามที่ไม่สามารถยืนยันด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์หรือมีลักษณะเป็นนามธรรม

(3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

2) ด้านที่ 2 ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

(1) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought Experiment) เป็นต้น

(2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

(3) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมานลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัด

3) ด้านที่ 3 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise)

(1) วิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ แยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

(2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

(3) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ ทักษะ ความเชื่อและเจตคติของบุคคล ซึ่งส่งผลต่อมุมมองในลักษณะอัตวิสัย

นำมาบูรณาการร่วมกับความรู้ตามบริบทรายวิชาการจัดการเรียนรู้ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ประสานกันอย่างกลมกลืนเป็นองค์รวมที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์และเป็นระบบ โดยจัดกระบวนการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่ปรากฏอย่างชัดแจ้ง และสอดคล้องกับหลักทฤษฎีการสร้างความรู้ เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปตามบริบทที่ผู้สอนกำหนด

ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง ระดับคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยภัฏ ประเมินโดยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและใช้แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนซึ่งเป็นแบบวัดที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ใช้เกณฑ์พิจารณาความเหมาะสม 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.00

การประเมินประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 หมายถึง การตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยภัฏ โดยนำไปทดลองและวัดผลที่เกิดระหว่างกระบวนการและหลังกระบวนการ เพื่อบ่งชี้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนนั้นมีประสิทธิภาพก่อนที่จะนำมารูปแบบการเรียนรการสอนไปใช้จริง โดยกำหนดเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพรูปแบบการจัดการเรียนการสอน (E1/E2) คือ 75/75 ซึ่งมีความหมาย ดังนี้

เกณฑ์ E1 หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปได้ทำจากกิจกรรมการเรียนรู้ในระหว่างการเรียนการสอน โดยกำหนดเกณฑ์ร้อยละ 75

เกณฑ์ E2 หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่นักศึกษาครูได้จากการวัดโดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่โดยกำหนดเกณฑ์ร้อยละ 75

ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อ**ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ** หมายถึง คุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งพิจารณาจากผลการพัฒนาผู้เรียนที่บรรลุจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ หลังจากที่ผู้สอนได้จัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่ออกแบบไว้โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) และคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

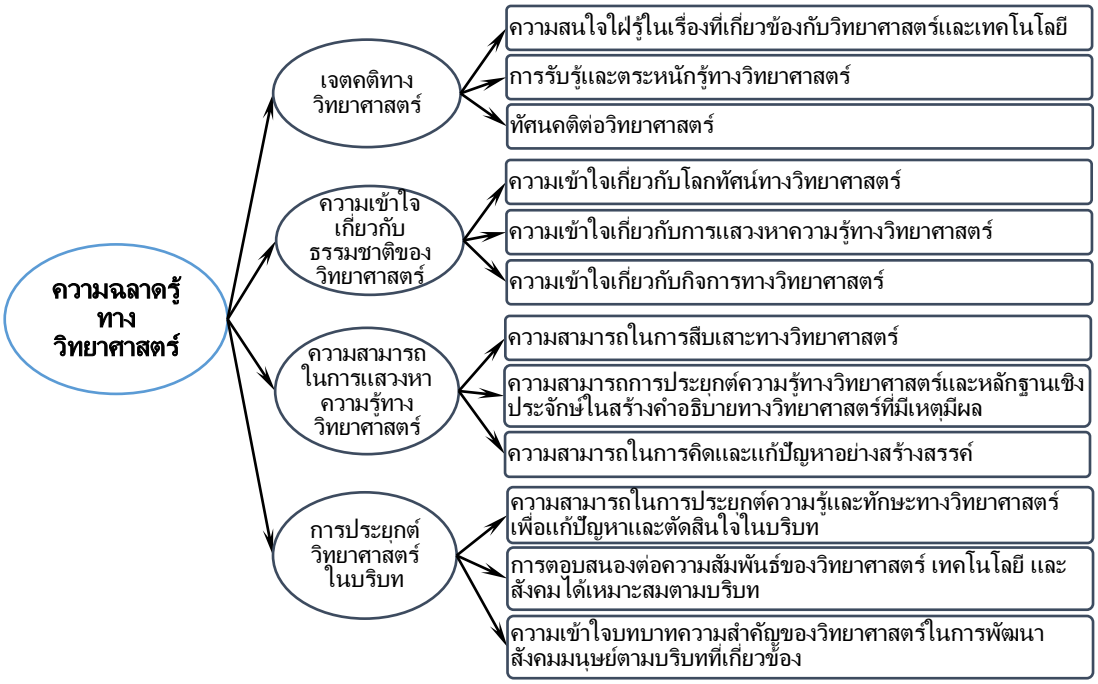
ความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการจัดเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ประเมินโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นตามองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ ขั้นตอนการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียน และการวัดและประเมินผล เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์หลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หลักสูตร และบริบท นำมาสังเคราะห์เป็นแนวคิดในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ลีเดอร์แมน (Lederman et al.,2013, p. 138-146), ไฟส์และคณะ (Fives et al.,2014, p. 553-559), เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242), องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ก, น. 12), สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110), คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) และซูวูโนและคณะ (Suwono et al., 2022, p. 7-9) โดยการศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์เชิงเอกสาร แล้วสังเคราะห์องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกำหนดเป็นตัวแปรแฝง 4 ตัวแปร เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ภาพที่ 1.1) ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เหมาะสมตามบริบท (3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

2. ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้องดังภาพที่ 1.2

1) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นำหลักการและแนวคิดของนักวิชาการ อาทิ คณะกรรมการวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2013, p. 98-100) แมคคอมัส (McComas, 2017, 73-74), สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อเมริกัน (AAAS, 2022) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 7-10) เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2020, p. 35-65) และอับดุลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalick & Lederman, 2023, p. 856-857) ซึ่งสรุปเป็นแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อนำพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังนี้

1.1) ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) ประกอบด้วย

(1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบและมนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้

(2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามที่ไม่สามารถยืนยันด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์หรือมีลักษณะเป็นนามธรรม

(3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

1.2) ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

(1) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought experiment) เป็นต้น

(2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

(3) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมานลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัด

1.3) ด้านที่ 3 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise)

(1) วิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ แยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

(2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

(3) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ ทักษะ ความเชื่อ และเจตคติของบุคคล ซึ่งส่งผลต่อมุมมองในลักษณะอัตวิสัย



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดในการพัฒนาร่างรูปแบบวิจัยการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2) ศึกษาทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivist theory) โดยนำแนวคิดการสร้างองค์ความรู้เชิงปัญญา (Cognitive constructivism) ตามแนวคิดของเพียเจต์ และการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social constructivism) ตามแนวคิดของวิก็อทสกี โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม 2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) และ 3) ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ โดยผู้เรียนจะนำโครงสร้างทางปัญญาเดิมมาใช้ในการทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ด้วยกระบวนการทางปัญญา ซึ่งผู้เรียนเกิดการดูดซึมและปรับสภาวะจนเกิดการปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลและเกิดมีความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105 และชนาธิป พรกุล, 2563, น. 48-49) ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมาออกแบบกิจกรรมและสื่อเพื่อใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่ ซึ่งเน้นการเชื่อมโยงหลักธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ร่วมกับริบทหรือสถานการณ์การเรียนรู้ในรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จนกระทั่งสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาวะสมดุล หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการกำหนดให้ผู้เรียนร่วมมือกันเรียนรู้จากบริบทในสภาพจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้โดยนำหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปบูรณาการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาและเกิดการร่วมมือไปสู่การแก้ปัญหา

3) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ นำทฤษฎีบูรณาการของเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563) มาเป็นรากฐานในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดของการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการของคิลเบนและมิลแมน (Kilbane & Milman (2014, p. 353-356) กันตภณ มะหาหมัด และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ (2558, น. 84) วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 7-9) กนกวรรณ เรืองศิริ และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2563, น. 119) กำหนดรูปแบบการบูณาการแบบแบบบูรณการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับหลักการสร้างความรู้ด้วยตนเองและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดขั้นตอนการเรียนรู้แบบบูรณาการ ออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม 2) ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม 3) สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 4) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5) ประยุกต์ใช้ในบริบท และ 6) สะท้อนคิดและประเมินผล

4) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีของจอยซ์, ไวล์ และคาลฮูน (Joyce, Weil & Calhoun, 2004, p. 49-55) ริชีย์และคณะ (Richey et al., 2011, p. 19) และทิศนา แขมมณี (2563, น. 221) นำมาสรุปเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยองค์ประกอบของรูปแบบประกอบด้วย ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย

หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ โดยพัฒนารูปแบบการสอนเชิงระบบตามแนวคิดของโดยใช้แนวคิดและวิธีการตามแนวคิด ADDIE Model (Richey et al., 2011, p. 19) โดยกำหนดขั้นตอนดังนี้

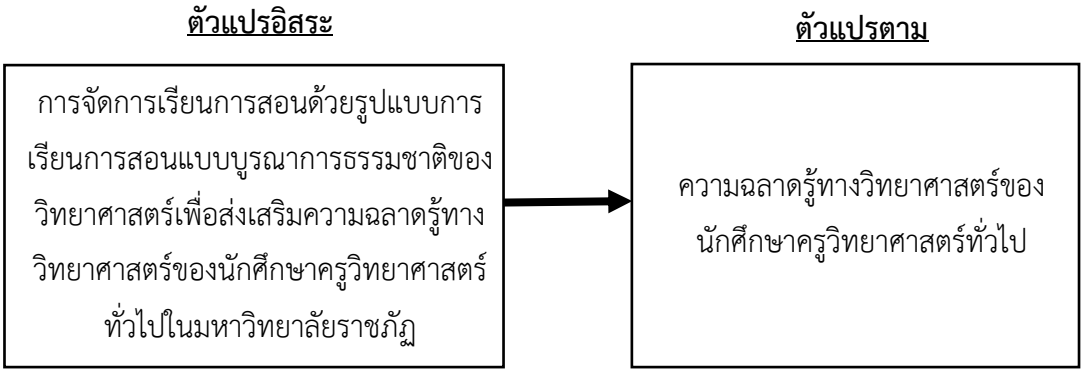
(1) ระยะที่ 1 วิเคราะห์ (Analyze) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

(2) ระยะที่ 2 ออกแบบ (Design) และพัฒนา (Develop) นำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) มาบูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ให้เหมาะสมกับบริบท

(3) ระยะที่ 3 เป็นขั้นนำไปใช้ (Implement) และประเมินผล (Evaluate) นำรูปแบบไปทดลองใช้และประเมินประสิทธิผล

3. ระยะที่ 3 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การทดลองใช้รูปแบบและศึกษาประสิทธิผลที่เกิดจากการใช้รูปแบบ กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1.3 กรอบแนวคิดในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. โครงสร้างหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2562)
2. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)
3. แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)
4. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory)
5. การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (Integrated Learning Management)
6. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน (Instructional Model Development)
7. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)
8. แนวคิดเกี่ยวกับความคิดเห็น (Opinion)
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2562)

ในการผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏนั้น ปัจจุบันรับผิดชอบโดยหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2562) โดยมหาลัยราชภัฏ 38 แห่งได้ร่วมกันร่างโครงสร้างหลักสูตรร่วมกันและแต่ละแห่งได้นำไปปรับให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง ในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ซึ่งหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (ปรับปรุง พ.ศ. 2562) ที่เปิดสอนมีสาระสำคัญดังนี้ (คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 2562, น. 5-7)

ปรัชญา ความสำคัญ และวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1. ปรัชญา

ผลิตผู้เรียนวิทยาศาสตร์มืออาชีพ ให้เป็นคนดี คนเก่ง มีคุณภาพชีวิตที่สมบูรณ์ มีปัญญาในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงโลกแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ความสำคัญ

ปัจจุบันอาชีพครูถือว่าสำคัญยิ่ง เพราะครูมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศให้เจริญมั่นคง ให้ก้าวทันต่อสถานการณ์ การเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคปัจจุบัน แต่ก่อนที่จะพัฒนาบ้านเมืองให้เจริญได้นั้น จะต้องพัฒนาคน ซึ่งได้แก่ เยาวชนของชาติเสียก่อน เพื่อให้เยาวชนเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่ดีมีคุณภาพและมีความสมบูรณ์ครบทุกด้าน จึงสามารถช่วยกันสร้างความเจริญให้แก่ชาติต่อไปได้ และหน้าที่ที่มีความสำคัญยิ่งของครูก็คือ การปลูกฝังความรู้ ความคิดและจิตใจแก่เยาวชน เพื่อให้เติบโตขึ้นเป็นพลเมืองที่ดีและมีประสิทธิภาพของประเทศชาติในกาลข้างหน้า ผู้เป็นครูจึงจัดได้ว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทอย่างสำคัญในการสร้างสรรค์อนาคตของชาติบ้านเมือง

3. วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้ารับการศึกษามีคุณลักษณะ ดังนี้

1) เป็นผู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพครู มีความรับผิดชอบสูงต่อวิชาการและวิชาชีพ มีความอดทน ใจกว้าง และมีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้พร้อมที่จะประกอบวิชาชีพครู อย่างมีคุณภาพ และเป็นไปตามสมรรถนะและมาตรฐานวิชาชีพครู

2) เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถในด้านการสอน สามารถประยุกต์องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำมาใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างสอดคล้องกับสภาพสังคม วัฒนธรรมและเศรษฐกิจของประเทศ

3) เป็นผู้มีทักษะทางปัญญาในการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาหลักสูตรทางด้านการเรียนการสอน มีความรู้ความสามารถ สมรรถนะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของการศึกษาของชาติ สามารถประยุกต์ในทฤษฎีและระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย เพื่อสร้างความรู้ใหม่

4) เป็นผู้มีทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อตนเอง ต่อผู้เรียน ต่อผู้ร่วมงาน และต่อส่วนรวม สามารถช่วยเหลือและแก้ปัญหาตนเอง กลุ่มและระหว่างกลุ่มได้อย่างสร้างสรรค์

5) เป็นผู้มีทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการปฏิบัติงานหน้าที่ครูได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

6) เป็นผู้มีวิธีวิทยาการจัดการเรียนรู้ มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดปรัชญาการศึกษา ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนที่ตอบสนองความต้องการ ความสนใจ ความถนัด และศักยภาพผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล มีทักษะการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ในการเอื้ออำนวยให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สร้างแรงบันดาลใจ ความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนาสู่นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้ ประกอบอาชีพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตร แบ่งเป็นหมวดวิชาที่สอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ จำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตร ไม่น้อยกว่า 132 หน่วยกิต

1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ไม่น้อยกว่า 30 หน่วยกิต
   1.1 วิชาศึกษาทั่วไปบังคับ จำนวน 23 หน่วยกิต
      กลุ่มวิชาภาษา จำนวน 9 หน่วยกิต
      กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำนวน 7 หน่วยกิต
      กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 6 หน่วยกิต
      กลุ่มวิชาพลศึกษา จำนวน 1 หน่วยกิต
   1.2 วิชาศึกษาทั่วไปบังคับ ไม่น้อยกว่า 7 หน่วยกิต
      กลุ่มวิชาภาษา ไม่น้อยกว่า 2 หน่วยกิต
      กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ไม่น้อยกว่า 5 หน่วยกิต
2. หมวดวิชาเฉพาะ ไม่น้อยกว่า 96 หน่วยกิต
   2.1 กลุ่มวิชาชีพครู ไม่น้อยกว่า 36 หน่วยกิต
   2.2 กลุ่มวิชาเอก ไม่น้อยกว่า 60 หน่วยกิต
      วิชาเอกบังคับ จำนวน 40 หน่วยกิต
      วิชาเอกเลือก ไม่น้อยกว่า 20 หน่วยกิต
3. หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต

มาตรฐานผลการเรียนรู้หมวดวิชาเฉพาะด้าน (กลุ่มวิชาชีพครูและกลุ่มวิชาเอก)

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

1.1 รัก ศรัทธาและภูมิใจในวิชาชีพครู มีจิตวิญญาณและอุดมการณ์ความเป็นครู และปฏิบัติตนตามจรรยาบรรณวิชาชีพครู

1.2 มีจิตอาสา จิตสาธารณะ อดทนอดกลั้น มีความเสียสละ รับผิดชอบและซื่อสัตย์ต่องานที่ได้รับมอบหมายทั้งด้านวิชาการและวิชาชีพ และสามารถพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ศิษย์ ครอบครัว สังคมและประเทศชาติ และเสริมสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืน

1.3 มีค่านิยมและคุณลักษณะเป็นประชาธิปไตย คือ การเคารพสิทธิ และให้เกียรติคนอื่น มีความสามัคคีและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ใช้เหตุผลและปัญญาในการดำเนินชีวิตและการตัดสินใจ

1.4 มีความกล้าหาญและแสดงออกทางคุณธรรมจริยธรรม สามารถวินิจฉัย จัดการและคิดแก้ปัญหาทางคุณธรรมจริยธรรมด้วยความถูกต้องเหมาะสมกับสังคม การทำงานและสภาพแวดล้อม โดยอาศัยหลักการ เหตุผลและใช้ดุลยพินิจทางค่านิยม บรรทัดฐานทางสังคม ความรู้สึกของผู้อื่น และ

ประโยชน์ของสังคมส่วนรวม มีจิตสำนึกในการธำรงความโปร่งใสของสังคมและประเทศชาติ ต่อต้านการทุจริตคอรัปชันและความไม่ถูกต้อง ไม่ใช้ข้อมูลบิดเบือน หรือการลอกเลียนผลงาน

1.5 มีระเบียบวินัย

2. ด้านความรู้

2.1 มีความรอบรู้ในหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เนื้อหาสาระด้านวิชาชีพของครู อาทิ ค่านิยมของครู คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณ จิตวิญญาณครู ปรัชญาความเป็นครู จิตวิทยาสำหรับครู จิตวิทยาพัฒนาการ จิตวิทยาการเรียนรู้เพื่อจัดการเรียนรู้และช่วยเหลือ แก้ไขปัญหา ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียน หลักสูตรและวิทยาการ การจัดการเรียนรู้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารการศึกษาและการเรียนรู้ การวัดประเมินการศึกษาและการเรียนรู้ การวิจัยและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อพัฒนาผู้เรียน และภาษาเพื่อการสื่อสารสำหรับครู ทักษะการนิเทศและการสอนงาน ทักษะเทคโนโลยีและดิจิทัล ทักษะการทำงานวิจัยและวัดประเมิน ทักษะการร่วมมือสร้างสรรค์ และทักษะศตวรรษที่ 21 มีความรู้ ความเข้าใจในการบูรณาการความรู้กับการปฏิบัติจริงและการบูรณาการข้ามศาสตร์ อาทิ การบูรณาการการสอน (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPCK) การสอนแบบบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Professional Learning Community: PLC) และมีความรู้ในการประยุกต์ใช้

2.2 มีความรอบรู้ในหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เนื้อหาวิชาที่สอน สามารถวิเคราะห์ความรู้ และเนื้อหาวิชาที่สอนอย่างลึกซึ้ง สามารถติดตามความก้าวหน้าด้านวิทยาการและนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผู้เรียน โดยมีผลลัพธ์การเรียนรู้และเนื้อหาสาระด้านมาตรฐานผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของแต่ละสาขาวิชา

2.3 มีความรู้ เข้าใจชีวิต เข้าใจชุมชน เข้าใจโลกและการอยู่ร่วมกันบนพื้นฐานความแตกต่างทางวัฒนธรรม สามารถเผชิญและเท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสามารถนำแนวคิดปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตและพัฒนาตน พัฒนางานและพัฒนาผู้เรียน

2.4 มีความรู้และความสามารถในการใช้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามมาตรฐาน

2.5 ตระหนักรู้ เห็นคุณค่าความสำคัญของศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนและนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาตน พัฒนาผู้เรียน พัฒนางานและพัฒนาชุมชน

3. ด้านทักษะทางปัญญา

3.1 คิด ค้นหา วิเคราะห์ข้อเท็จจริง และประเมินข้อมูล สื่อ สารสนเทศจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายอย่างรู้เท่าทัน เป็นพลเมืองตื่นรู้ มีสำนึกสากล สามารถเผชิญและก้าวทันกับการเปลี่ยนแปลงในโลกยุคดิจิทัล เทคโนโลยีข้ามแพลทฟอร์ม (Platform) และโลกอนาคต นำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานและวินิจฉัยแก้ปัญหาและพัฒนางานได้อย่างสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงความรู้ หลักการทางทฤษฎี ประสบการณ์ภาคปฏิบัติ ค่านิยม แนวคิด นโยบายและยุทธศาสตร์ชาติ บรรทัดฐานทางสังคมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

3.2 สามารถคิดริเริ่มและพัฒนางานอย่างสร้างสรรค์

3.3 สร้างและประยุกต์ใช้ความรู้จากการทำวิจัยและสร้างหรือร่วมสร้างนวัตกรรม เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนและพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้สร้างหรือร่วมสร้างนวัตกรรม รวมทั้ง การถ่ายทอดความรู้แก่ชุมชนและสังคม

3.4 สามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรม สำหรับการจัดการเรียนรู้ทางชีววิทยาได้

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 เข้าใจและใส่ใจอารมณ์ความรู้สึกของผู้อื่น มีความคิดเชิงบวก มีวุฒิภาวะทางอารมณ์และทางสังคม

4.2 ทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำงานเป็นทีม เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี มีสัมพันธภาพที่ดีกับผู้เรียน ผู้ร่วมงาน ผู้ปกครองและคนในชุมชน มีความรับผิดชอบต่อส่วนรวมทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

4.3 มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อตนเอง ต่อผู้เรียน ต่อผู้ร่วมงาน และต่อส่วนรวม สามารถช่วยเหลือและแก้ปัญหาตนเอง กลุ่มและระหว่างกลุ่มได้อย่างสร้างสรรค์

4.4 มีภาวะผู้นำทางวิชาการและวิชาชีพ มีความเข้มแข็งและกล้าหาญทางจริยธรรม สามารถชี้นำและถ่ายทอดความรู้แก่ผู้เรียน สถานศึกษา ชุมชนและสังคมอย่างสร้างสรรค์

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี

5.1 มีทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ การสังเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อเข้าใจองค์ความรู้ หรือประเด็นปัญหาทางการศึกษาได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

5.2 สื่อสารกับผู้เรียน พ่อแม่ผู้ปกครอง บุคคลในชุมชนและสังคม และผู้เกี่ยวข้อง กลุ่มต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยสามารถเลือกใช้การสื่อสารทางวาจา การเขียน หรือการนำเสนอด้วยรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารหรือนวัตกรรมต่าง ๆ ที่เหมาะสม

5.3 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูลหรือความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ การทำงาน การประชุม การจัดการและสืบค้นข้อมูลและสารสนเทศ รับและส่งข้อมูลและสารสนเทศ โดยใช้ดุลยพินิจที่ดีในการตรวจสอบ ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและสารสนเทศ อีกทั้งตระหนักถึงการละเมิดลิขสิทธิ์และการลอกเลียนผลงาน

6. ด้านวิธีวิทยาการจัดการเรียนรู้

6.1 สามารถเลือกใช้ปรัชญาตามความเชื่อในการสร้างหลักสูตรรายวิชา การออกแบบเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อและเทคโนโลยีการสื่อสาร การวัดและประเมินผู้เรียน การบริหารจัดการชั้นเรียน การจัดการเรียนโดยใช้แหล่งการเรียนรู้ในโรงเรียนและนอกโรงเรียน แหล่งการเรียนรู้แบบเปิดได้อย่างเหมาะสมกับสภาพบริบทที่ต่างกันของผู้เรียนและพื้นที่

6.2 สามารถในการนำความรู้ทางจิตวิทยาไปใช้ในการวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล ออกแบบกิจกรรม การจัดเนื้อหาสาระ การบริหารจัดการ และกลไกการช่วยเหลือ แก้ไขและส่งเสริมพัฒนาผู้เรียนที่ตอบสนองความต้องการ ความสนใจ ความถนัด และศักยภาพของผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล ทั้งผู้เรียนปกติและผู้เรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ หรือผู้เรียนที่มีข้อจำกัดทางกาย

6.3 จัดกิจกรรมและออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการทำงานในสถานการณ์จริง ส่งเสริมการพัฒนาการคิด การทำงาน การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น โดยบูรณาการการทำงานกับการเรียนรู้และคุณธรรมจริยธรรม สามารถประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกัน แก้ไขปัญหา และพัฒนาด้วยความซื่อสัตย์สุจริต มีวินัยและรับผิดชอบต่อผู้เรียนโดยยึดผู้เรียนสำคัญที่สุด

6.4 สร้างบรรยากาศ และจัดสภาพแวดล้อม สื่อการเรียน แหล่งวิทยาการ เทคโนโลยี วัฒนธรรมและภูมิปัญญาทั้งในและนอกสถานศึกษาเพื่อการเรียนรู้ มีความสามารถในการประสานงานและสร้างความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่ออำนวยความสะดวกและร่วมมือกันพัฒนาผู้เรียนให้มีความรอบรู้ มีปัญญารู้คิดและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่องให้เต็มตามศักยภาพ

6.5 สามารถจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีทักษะศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการเรียนรู้ ทักษะการรู้เรื่อง ทักษะการคิด ทักษะชีวิต ทักษะการทำงานแบบร่วมมือ ทักษะการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร ทักษะเทคโนโลยีและการดำเนินชีวิตตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และสามารถนำทักษะเหล่านี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน และการพัฒนาตนเอง

ทั้งนี้หลักสูตรฯ ได้กำหนดให้นักศึกษาเรียนวิชาในหมวดรายวิชาเฉพาะด้าน 96 หน่วยกิต ซึ่งมีรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น 3(2-2-5) เป็นวิชาที่นักศึกษาเลือกทะเบียนเพื่อนำองค์ความรู้ไปใช้ในวิชาชีพ และเป็นรายวิชาที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ โดยมีคำอธิบายรายวิชาดังนี้

รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น

คำอธิบายรายวิชา

การใช้หลักการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้จากมิปัญญาท้องถิ่น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดและวิวัฒนาการของภูมิปัญญาท้องถิ่น การจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจนำไปสู่การแก้ปัญหา การพึ่งพาตนเอง การพัฒนาอย่างยั่งยืน และการดำเนินชีวิตที่สอดคล้องสมดุลกับธรรมชาติ

โครงสร้างรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น

รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น มีโครงสร้างประกอบด้วย 6 บท โดยมีเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน และเวลาที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

บทที่	เนื้อหา	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	จำนวน (ชม.)
1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น : นิยาม และความหมาย ความสำคัญของภูมิปัญญา ลักษณะของภูมิปัญญา ประเภทของภูมิปัญญา การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทย	1) บรรยายความรู้เบื้องต้น 2) สืบค้นภูมิปัญญาในพื้นที่ที่สนใจ 3) อภิปรายกลุ่มย่อย และสรุปความรู้ 4) เสนอในชั้นเรียน	8
2	การเกิดภูมิปัญญาและปัจจัยที่มีผลต่อพัฒนาการของภูมิปัญญา : กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเองของภูมิปัญญา องค์ความรู้แบบองค์รวม ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างและพัฒนาการของภูมิปัญญา คุณค่าและประโยชน์ของภูมิปัญญาความเหมือนและความต่างของภูมิปัญญา และวิทยาศาสตร์	1) สืบค้นภูมิปัญญาและลักษณะทางภูมิสังคมในพื้นที่ที่สนใจ 2) อภิปรายกลุ่มย่อยเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของภูมิปัญญาและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และสรุปความรู้ 3) นำเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน	8

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

บทที่	เนื้อหา	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	จำนวน (ชม.)
3	การศึกษาภูมิปัญญาในบริบทท้องถิ่น: ความสำคัญของการศึกษาภูมิปัญญา หลักการเบื้องต้น เป้าประสงค์ของการศึกษาภูมิปัญญา ลักษณะของงานศึกษาภูมิปัญญา วิธีการศึกษา ประโยชน์จากการศึกษา การศึกษากรณีตัวอย่างภูมิปัญญาท้องถิ่น	1) เลือกภูมิปัญญาเพื่อศึกษาข้อมูลเชิงลึก 2) ออกแบบกิจกรรมสำรวจ/ศึกษาภูมิปัญญาที่เลือก 3) เก็บข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ 4) ร่วมกันวิเคราะห์ขั้นตอน วัสดุอุปกรณ์และเทคนิคของภูมิปัญญา 5) อภิปราย และนำเสนอผลงาน	8
4	การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญา: แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ขั้นตอนของภูมิปัญญา การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ อธิบายทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาภูมิปัญญาไปสู่สากล	1) เลือกปรากฏการณ์จากขั้นตอนของภูมิปัญญา 2) ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ 3) ปฏิบัติการสืบเสาะและเก็บข้อมูล 4) อภิปรายเพื่อสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5) นำเสนอผลงาน	12
5	การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญา: ความสำคัญของภูมิปัญญาบริบทท้องถิ่น กฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมภูมิปัญญาไทยในการจัดการศึกษา การบูรณาการภูมิปัญญาสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การออกแบบกิจกรรมและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการภูมิปัญญา การนำไปใช้และข้อจำกัด	1) ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลาง 2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ 3) พัฒนาแผนการจัดเรียนรู้/หลักสูตรท้องถิ่น 4) นำเสนอผลงาน	12
6	การอนุรักษ์ภูมิปัญญาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน: ความสำคัญ แนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน หลักการและวิธีการอนุรักษ์ภูมิปัญญา การพึ่งพาตนเองและการดำเนินชีวิตที่สอดคล้องสมดุลกับธรรมชาติ	1) สืบค้นปัญหาและอุปสรรคของภูมิปัญญาในท้องถิ่น 2) ระดมความคิด วิเคราะห์สาเหตุและอภิปรายหาแนวทางแก้ไข 3) ร่วมกันวางแผนเพื่อพัฒนาภูมิปัญญา 4) นำเสนอผลงาน	8

จากตารางที่ 2.1 ผู้วิจัยนำเนื้อหาบทที่ 3-5 มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่อไป

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

ที่มาของแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์กำเนิดขึ้นในช่วงทศวรรษ 1950 และถูกใช้เพื่อเป้าหมายที่หลากหลาย ตั้งแต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่กว้างขวางไปจนถึงจุดประสงค์เฉพาะของการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Bybee, 2015, p. 944-945) ในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศสหภาพโซเวียตได้ส่งดาวเทียมสปุตนิคขึ้นโคจรรอบโลกได้สำเร็จ ส่งผลให้ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ตระหนักถึงความจำเป็นของการพัฒนาให้พลเมืองมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาให้สามารถแข่งขันได้ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงถูกนำมาใช้ปรับปรุงหลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นให้ผู้เรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ นำไปใช้พัฒนาตนเอง รวมถึงด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมือง (Hurd, 1958, p. 13-14) ต่อมาแนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาเชื่อมโยงกับทฤษฎีการเรียนรู้ และแพร่หลายไปยังประเทศอื่น (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561, น. 247) แนวคิดความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์มีนัยครอบคลุมกว้างกว่าความรู้วิทยาศาสตร์ นักการศึกษาจึงได้พยายามพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literate person) โดยเน้นให้ครอบคลุมทั้งเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้วิทยาศาสตร์ (DeBoer, 2000, p. 584-594) ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนมีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist theory of learning) ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานประสบการณ์เดิม แทนการรับความรู้เพียงอย่างเดียว (Yager, 1991, p. 53) ทำให้ลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปจากความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับได้ (Allen, 2014, p. 3) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งบ่งชี้ระดับความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและความสามารถในการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจระดับท้องถิ่นและระดับชาติ พลเมืองที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถประเมินคุณภาพข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ คุณลักษณะนี้จึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีความแตกต่างกันตามบริบทและระบบการศึกษาของแต่ละประเทศ (Fensham, 2005, p. 541) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพัฒนาอย่างรวดเร็ว ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการปรับตัวทั้งในระดับบุคคล ประเทศ และโลก (BouJaoude, 2002, น. 140) หลายประเทศได้พยายามปฏิรูปการศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้และความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของพลเมืองเพื่อให้ประเทศมีความสามารถในการแข่งขันและปรับตัวให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของโลก (Hermita et al., 2020, p. 61)

ประเทศไทยได้นำแนวคิดนี้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยกระทรวงศึกษาธิการได้ใช้วางรากฐานการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 1-3) โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อพัฒนาให้ประชาชนทุกคนให้มีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น นำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์ มีคุณธรรม ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน และช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 111)

นิยามและความหมาย

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นคำที่บัญญัติจากคำในภาษาอังกฤษว่า "Scientific Literacy" ซึ่งในภาษาไทยมีการใช้คำที่แตกต่างกันหลายรูปแบบ เช่น การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ฯลฯ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้คำว่า “ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์” ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 31) นักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ให้ความหมายของคำว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

เฟนแชม (Fensham, 2005, p. 541) กล่าวว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดการรู้ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของสาธารณชนเกี่ยวข้องกับการประเมินสิ่งที่ผู้เรียนและสาธารณชนจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างน่าเชื่อถือและถูกต้อง ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้มาจากระบบการศึกษาเป็นที่เข้าใจกันว่ามีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของสาธารณชน เป็นที่มาของความหวังสำหรับพลเมืองที่มีข้อมูลดีเช่นกัน

สถาบันวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และการแพทย์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2016, p. 32-33) กล่าวว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน กระบวนการ และผลกระทบของวิทยาศาสตร์ รวมถึงการนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการตัดสินใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 22) กล่าวว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการมีส่วนร่วมกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในฐานะพลเมืองที่มีความคิดไตร่ตรอง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อระบุคำถามและสรุปผลตามหลักฐาน เพื่อทำความเข้าใจและช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นผ่านกิจกรรมของมนุษย์

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 31) กล่าวว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สาระของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี มนุษย์กับสังคม มีความสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินชีวิต การมีส่วนร่วมในวัฒนธรรมและความเป็นพลเมือง และการเพิ่มผลผลิตทางเศรษฐกิจ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564, น. 4) กล่าวว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ

สรุปได้ว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน กระบวนการ และผลกระทบของวิทยาศาสตร์ รวมถึงความสามารถในการนำความรู้และไปประยุกต์ใช้และติดสินใจในการดำเนินชีวิตและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความฉลาดรู้เป็นคุณสมบัติของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการศึกษาเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและฝึกปฏิบัติจนเข้าใจ ใช้เป็น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาชีวิตได้ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 66) ในด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น มีนักวิชาการที่เกี่ยวข้องได้อธิบายคุณลักษณะของบุคคลที่มีฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literate person) ไว้ดังนี้

รับบาและแอนเดอร์สัน (Rubba & Anderson, 1978, p. 450) ได้กล่าวถึงผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นผู้ที่มีเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น แนวคิด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ มีความสามารถใช้กระบวนการของวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ตัดสินใจโดยมีปฏิสัมพันธ์กับบริบทได้สอดคล้องกับค่านิยมที่เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ มีส่วนร่วมในกิจการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถชี้นำการศึกษาวิทยาศาสตร์ไปสู่การพัฒนาแนวคิดสากลได้

ยิลมาซ (Yilmaz, 2009, p. 30) ได้เสนอแนวคิดว่าบุคคลที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจถึงข้อจำกัดและความไม่แน่นอนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม และสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p.22) ได้กล่าวว่าผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นบุคคลที่มีความเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีเหตุผล ซึ่งต้องใช้ความสามารถดังต่อไปนี้:

1. สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยการระบุ นำเสนอ และประเมินคำอธิบายสำหรับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยีที่หลากหลาย

2. สามารถประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยการอธิบายและประเมินการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ และเสนอวิธีการตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

3. สามารถตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล ข้อกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งในรูปแบบต่างๆ และสรุปผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564, น. 4) กล่าวว่าผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งบุคคลนั้นจำเป็นต้องมีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับบุคคลใดบุคคลหนึ่งนั้น

จากแนวคิดที่กล่าวมาสรุปได้ว่าผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่คุณลักษณะที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้และแก้ปัญหาในบริบทได้ ตลอดจนสามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติและเทคโนโลยีได้อย่างถูกต้องเหมาะสม จากคุณลักษณะที่สรุปได้ดังกล่าว เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดของนักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งมีแนวคิดสรุปไว้ดังนี้

1. แนวคิดของ Lederman และคณะ

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2013, p. 138-146) ได้เสนอว่าองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีสาระสำคัญดังนี้

1.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) โดยมีความเข้าใจในแนวคิดหลัก ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ

1.2 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) โดยมีความเข้าใจในลักษณะและกระบวนการของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงข้อจำกัดและการเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.3 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) โดยประกอบด้วยความสามารถในการตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะในการใช้เหตุผลและการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

1.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) ประกอบด้วยความสามารถในการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การพยากรณ์ และการสื่อสาร ทักษะในการตั้งสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร และการตีความข้อมูล

1.5 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitudes) ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น การเปิดใจกว้าง และความซื่อสัตย์ทางวิชาการ การยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์และการเปลี่ยนแปลงความคิดเมื่อมีหลักฐานใหม่

1.6 การประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย ความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง การตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

1.7 ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science-Technology-Society relationships) ประกอบด้วยความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาเทคโนโลยีและการแก้ปัญหาสังคม

องค์ประกอบเหล่านี้มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกัน และการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงทุกองค์ประกอบอย่างบูรณาการ

2. แนวคิดของไฟส์และคณะ

ไฟส์และคณะ (Fives et al., 2014, p. 553-559) ได้เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ ความเข้าใจในโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติ ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และสังคม การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีสาระสำคัญดังนี้

2.1 ความเข้าใจในโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยรับรู้และเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่สำคัญ ได้แก่ 1) คำถามที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์ 2) ธรรมชาติของกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่ในบริบทด้านวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ

2.2 การคิดเชิงวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ จดจำรูปแบบ ระบุตัวแปร การสืบเสาะ ประเมินข้อสรุปโดยใช้หลักฐานสนับสนุนข้อสรุปที่กล่าวอ้าง

2.3 ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และสังคม ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานของการตัดสินใจเชิงนโยบายในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติ

2.4 การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์: สามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ได้

2.5 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แรงจูงใจและความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ รับรู้ความสามารถของตนเองในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. แนวคิดของเดิร์กส์และไนท์

เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) โดยเสนอแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักศึกษาที่เรียนด้านชีววิทยาไว้ 6 องค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การใช้เหตุผลเชิงปริมาณ การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งโดยใช้หลักฐาน การมีส่วนร่วมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์และประเมินข้อมูล ความเต็มใจในการประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ มีสาระสำคัญดังนี้

3.1 การสร้างแบบจำลอง: สามารถสร้างแบบจำลอง ใช้แบบจำลอง แสดงซ้ำ และแก้ไขแบบจำลอง รวมถึงการสร้างคำอธิบายโดยการใช้สื่อธรรมชาติหรือที่ออกแบบเอง ใช้ระบบปรากฏการณ์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในบริบทที่เหมาะสม

3.2 การใช้เหตุผลเชิงปริมาณ: ให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้อัตราส่วน อัตราเปอร์เซ็นต์ ความน่าจะเป็น หรือความสัมพันธ์ตามสัดส่วนเมื่อเข้าถึงหรือแก้ปัญหาหรือเมื่อแปลผลหรือสถานการณ์

3.3 การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งโดยใช้หลักฐาน: การประเมินข้ออ้างหรือข้อสรุปหลักฐาน หรือเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังคำอธิบายหรือแนวทางแก้ไขที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันเพื่อกำหนดข้อดีของการโต้แย้ง

3.4 การมีส่วนร่วมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบการทดลอง ความสามารถในการออกแบบการทดลองโดยใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม รวมถึงการควบคุมตัวแปร และแนวทางทางเลือกที่เหมาะสม

3.5 การวิเคราะห์และประเมินข้อมูล: ความสามารถในการสกัดหรือดึงสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลและวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบ ประเมินข้อสรุปเชิงวิพากษ์ และสร้างการคาดการณ์สำหรับการทดลองครั้งต่อไป

3.6 มีความเต็มใจในการประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการความสามารถในการใช้ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เพื่อตีความปรากฏการณ์

4. แนวคิดขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD)

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องได้รับการพัฒนา โดยแยก 4 องค์ประกอบ ได้แก่ บริบท ความรู้วิทยาศาสตร์ (เชิงทฤษฎีและกระบวนการ) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีสาระสำคัญดังนี้

4.1 ความเข้าใจบริบทที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้อง ตั้งแต่ระดับส่วนบุคคล ท้องถิ่น/ประเทศ และระดับโลก ทั้งในปัจจุบันและอดีต

4.2 ความรู้พื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี (ความรู้เชิงเนื้อหา) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสร้างแนวคิดเหล่านี้ (ความรู้เชิงกระบวนการ) และความเข้าใจเหตุผลพื้นฐานของกระบวนการและการอธิบายเหตุผล (การใช้ความรู้เชิงญาณวิทยา)

4.3 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

4.4 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เน้นชุดของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกผ่านความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเห็นคุณค่าของวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสม และการรับรู้และตระหนักถึงประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

5. แนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แยกองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ บริบท ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ก, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 111) โดยมีสาระสำคัญดังนี้

5.1 บริบท หมายถึง การรับรู้ถึงสถานการณ์ในชีวิต ในระดับส่วนตัว ระดับชาติ และระดับโลก ทั้งที่เป็นเรื่องในปัจจุบัน หรือในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งจำเป็นต้องมีความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก และทฤษฎีสำคัญที่ทำให้เกิดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของโลก และสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี (ความรู้ด้านเนื้อหา) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการในการสร้างแนวคิดต่าง ๆ (ความรู้ด้านกระบวนการ) และความเข้าใจในเหตุผลพื้นฐานของกระบวนการสร้างความรู้ (ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้)

5.3 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปล ความหมาย ข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการนำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

3) แปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยานหรือหลักฐาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

5.4 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วยความสนใจ ให้ความสำคัญกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และรับรู้และตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม

1) ความสนใจในวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ความตั้งใจในการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์และทักษะเพิ่มเติมโดยใช้แหล่งข้อมูลและวิธีการที่หลากหลาย และความสนใจในวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

2) ตระหนักและให้ความสำคัญกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยการยึดถือว่าหลักฐานเป็นข้อมูลสำคัญที่นำมาสู่การสร้างคำอธิบายในเรื่องต่าง ๆ การยึดมั่นในการ

ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่เหมาะสม และการเห็นความสำคัญของการวิพากษ์วิจารณ์ว่าเป็นเครื่องมือในการสร้างความน่าเชื่อถือของแนวคิดต่าง ๆ

3) ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม โดยการแสดงออกถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อม และการรักษาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน และการมีแนวคิดในการใช้และส่งเสริมพฤติกรรมการรักษาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน

6. แนวคิดของสำนักงานราชบัณฑิตยสภา

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110) ได้สรุปลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยแยกออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่

6.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

6.2 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

6.3 การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการใช้ความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการดำเนินชีวิตและตัดสินใจในประเด็นทางสังคม

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับส่วนอื่น ๆ ได้แก่ ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี สังคม สิ่งแวดล้อม และความเป็นมนุษย์ ซึ่งมีความเข้าใจถึงผลกระทบที่มีต่อกันและกัน

6.5 จิตวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ค่านิยม และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

6.6 กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความเข้าใจและมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

7. แนวคิดของคอสตาและคณะ

คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) ได้สังเคราะห์ลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จากงานวิจัย และได้แยกมิติของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 6 มิติ ได้แก่ การแยกแยะระหว่างวิทยาศาสตร์กับไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา และความเข้าใจและตอบสนองความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสังคม โดยมีสาระสำคัญดังนี้

7.1 มิติที่ 1 ความสามารถในการแยกแยะระหว่างวิทยาศาสตร์กับไม่ใช่วิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้

1) สามารถแยกและระบุความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์และไม่ใช่วิทยาศาสตร์เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์เข้าสู่สังคมอย่างถูกต้อง

2) สามารถพิจารณาน้ำหนักของความต่างระหว่างวิทยาศาสตร์กับไม่ใช่วิทยาศาสตร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการสอนสู่ผู้เรียนในโรงเรียนให้เกิดความเหมาะสม

7.2 มิติที่ 2 ความสามารถในทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์และการประยุกต์

1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสังคม

2) ความสามารถในประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์โดยการมีส่วนร่วมอย่างมีเหตุผลในระดับที่เหมาะสม ในสังคมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วยความมั่นใจ และมีความรับผิดชอบ

3) เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

7.3 มิติที่ 3 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) รวมถึงความสัมพันธ์ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับวัฒนธรรม

1) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึงการมีความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมถึงวิธีการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์

2) ความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีข้อมูลในประเด็นทางสังคมและวิทยาศาสตร์

3) ความเข้าใจในค่านิยมและสมมติฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนญาณวิทยาของวิทยาศาสตร์

7.4 มิติที่ 4 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี โดยมีความอยากรู้อยากเห็น เปิดกว้างกับวิทยาศาสตร์ และยินดีมีส่วนร่วมกับวิทยาศาสตร์

1) ความตั้งใจในพัฒนาความสามารถและค่านิยมโดยอิงกับความก้าวหน้าทางประชาธิปไตยและการบรรลุเป้าหมายของตน

2) ทัศนคติแบบมีส่วนร่วมเชิงรุกในการเปิดรับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) ตระหนักรู้ เห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์และวิธีการของวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์สู่สังคม

4) ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และแรงจูงใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์

7.5 มิติที่ 5 ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

1) สามารถสะท้อนคิดได้อย่างมีวิจารณญาณ ในการแก้ปัญหาร่วมกันและปรับแนวคิดในการแนวทางแก้ไขปัญหาให้เหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์แวดล้อม

2) มีความสามารถในทางปฏิบัติ โดยมีความสามารถในการเก็บความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่อาจนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติ

3) มีความสามารถในการจัดระเบียบและประเมินข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

7.6 มิติที่ 6 ความเข้าใจและการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับสังคม

1) เข้าใจในปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม รวมถึงประวัติศาสตร์ วัตถุประสงค์ และข้อจำกัดที่สำคัญของวิทยาศาสตร์

2) มุมมองทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างผลผลิต การตีความ การสื่อสาร การเจรจาต่อรองเพื่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจและการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสังคม

8. แนวคิดของซูโวโนและคณะ

ซูโวโนและคณะ (Suwono et al. (2022, p.7-9) ได้ศึกษาและรายงานเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในประเทศอินโดนีเซียที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่าองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กันและสะท้อนให้เห็นถึงมุมมองในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูได้ 8 องค์ประกอบ ดังนี้

8.1 อภิปัญญา (Metacognitive) เกี่ยวกับการตระหนักรู้และควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง

8.2 ธรรมชาติและหน้าที่ของวิทยาศาสตร์ (Nature and function of science) ได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและบทบาทของวิทยาศาสตร์

8.3 วิทยาศาสตร์ในฐานะกิจกรรมของมนุษย์ (Science as human endeavor) ได้แก่ มุมมองที่เห็นวิทยาศาสตร์เป็นผลงานของมนุษย์

8.4 นิสัยทางปัญญา (Habits of mind) ได้แก่ วิธีคิดและทักษะทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

8.5 ความสนใจในวิทยาศาสตร์ (Interest in science) ได้แก่ ทัศนคติและแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

8.6 การสอนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The teaching of scientific literacy) ได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

8.7 ความรับผิดชอบต่อสังคมและจริยธรรม (A sense of moral and social responsibility) ได้แก่ การตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม

8.8 จริยธรรมในวิทยาศาสตร์ (Ethics in science) ได้แก่ หลักจริยธรรมในการทำงานด้านวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดของนักวิชาการที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าลักษณะองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะที่หลากหลายแตกต่างกันไปตามมุมมองของนักวิชาการ และคุณลักษณะที่สังคมของวิทยาศาสตร์ต้องการสำหรับนำไปใช้สร้างความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในบริบทต่าง ๆ ในส่วนงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป เพื่อใช้เป็นขอบเขตของตัวแปรที่เหมาะสมกับบริบทการเรียนการสอน รวมถึงนำไปใช้กำหนดเป็นตัวแปรในการวัดและสร้างเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยต่อไป

การสังเคราะองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและนำมาสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป สรุปแยกเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)

จากเอกสารที่ศึกษาสรุปได้ว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งประกอบด้วยเจตคติ ทัศนคติ และค่านิยมที่สนับสนุนการเรียนรู้และการปฏิบัติตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนถึงความสนใจใฝ่รู้ ความอยากรู้อยากเห็น แรงจูงใจ ความตั้งใจ ความตระหนักรู้ ความเปิดกว้าง ความซื่อสัตย์/จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อการใช้เหตุผลและหลักฐาน โดยแนวคิดที่ได้จากการศึกษาจากเอกสารมีสาระสำคัญดังนี้

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2013, p. 138-146) เสนอแนวคิดว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความอยากรู้อยากเห็น ความซื่อสัตย์ทางวิชาการ การเปิดใจกว้าง และยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์และการเปลี่ยนแปลงความคิดเมื่อมีหลักฐานใหม่

ไฟส์และคณะ (Fives et al., 2014, p. 553-559) ได้เสนอว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแรงจูงใจและความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ รับรู้และตระหนักถึงความสามารถของตนเองในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) ได้กล่าวถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นด้านความเต็มใจในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

OECD (2017, p. 25) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 21) นำเสนอแนวคิดเจตคติโดยเน้นเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกผ่านความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น ความอยากรู้ ความตั้งใจ ความสนใจในวิทยาศาสตร์ ฯลฯ รวมถึงความตระหนักและเห็นคุณค่าของวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสม และการรับรู้และตระหนักถึงประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110) เน้นองค์ประกอบเกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์ โดยเน้นเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ค่านิยม และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, น. 215-224) เน้นองค์ประกอบเกี่ยวเจตคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความตั้งใจพัฒนาความสามารถและการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์เชิงบวก โดยมีแรงจูงใจ ความอยากรู้อยากเห็น มีทัศนคติที่เปิดกว้าง ตระหนักรู้ และยินดีมีส่วนร่วมกับวิทยาศาสตร์

ซูโวโนและคณะ (Suwono et al., 2022, p.7-9) เน้นถึงความสนใจในวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบต่อสังคมและจริยธรรม

ผลการสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิจัย แสดงดังตารางที่ 2.2

จากสาระสำคัญที่วิเคราะห์ได้ นำมาสังเคราะห์โดยการรวมองค์ประกอบที่มีความหมายเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน พิจารณาความถี่ในการกล่าวถึงขององค์ประกอบแต่ละตัว นำมาจัดโครงสร้างใหม่ จากองค์ประกอบหลักไปสู่องค์ประกอบย่อย แล้วสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปแยกเป็นองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบย่อย ได้แก่

1) ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย ความอยากรู้ ความมุ่งมั่น และความกระตือรือร้น

2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยการรับรู้และตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตระหนักในหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ และตระหนักถึงผลที่เกิดจากวิทยาศาสตร์ทั้งทางบวกและทางลบ

3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ทัศนคติเชิงบวก การมีส่วนร่วม และใจกว้างในการรับฟังความคิดเห็น

จากองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยนำไปใช้กำหนดเป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับในการวิจัยต่อไป

2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Understanding the Nature of Science)

องค์ประกอบนี้เกี่ยวข้องกับความเข้าใจถึงลักษณะเฉพาะและกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้วิทยาศาสตร์ได้มาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ อาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ และมีบริบททางสังคมเกี่ยวข้อง ฯลฯ แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดรากฐานที่สำคัญในของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยแนวคิดที่ได้จากการศึกษาจากเอกสารมีสาระสำคัญดังนี้

ตารางที่ 2.2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์	**เลเดอร์แมนและคณะ**	**ไฟส์และคณะ**	**เดิร์กส์และไนท์**	**องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ**	**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**	**สำนักงานวัดนิติบัญญัติ**	**คอสตาและคณะ**	**ซู่ไวและคณะ**	**องค์ประกอบที่ใช้**
1. ความสนใจใฝ่รู้ในวิทยาศาสตร์									
1.1 ความอยากรู้อยากเห็น	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.2 ความมุ่งมั่น				✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.3 ความกระตือรือร้น		✓				✓	✓	✓	✓
2. การรับรู้และตระหนักทางวิทยาศาสตร์									
2.1 การรับรู้ในคุณค่าของวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
2.2 การตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
2.3 ความตระหนักในจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
2.4 ความตระหนักในผลจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ทั้งทางบวกและลบ	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.5 ความเชื่อในวิทยาศาสตร์		✓							
2.6 ความซื่อสัตย์	✓								
3. ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์									
3.1 ทัศนคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.2 ความเต็มใจมีส่วนร่วมทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
3.3 ความใจกว้าง รับฟังความคิดเห็น	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2013, p. 138-146) ได้เสนอแนวคิดว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) โดยมีความเข้าใจในลักษณะและกระบวนการของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงข้อจำกัดและการเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science-Technology-Society relationships) ประกอบด้วยความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาเทคโนโลยีและการแก้ปัญหาสังคม

ไฟส์และคณะ (Fives et al., 2014, p. 553-559) ได้เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความเข้าใจในโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยรับรู้และเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่สำคัญ เช่น คำถามที่ตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่ในบริบทด้านวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ รวมถึงความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม

เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) เน้นการประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) ได้เสนอแนวคิดว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความเข้าใจบริบทที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้อง ตั้งแต่ระดับส่วนบุคคล ท้องถิ่น/ประเทศ และระดับโลก ทั้งในปัจจุบันและอดีต รวมถึงมีความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี (ความรู้เชิงเนื้อหา) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสร้างแนวคิดเหล่านี้ (ความรู้เชิงกระบวนการ) และความเข้าใจเหตุผลพื้นฐานของกระบวนการและการอธิบายเหตุผล (การใช้ความรู้เชิงญาณวิทยา)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 21) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก และทฤษฎีสำคัญที่ทำให้เกิดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของโลก และสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี (ความรู้ด้านเนื้อหา) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการในการสร้างแนวคิดต่าง ๆ (ความรู้ด้านกระบวนการ) และความเข้าใจในเหตุผลพื้นฐานของกระบวนการสร้างความรู้ (ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้)

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110) ได้สรุปลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วยความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี สังคม สิ่งแวดล้อม และความเป็นมนุษย์ ซึ่งมีความเข้าใจถึงผลกระทบที่มีต่อกันและกัน

คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยมิติด้านการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมถึงความสัมพันธ์กับวัฒนธรรมและญาณวิทยา เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และข้อจำกัดที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ การแยกแยะระหว่างวิทยาศาสตร์กับไม่ใช่วิทยาศาสตร์

ซูโวโนและคณะ (Suwono et al. (2022, p.7-9) ได้เสนอแนวคิดว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความเข้าใจในอภิปัญญา (Metacognitive) เกี่ยวกับการตระหนักรู้และควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง ความเข้าใจธรรมชาติและหน้าที่ของวิทยาศาสตร์ รวมถึงมุมมองวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษย์

จากสาระสำคัญที่วิเคราะห์ได้ นำมาสังเคราะห์โดยการรวมองค์ประกอบที่มีความหมายเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน พิจารณาความถี่ในการกล่าวถึงขององค์ประกอบแต่ละตัว นำมาจัดโครงสร้างใหม่ จากองค์ประกอบหลักไปสู่องค์ประกอบย่อย แล้วสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ แยกเป็นองค์ประกอบของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบย่อย (ตารางที่ 2.3) ได้แก่

1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นสำคัญ ดังนี้

1.1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบและมนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้

1.2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามที่ไม่สามารถยืนยันด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์หรือมีลักษณะเป็นนามธรรม

1.3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นสำคัญ ดังนี้

2.1) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought Experiment) เป็นต้น

2.2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

2.3) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมานลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัด

ตารางที่ 2.3 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	เลเดอร์แมนและคณะ	ไฟส์และคณะ	เดิร์กส์และไนท์	องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	สำนักงานราชบัณฑิตยสภา	คอสตาและคณะ	ซูไวโนและคณะ	องค์ประกอบที่ใช้
1. ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์									
1.1 เข้าใจข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
1.2 การเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓					✓	✓
1.3 ความรู้วิทยาศาสตร์ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
2. ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์									
2.1 เข้าใจกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.2 ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์	✓	✓	✓	✓	✓				✓
2.3 เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์/การอธิบายทางวิทยาศาสตร์				✓	✓		✓	✓	✓
3. ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์									
3.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.2 เข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
3.3 เข้าใจหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	✓		✓	✓	✓				✓

3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นสำคัญ ดังนี้

3.1) วิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ แยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

(2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

(3) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ ทักษะ ความเชื่อและเจตคติของบุคคล ซึ่งส่งผลต่อมุมมองในลักษณะอัตวิสัย

จากองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยนำไปใช้กำหนดเป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับในการวิจัยต่อไป

3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการสำรวจค้นคว้า และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อตอบคำถามหรือแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยแนวคิดที่ได้จากการศึกษาจากเอกสารมีสาระสำคัญดังนี้

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2013, p. 138-146) ได้เสนอแนวคิดว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถในสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการระบุถึงการตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล ทักษะกระบวนการ เช่น การสังเกต การวัด และการตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นลักษระของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความสามารถในการใช้เหตุผล และความสามารถในการรคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ไฟส์และคณะ (Fives et al., 2014, p. 553-559) ได้เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถในการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การระบุตัวแปร และประเมินข้อสรุป รวมถึงประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ได้

เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การออกแบบการทดลอง การควบคุมตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลอง ฯลฯ การโต้แย้งโดยใช้หลักฐานเพื่อนำไปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการใช้เหตุผลเชิงปริมาณเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 21) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การประเมินกระบวนการ แปลความหมายข้อมูล การตีความข้อมูลและหลักฐาน ฯลฯ

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110) ได้สรุปลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วยทักษะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ความสามารถในทางปฏิบัติ โดยมีความสามารถในการเก็บความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่อาจนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติได้ รวมถึงการสะท้อนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ซูโวโนและคณะ (Suwono et al. (2022, p.7-9) ได้เสนอแนวคิดว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยนิสัยทางปัญญาและอภิปัญญาที่สนับสนุนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

จากสาระสำคัญที่วิเคราะห์ได้ นำมาสังเคราะห์โดยการรวมองค์ประกอบที่มีความหมายเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน พิจารณาความถี่ในการกล่าวถึงขององค์ประกอบแต่ละตัว นำมาจัดโครงสร้างใหม่ จากองค์ประกอบหลักไปสู่องค์ประกอบย่อย แล้วสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ โดยสรุปแยกเป็นองค์ประกอบของความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 องค์ประกอบย่อย (ตารางที่ 2.4) ได้แก่

1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล

3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยนำไปใช้กำหนดเป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับในการวิจัยต่อไป

4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท แยกเป็นองค์ประกอบย่อย ได้แก่ 1) ความสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท 2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท และ 3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2013, p. 138-146) ได้เสนอแนวคิดว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน โดยรับรู้และให้สอดคล้องกับ และความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ไฟส์และคณะ (Fives et al., 2014, p. 553-559) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน สามารถระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานของการตัดสินใจเชิงนโยบายในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติได้

ตารางที่ 2.4 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	**เลเดอร์แมนและคณะ**	**ไฟส์และคณะ**	**เดิร์กส์และไนท์**	**องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ**	**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**	**สำนักงานราชบัณฑิตยสภา**	**คอสตาและคณะ**	**ซู้ไวและคณะ**	**องค์ประกอบที่ใช้**
1.ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์									
1.1 สามารถตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
1.2 สามารถออกแบบหรือเลือกวิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้	✓	✓	✓	✓	✓				✓
1.3 สามารถเก็บข้อมูล วิเคราะห์และตีความหลักฐานเชิงประจักษ์ได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
2. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์									
2.1 สามารถสร้างข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
2.2 สามารถอ้างเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้	✓	✓	✓	✓	✓				✓
2.3 สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล			✓	✓	✓				✓
3. ด้านการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์									
3.1 สามารถคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.2 สามารถคิดอย่างเหตุผลและมีวิจารณญาณ	✓	✓	✓			✓	✓		✓
3.3 สามารถแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	✓	✓					✓		✓

เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ ความสามารถในการใช้ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เพื่อตีความปรากฏการณ์

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 21) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในบริบทต่าง ๆ โดยมีการรับรู้และตอบสนองสถานการณ์ตามบริบท ทั้งในระดับส่วนตัว ระดับชาติ และระดับโลก

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110) ได้สรุปลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วยความสามารถในการใช้ความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการดำเนินชีวิตและตัดสินใจในประเด็นทางสังคม โดยตอบสนองอย่างเหมาะสมกับความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับส่วนอื่น ๆ ได้แก่ ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี สังคม สิ่งแวดล้อม และความเป็นมนุษย์ ซึ่งมีความเข้าใจถึงผลกระทบที่มีต่อกันและกัน

คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) เสนอว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสังคม สามารถสะท้อนคิดได้อย่างมีวิจารณญาณ ในการแก้ปัญหาร่วมกันและปรับแนวคิดในการแนวทางแก้ไขปัญหาให้เหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์แวดล้อม ความสามารถในการจัดระเบียบและประเมินข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

ซูโวโนและคณะ (Suwono et al. (2022, p.7-9) ได้เสนอแนวคิดว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย การตอบสนองความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ อย่างมีความรับผิดชอบต่อสังคมและจริยธรรม ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่าการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท เป็นการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตจริง แก้ปัญหา ตัดสินใจ และพัฒนาเป็นองค์ประกอบโดยคำนึงถึงบริบทซึ่งมีความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคมและเทคโนโลยี ซึ่งสามารถสรุปแยกองค์ประกอบของการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท เป็น 3 องค์ประกอบย่อย (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบทที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท	**เลเดอร์แมนและคณะ**	**ไฟส์และคณะ**	**เดิร์กส์และไนท์**	**องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ**	**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**	**สำนักงานราชบัณฑิตยสภา**	**คอสตาและคณะ**	**ซูไวโนและคณะ**	**องค์ประกอบที่ใช้**
1. ด้านความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจ									
1.1 มีองค์ความรู้และทักษะที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.2 ประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.3 มีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอในการศึกษาและการสอน	✓							✓	✓
2. ด้านการตอบสนองต่อบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท									
2.1 วิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการพัฒนาด้านเทคโนโลยี และสังคมในบริบทต่าง ๆ ทั้งด้านบวกและด้านลบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
2.2 เทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาสังคมในสถานการณ์ต่าง ๆ ด้านบวกและด้านลบ	✓	✓	✓	✓	✓				✓
2.3 บุคคลและสังคมมีอิทธิพลสำคัญต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี				✓	✓				✓

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

องค์ประกอบด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท	เลเดอร์แมนและคณะ	ไฟส์และคณะ	เดิร์กส์และไนท์	องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	สำนักงานราชบัณฑิตยสภา	คอสตาและคณะ	ซูโวโนและคณะ	องค์ประกอบที่ใช้
3. ด้านการตอบสนองต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง									
3.1 ตอบสนองต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.2 ตอบสนองบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
3.3 ตอบสนองต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน	✓		✓	✓	✓				✓

จากตารางที่ 2.5 เป็นการนำสาระสำคัญที่วิเคราะห์มาสังเคราะห์โดยการรวมองค์ประกอบที่มีความหมายเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน พิจารณาความถี่ในการกล่าวถึงขององค์ประกอบ นำมาจัดโครงสร้างใหม่ขององค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากองค์ประกอบหลักไปสู่องค์ประกอบย่อย แล้วสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบเมื่อนำมาสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ดังนี้

1) ความสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท

1.1) มีองค์ความรู้และทักษะที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

1.2) ประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

1.3) มีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอในการศึกษาและการสอน

2) ด้านการตอบสนองต่อบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท

2.1) วิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการพัฒนาด้านเทคโนโลยี และสังคมในบริบทต่าง ๆ ทั้งด้านบวกและด้านลบ

2.2) เทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาสังคมในสถานการณ์ต่าง ๆ ด้านบวกและด้านลบ

2.3) บุคคลและสังคมมีอิทธิพลสำคัญต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3) ด้านการตอบสนองต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

3.1) ตอบสนองต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์

3.2) ตอบสนองบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ

3.3) ตอบสนองต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน

จากองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยนำไปใช้กำหนดเป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับในการวิจัยต่อไป

ผลการวิเคราะห์และสรุปสาระสำคัญเพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบเป็นภาพรวม แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบหลัก	(1) ลีเดอร์แมนและคณะ	(2) ไฟวส์ และคณะ	(3) เดิร์กและไนท์
1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์	1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น การเปิดใจกว้าง และความซื่อสัตย์ทางวิชาการ การยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์	1) มีแรงจูงใจ 2) มีความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ 3) เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ 4) รับรู้ความสามารถของตนเอง	1) มีความเต็มใจในการประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ 2) มีความเต็มใจในการมีส่วนร่วมทางวิทยาศาสตร์
2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2) แนวคิดหลัก ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์	1) เข้าใจโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยสะท้อนวิธีการของวิทยาศาสตร์ในแง่ (ก) คำถามที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์ (ข) ธรรมชาติของกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์	1) การประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ
3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1) การคิดเชิงวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ 2) ความสามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์	1) สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และออกแบบการทดลอง 2) สร้างและใช้แบบจำลอง 3) การใช้เหตุผลเกี่ยวกับตัวแปรเชิงปริมาณ เมื่อเข้าถึงหรือแก้ปัญหา หรือเมื่อแปลผลหรือสถานการณ์ 4) โต้แย้งโดยใช้หลักฐาน 5) วิเคราะห์และประเมินข้อมูล
4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท	1) การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ 2) การประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 3) ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	1) มีความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ในแขนงต่างๆ 2) ใช้ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานของการตัดสินใจเชิงนโยบายในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติ	1) ความสามารถในการใช้ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เพื่อตีความปรากฏการณ์ 2) สร้างคำอธิบายโดยการใช้สื่อธรรมชาติหรือที่ออกแบบเอง ใช้ระบบ ปรากฏการณ์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในบริบทที่เหมาะสม

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

องค์ประกอบหลัก	(4) โออีซีดี	(5) สสวท.	(6) สำนักงานราชบัณฑิตยสภา
1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์	1) ความสนใจต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) การเห็นคุณค่าของวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) การรับรู้และตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม	1) การตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วยความสนใจ 2) ให้ความสำคัญกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) การรับรู้และตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม	1) มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 2) มีค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ 3) มีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ 4) มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์
2. ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1) ความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก	1) ความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก และทฤษฎีที่สำคัญ	1) มีความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) การแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์	1) สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) การแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยาน	1) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) ทักษะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท	1) รู้ทฤษฎีวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่สำคัญ 2) การรับรู้สถานการณ์รอบตัวในระดับบุคคล ระดับชาติ และระดับโลก 3) มีความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	1) รู้ทฤษฎีสำคัญที่ทำให้เกิดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 2) การรับรู้สถานการณ์รอบตัวในระดับบุคคล ระดับชาติ และระดับโลก 2) มีความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	1) มีความสามารถในการใช้ความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการดำเนินชีวิตและตัดสินใจในประเด็นทางสังคม 2) มีความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี สังคม สิ่งแวดล้อม และความเป็นมนุษย์ ซึ่งมีผลกระทบต่อกันและกัน

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

องค์ประกอบหลัก	(7) คอสตาและคณะ	(10) ซูโวโนและคณะ	แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย
1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์	1) ตั้งใจพัฒนาความสามารถและค่านิยมที่เปิดกว้าง 2) ตระหนักรู้เห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์และวิธีการของวิทยาศาสตร์ 3) มีทัศนคติแบบมีส่วนร่วมเชิงรุกในการเปิดรับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) มีแรงจูงใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์	1) ความรับผิดชอบต่อสังคมและจริยธรรม 2) จริยธรรมในวิทยาศาสตร์ 3) ความรับผิดชอบต่อสังคมและจริยธรรม	1) ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) การรับรู้และความตระหนักทางวิทยาศาสตร์ 3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์
2. ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1) แยกแยะระหว่างวิทยาศาสตร์กับไม่ใช่วิทยาศาสตร์ 2) มีความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1) ธรรมชาติและหน้าที่ของวิทยาศาสตร์ 2) วิทยาศาสตร์ในฐานะกิจกรรมของมนุษย์ มุมมองที่เห็นวิทยาศาสตร์เป็นผลงานของมนุษย์	1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์
3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1) ความสามารถในการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ 2) มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา	1) ใช้กระบวนการทางอภิปัญญา 2) วิธีคิดและทักษะทางปัญญา	1) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล 3) ความสามารถในการคิดทางวิทยาศาสตร์และแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

องค์ประกอบหลัก	(7) คอสตาและคณะ	(10) ซูโวโนและคณะ	แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย
4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท	2) สามารถประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์โดยการมีส่วนร่วมอย่างมีเหตุผลอย่างในระดับที่เหมาะสมในสังคมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3) ความเข้าใจและการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับสังคม 4) มีความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีข้อมูลในประเด็นทางสังคมและวิทยาศาสตร์	1) การสอนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	1) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาในบริบท 2) ตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมได้เหมาะสมกับบริบท 3) เข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาสังคมมนุษย์ในบริบทต่าง ๆ

องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย

จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาในเอกสารวิชาการ ผู้วิจัยได้นำองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้มากำหนดเป็นองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนซึ่งเกิดจากแรงขับ ความคิด ความเข้าใจ และทัศนคติ ซึ่งมีอิทธิพลหรือส่งผลต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมที่มีต่อการเรียนรู้ปรากฏการณ์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในบริบทต่าง ๆ ในระดับบุคคลและระดับสังคมในระดับต่าง ๆ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีผลต่อใช้แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในบริบทต่าง ๆ ลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ควรประกอบด้วยลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่ดี เช่น ความอยากรู้ ความมุ่งมั่น กระตือรือร้น ความรอบคอบ ความซื่อสัตย์ การเปิดใจกว้าง การยอมรับความคิดเห็น ฯลฯ เช่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งควรความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Lederman et al., 2013, p. 138-146; OECD, 2017, p.22; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2562, น. 110; Costa et al., 2021, p. 215-224) มีการรับรู้และตระหนักในวิทยาศาสตร์ ให้ความสำคัญและเต็มใจในการเข้าร่วมกิจการวิทยาศาสตร์และประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ และสามารถชี้นำการศึกษาวิทยาศาสตร์ไปสู่การพัฒนาแนวคิดสากลที่ลึกซึ้ง ให้สมบูรณ์ และขยายการศึกษาไปตลอดชีวิต (Fives et al., 2014, p. 553-559; Dirks & Knight, 2016, p. 242; OECD, 2017, p. 25; สำนักงานราชบัณฑิตยสถา, 2562, p. 110; Costa et al., 2021, p. 215-224) และมีทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Fives et al., 2014 :553-559; OECD, 2017, p. 25; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 110; Costa et al. 2021, p. 215-224) ซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ประโยชน์

จากแนวคิดที่กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบหลักทั้งหมด 3 องค์ประกอบ โดยมีองค์ประกอบย่อยทั้งหมด 9 องค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด ดังนี้

1) ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity) หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนด้านความสนใจอยากรู้อยากเห็น ความต้องการที่จะรู้หรือเสาะแสวงหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่ตนสนใจ รวมถึงความมุ่งมั่นในการค้นพบสิ่งใหม่ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 150) โดยคุณลักษณะของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปด้านความสนใจใฝ่รู้ที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1.1) มีความอยากรู้ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์

1.2) มีความมุ่งมั่นพยายามในการหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.3) มีความกระตือรือร้นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2) การรับรู้ (Perception) และความตระหนักทางวิทยาศาสตร์ (Awareness) หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนด้านการรับรู้ ความเข้าใจ การยอมรับและเห็นคุณค่าในประโยชน์ที่เกิดจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์โดยยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์โดยไม่เพิกเฉยต่อบทบาทและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ต่อชีวิตประจำวันและสังคม เพื่อให้การปฏิบัติงานและผลงานที่ได้มีคุณค่า ไม่เกิดโทษต่อบุคคลหรือสภาพแวดล้อม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 151) ทั้งการรับรู้และความตระหนักเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้บุคคลเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์และตอบสนองต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัวด้วยความเชื่อและค่านิยม ส่งผลให้เกิดการปฏิบัติโดยยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การปฏิบัติงานและผลงานที่ได้มีคุณค่า ไม่เกิดโทษต่อบุคคลหรือสภาพแวดล้อม ในการวิจัยนี้กำหนดคุณลักษณะของผู้เรียนในด้านการรับรู้และความตระหนักรู้ ดังนี้

2.1) รับรู้และตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการอธิบายปรากฏการณ์และแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ รอบตัว เช่น การเกิดฝุ่นพิษ

2.2) ตระหนักในความสำคัญของหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์

3.3) ตระหนักถึงผลที่เกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ทั้งทางบวกและทางลบ

3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitudes toward Science) หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดภายในจิตใจของผู้เรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ มีความสนใจในคุณค่าในวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความโน้มเอียงที่จะแสดงพฤติกรรมออกมาในทางบวก (ความคิดและความเห็นของบุคคลมีต่อวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก) ซึ่งมีผลให้เกิดพฤติกรรมและการแสดงออกในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์หรือกิจการ

ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ความรู้สึกที่เกิดภายในจิตใจของผู้เรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ มีความสนใจในคุณค่าในวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความโน้มเอียงที่จะแสดงพฤติกรรมออกมาในทางบวก (ความคิดและความเห็นของบุคคลมีต่อวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก) ซึ่งมีผลให้เกิดพฤติกรรมและการแสดงออกในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์หรือกิจการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การมีส่วนร่วม ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์และข้อโต้แย้งที่มีเหตุมีผลของผู้อื่น ฯลฯ องค์ประกอบสำคัญมีดังนี้

3.1) ชื่นชอบเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2) มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มใจ

3.3) มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์และข้อโต้แย้งที่มีเหตุมีผลของผู้อื่น

องค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดนี้ ผู้วิจัยนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิจัยต่อไป

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นหลักการหรือแนวคิดที่เกิดจากการผสมผสานองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาวิทยาศาสตร์ ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำใช้ในการแสวงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยความรู้ วิธีการ เจตคติ ค่านิยม และความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ อันนำไปสู่การประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ หรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องเข้าใจลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นสามารถอธิบายได้โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่มนุษย์ค้นพบ ซึ่งต้องใช้หลักฐานอ้างอิงและการอธิบายเหตุและผล อย่างไรก็ตามความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักฐานที่สนับสนุน การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มนุษย์กิจกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ในบริบทต่าง ๆ ตามยุคสมัย มนุษย์จึงมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบความรู้ร่วมกันเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่มนุษย์ ทั้งในระดับบุคคล ระดับสังคม และระดับโลก (Fives et al., 2014, p. 553-559; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2562, น. 110) โดยต้องนำแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปบูรณาการเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ใช้ในการตัดสินใจ รวมถึงเข้าใจในค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ได้ (Costa et al., 2021, p. 215-224) จากการวิเคราะห์ลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลมีความเกี่ยวข้องกับความเข้าใจในแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งครอบคลุมด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหรือหลักการพื้นฐานของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งใช้สำหรับแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและสรุปองค์ประกอบสำหรับการวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย ดังนี้

1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจและมีทัศนะทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องต่อปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจในประเด็นต่อไปนี้

1.1) ปรากฏการณ์ใด ๆ ในโลก สามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยวิทยาศาสตร์เปิดกว้างในการแสวงหาหลักฐานมาใช้ในการอธิบายเหตุผลจนเกิดความรู้ใหม่

1.2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม เนื่องจากคำตอบในทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมในการยืนยันข้อสรุปอย่างมีเหตุมีผล

1.3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อหลักฐานข้อเท็จจริงเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมย่อมส่งผลให้ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปจนเกิดความรู้ใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสมมากกว่าความรู้เดิม

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการสืบเสาะที่มีหลากหลายวิธีซึ่งต้องตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้โดยใช้ข้อมูลหลักฐาน ซึ่งอาจได้มาเชิงประจักษ์หรือได้จากการค้นพบโดยผู้อื่นนำมาทำความเข้าใจวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ และสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามอย่างมีเหตุมีผล มีการเชื่อมโยงเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น และสื่อสารคำอธิบายหรือสิ่งที่ค้นพบให้ผู้อื่นทราบ ซึ่งคุณลักษณะของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความรู้ความเข้าใจในประเด็นต่อไปนี้

2.1) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีวิธีการที่หลากหลาย เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอด ความค้นพบด้วยความบังเอิญ เป็นต้น

2.2) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์มาเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุผลโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

2.3) การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้การอนุมานลงความเห็นโดยใช้หลักฐานซึ่งได้จากการสังเกตและการวัดที่มีความถูกต้อง แม่นยำ ปราศจากความลำเอียงเพื่อนำมาอธิบายอย่างมีเหตุผล

3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งแยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงร่วมกันในองค์กรต่าง ๆ เป็นสังคมที่มีความซับซ้อน รวมถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับสังคม มีประเด็นที่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ดังต่อไปนี้

3.1) มีความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งแยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

3.2) มีความเข้าใจการดำเนินงานของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน เช่น นักวิทยาศาสตร์จากหลายแขนงต้องทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายเพื่อศึกษาปัญหาโลกร้อน ฯลฯ

3.3) มีความเข้าใจในการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้ที่ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่มีความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยสามารถตั้งคำถามและสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ ออกแบบวิธีการและลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการและทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น ออกแบบ สร้างและใช้แบบจำลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การโต้แย้งโดยใช้หลักฐาน ฯลฯ นำหลักฐานมาสร้างข้อสรุปและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุผล (Dirks & Knight, 2016, p. 242; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2562, น. 110; Costa et al., 2021, p. 215-224) รวมถึงมีความสามารถในการคิดในเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์ การให้เหตุผล ฯลฯ และสามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ (Fives *et al*., 2014, p. 553-559; Dirks & Knight, 2016, p. 242; Suwono et al., 2022, p.7-9) จนสามารถตกผลึกความรู้เกิดเป็นแนวคิดหรือเข้าใจแนวคิดใหญ่ (Big Ideas) ของวิทยาศาสตร์ (Yore *et al*., 2007, p. 568-569) และการใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจได้ (Lederman et al., 2013, p. 138-146; Dirks & Knight, 2016, p. 242; สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2562, น. 110; Costa et al., 2021, p. 215-224)

ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแก้ปัญหาในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยได้นำสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สามารถออกแบบหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และปฏิบัติการสืบเสาะ เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิง

ประจักษ์หรือหลักฐานสำหรับใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และสร้างข้อสรุปเป็นคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงอย่างมีเหตุผล และสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ในการสืบเสาะหาความรู้และตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้ที่ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ สามารถนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะส่งเสริมให้วิทยาศาสตร์เกิดคุณค่าและมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาสังคมมนุษย์ให้มีความก้าวหน้าได้อย่างสอดคล้องกับสังคม ในการนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับบริบทรอบตัวนั้นผู้ที่ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอและถูกต้อง ครอบคลุมทฤษฎี กฎ หลักการ ความคิดรวบยอด และข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง (Lederman et al., 2013, p. 138-146; OECD, 2017, p. 25; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; Costa *et al*. 2021, p. 215-224) สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ตีความ สร้างแบบจำลอง หรืออธิบายปรากฏการณ์ในบริบทรอบตัวได้ สามารถออกแบบเทคโนโลยีได้ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยมีความเข้าใจและสามารถตอบสนองสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เป็นอย่างดี ทั้งในระดับบุคคล ระดับสังคม และระดับโลก (Lederman et al., 2013, p. 138-146; Fives et al., 2014, p. 553-559; OECD, 2017, p. 25; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 110; Costa *et al*. 2021, p. 215-224)

การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท หมายถึง การนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยตอบสนองต่อบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในบริบทได้อย่างเหมาะสม และมีความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ควรมีคุณลักษณะในประเด็นดังนี้

1) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ มีความรอบรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในบริบท และความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอต่อการกระยุกต์ใช้ในการศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์

2) การตอบสนองต่อบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท หมายถึง การนำความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมไปใช้ในการตัดสินใจและตอบสนองได้เหมาะสมตามบริบท ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสามารถตอบสนองต่อบทบาทคของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ ตอบสนองต่อบทบาทของการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ และตอบสนองต่อบทบาทของสังคมในบริบทที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง หมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทและความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการพัฒนาสังคมมนุษย์ให้เกิดความยั่งยืนในระดับบุคคล ระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก โดยไม่เกิดผลในทางลบต่อมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ต่อการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทใกล้ตัวของมนุษย์ บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ และบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน

แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ผู้สอนต้องใช้รูปแบบการเรียนสอนที่เหมาะสม และสอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งออสบอร์น (Osborne, 2007, p. 177) ได้ให้แนวคิดในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ควรมีเป้าหมายหลักที่สำคัญ 4 ประการ คือ 1) ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เน้นสร้างความเข้าใจให้ผู้เรียนเกิดความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2) ด้านการคิด มุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการให้เหตุผลเชิงวิพากษ์ทางวิทยาศาสตร์ 3) ด้านการแสวงหาความรู้ เน้นพัฒนาความเข้าใจวิธีการและกระบวนการในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงค่านิยม และนัยของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านสังคมและอารมณ์ เน้นส่งเสริมการมีส่วนร่วมโดยให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันโดยผู้สอนชี้แนะและกระตุ้นให้เกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้ ซึ่งการพัฒนาตามเป้าหมายดังกล่าวให้ผลดี ผู้สอนต้องมีองค์ประกอบสำคัญ คือ 1) มีความรู้และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้สอน ผู้สอนต้องมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ 2) ผู้สอนปรับเปลี่ยนบทบาทของ

ตนเอง จากเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ไปเป็นผู้ชี้แนะและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ 3) ผู้สอนต้องปรับวิธีการสื่อสาร โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิด และโต้ตอบหรือร่วมอภิปราย 4) ผู้สอนปรับเป้าหมายการเรียนรู้ โดยเปลี่ยนจากการเน้นความรู้ไปสู่การพัฒนาทักษะการใช้เหตุผล และ 5) ปรับกิจกรรมในห้องเรียนให้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนปฏิบัติด้วยตนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ก, น. 14) กล่าวว่าแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในแต่ละเรื่องต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียนให้มีลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ โดยมีแนวทางสรุปดังนี้

1) มุ่งเน้นการพัฒนาทางสติปัญญา การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยคำนึงว่าผู้เรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญาและการคิดและเกิดการเรียนรู้อย่างไร นำมาออกแบบการจัดการเรียนการสอนตามวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างสอดคล้องเหมาะสม และผู้สอนต้องสามารถระบุได้ว่าผู้เรียนมีการพัฒนาทางด้านสติปัญญาและการคิดอยู่ในระดับใดเพื่อการเพิ่มความก้าวหน้าทางสติปัญญาของผู้เรียน

2) สร้างความเข้าใจทางด้านสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่

2.1) ระดับเริ่มต้น เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงข้อมูลต่าง ๆ โดยการสังเกตสามารถบอกถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ สามารถทำนายเหตุการณ์อันอาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติ

2.2) ระดับสูง สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับธรรมชาติได้ สามารถลงความเห็นและเสนอแนะรูปแบบ หรือกฎเกณฑ์เกี่ยวกับธรรมชาติได้แล้วใช้รูปแบบนั้นในการอธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ รูปแบบนั้น อาจเป็นรูปแบบอย่างง่ายเป็นรูปธรรมหรือเป็นแบบที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม

2.3) ระดับสูงสุด เป็นการจัดความสัมพันธ์ของกฎเกณฑ์และรูปแบบของมโนมติหรือทฤษฎีต่าง ๆ ให้รวมเป็นระบบที่แสดงลาดับแนวคิดความต่อเนื่อง เพื่อจัดเป็นโครงสร้างทางทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) กระตุ้นให้เกิดการมีชีวิตจิตใจเป็นวิทยาศาสตร์ พลังของจิตใจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้คนเป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้ที่มีชีวิตจิตใจเป็นวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ที่มีเหตุผล มีจิตใจเข้มแข็งที่จะต่อสู้เพื่อการมีสุขภาพที่แข็งแรง มีการดำรงชีวิตที่ดี ยินดีแลกเปลี่ยนความคิด สติปัญญากับมนุษย์ชาติในโลกให้ ทันสมัย การสอนคนให้มีจิตใจเป็นวิทยาศาสตร์ได้ เริ่มต้นที่เป็นผู้มีจิตใจเป็นวิทยาศาสตร์ก่อน ผู้สอนต้องเป็นผู้ที่สนใจสิ่งแวดล้อม มีความมั่นใจในความสามารถที่จะเรียนรู้สิ่งแวดล้อม ผู้สอนสามารถแสดงออกได้โดยการกระทำในลักษณะที่สะท้อนความเป็นผู้มีจิตวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสืบเสาะหาคำตอบโดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรมีความกระตือรือร้นในการเสาะแสวงหาความรู้ไปพร้อม ๆ กับผู้เรียน

และผู้สอนสามารถยกระดับความคิด และความเป็นนักวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยเลือกปัญหาหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนพบกับความสำเร็จในการสืบเสาะหาความรู้ และเป็นการสร้างความมั่นใจแก่ผู้เรียนในการที่จะทากิจกรรมที่ท้าทายความสามารถต่อไป การจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้สามารถทำให้ผู้เรียนมีจิตใจเป็นนักวิทยาศาสตร์ได้

4) กระตุ้นกระบวนการคิดหาเหตุผล การสืบเสาะหาความรู้นั้นถือเป็นกระบวนการที่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและการมีจิตเป็นนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ และเกิดเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และให้เกิดลักษณะและจิตใจของนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนควรต้องจัดให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนต้องมีโอกาสในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จัดกระทำ ตีความหมาย และใช้ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมคิดหาเหตุผลเพื่อที่จะเกิดความเข้าใจสิ่งแวดล้อมและเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ เช่น การไม่เชื่อโชคลางและสิ่งที่ผิดจากธรรมชาติว่าเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์

ในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับบริบท รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมานั้น ผู้สอนต้องมีเทคนิควิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิผลที่ดี (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2557, น. 35) ได้รวบรวม ประสบการณ์ของการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นความฉลาดรู้สำหรับผู้เรียนที่เน้นด้านวิทยาศาสตร์ และสำหรับผู้เรียนที่ไม่ได้เน้นทางด้านวิทยาศาสตร์ และสรุปแนวคิดซึ่งเป็นเทคนิควิธีการที่สามารถการนำไปใช้สอนวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1) เน้นกรอบความคิดสร้างความเข้าใจ เนื่องจากความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เน้นความเข้าใจ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นที่ผู้เรียนสามารถใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ผู้สอนจะต้องเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ที่ตนเองรับผิดชอบมีความเกี่ยวข้องกับผู้เรียนและชีวิตประจำวันอย่างไร และเน้นย้ำในเรื่องนี้มากกว่า ไม่ควรเน้นการคำนวณ หรือการใช้เทคนิคขั้นสูง หรือศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของผู้เรียนที่ไม่ได้เน้นวิทยาศาสตร์

2) เน้นปฏิสัมพันธ์ บรรยากาศการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเป็นลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ทั้งระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนและระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง การสนทนาโต้ตอบเพื่อให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องอาศัยหลักฐานในการสร้างแนวคิด เช่น การสร้างแนวคิดเรื่องกฎใดกฎหนึ่งจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเชื่อมโยงหลักฐาน และอธิบายแนวคิดที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปสู่กฎทางวิทยาศาสตร์

3) ลดรายละเอียดและเน้นแนวคิดสำคัญ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ควรให้ข้อมูลกับผู้เรียนมากนัก ควรให้ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อให้มองเห็นความเชื่อมโยงเพื่อสร้างแนวคิดรวบยอดที่เป็นไปตามจุดประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนในครั้งนั้น การให้รายละเอียดที่มากเกินไปจะทำ

ให้ผู้เรียนไม่สามารถจับประเด็นสำคัญของการเรียนรู้ในครั้งนั้น ๆ ได้ การเรียนการสอนต้องมีการจัดลำดับเนื้อหา เพื่อให้เห็นความต่อเนื่อง แสดงลักษณะของการเป็นแบบแผนหรือลำดับของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสอนเรื่องเซลล์ เรื่องเนื้อเยื่อ เรื่อง อวัยวะ และระบบอวัยวะ ตามลำดับ หรือการสอนเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน

4) ต้องมีความทันสมัย การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องทันยุคทันสมัย แต่ต้องมีการย้อนแนวคิดเดิมเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของแนวคิดในเชิงประวัติของวิทยาศาสตร์ เหตุผลของการปรับเปลี่ยนหรือต่อยอดแนวคิดดังกล่าว เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยหลักฐานที่มาสนับสนุนแนวคิดใหม่และการยอมรับแนวคิดใหม่ว่ามีความสมบูรณ์และนาไปใช้ได้ดีกว่าแนวคิดหรือหลักการเดิม

5) ต้องมีความเชื่อมโยงกับสังคม สิ่งสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างใดอย่างหนึ่ง คือ การจัดการเรียนการสอนควรสะท้อนให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนต้องยกประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สอนหรือแนวคิดสำคัญของการเรียนในครั้งนั้น ๆ โดยการเชื่อมโยงต้องแสดงให้เห็นถึงการมีส่วนร่วมของวิทยาศาสตร์ในการแสดงหลักฐานข้อมูล เพื่อนำไปสนับสนุนการตัดสินใจเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

สรุปได้ว่าในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนโดยมีเป้าหมายให้เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบท 2) ความสามารถหรือสมรรถนะในการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ที่สอดคล้องตามบริบทโดยมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และมีทักษะในคิดเพื่อปรับใช้ความรู้ที่ได้ไปสู่การดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสม และ 3) มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย และแปรผันไปตามความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ในการจัดการเรียนการสอนจึงต้องมุ่งพัฒนาสติปัญญาให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยใช้สมรรถนะและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการประยุกต์ตามบริบท จนเกิดเป็นสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ติดตัวไปในอนาคต การเรียนการสอนที่ดีจึงควรเน้นการสร้างความเข้าใจ เน้นปฏิสัมพันธ์ ไม่เน้นเนื้อหาที่มากเกินไป แต่ควรเน้นความคิดรวบยอดหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จะได้จากการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ โดยควรประยุกต์การเรียนการสอนให้สอดคล้องไปกับปริบทที่ทันสมัยหรือสอดคล้องกับความจำเป็นเชื่อมโยงกับสังคม อันจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดมุมมองในการนำสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้ไปประยุกต์แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองตามความต้องการจำเป็นในบริบท

การวัดและประเมินผลด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. หลักการ

การวัดและประเมินผลเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ผู้สอน และผู้เรียนทราบผลที่เกิดจากการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ เนื่องจากความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดในการพัฒนาผู้เรียนจากมุมมองด้านนโยบายซึ่งต้องการพัฒนาผู้เรียนในลักษณะองค์รวม การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องอาศัยสารสนเทศที่ได้การวัดจากหลาย ๆ ส่วนเพื่อนำมาประเมินบ่งชี้ความสำเร็จของการเรียนการสอน ในการประเมินความสำเร็จของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในลักษณะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นการประเมินโดยใช้ความฉลาดรู้เป็นฐาน (Literacy-based assessment) ซึ่งเป็นกระบวนการได้มาซึ่งสารสนเทศที่แสดงถึงระดับความสามารถในการนำความรู้และทักษะที่เรียนรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การทำงานและการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ โดยมีฐานจากการรู้หนังสือ การอ่านออกเขียนได้ และการคิดคำนวณ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 80) ประเทศไทยได้รับแนวคิดในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากโครงการ Program for International Students Assessment หรือ PISA ก่อตั้งขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นหน่วยงานในระดับนานาชาติที่ทำหน้าที่ประเมินความฉลาดรู้โดยเฉพาะเพื่อติดตามระดับความฉลาดรู้ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA ต้องการหาตัวชี้วัดว่านักเรียนเรียนรู้ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดีเพียงใด ทั้งนี้เพื่อหาคำตอบให้กับระดับนโยบายและระดับปฏิบัติในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประเด็นหลักที่ PISA ให้ความสำคัญในการประเมินผลวิทยาศาสตร์ คือ การประเมินผลต้องให้ความชัดเจนกับสมรรถนะที่เหมาะสมกับผู้เรียนว่า ควรรู้อะไร ทำอะไรได้ และให้คุณค่ากับอะไรบ้าง ภายในขอบเขตของบริบทส่วนตัว บริบทของสังคม และบริบทของโลก ซึ่งประเด็นนี้อาจแตกต่างจากการเรียนการสอนและการประเมินผลตามปกติในสถานศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข, น. 12-20)

กรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ บริบทของวิทยาศาสตร์ ความรู้ สมรรถนะ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน การทดสอบจะอยู่ในรูปของสถานการณ์ที่หลากหลายในชีวิตจริง เกี่ยวข้องกับตนเอง ท้องถิ่น ประเทศ หรือสถานการณ์ของโลก เพื่อให้ผู้เรียนใช้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทุกด้าน เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามอย่างสมเหตุสมผล การแก้ปัญหาจะทำได้ดีเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความรู้และเจตคติต่าง ๆ ที่แต่ละคนมีอยู่

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละบุคคลจะมีระดับและรูปแบบที่แตกต่างกัน และจะถูกนำไปใช้ในวิถีชีวิตไปตลอดชีวิต ทัศนคติและค่านิยมต่อวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในโรงเรียนจะเป็นตัวกำหนดพัฒนาการของบุคคลในความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เมื่อเป็นผู้ใหญ่ (National Research Council, 1996, p. 23) ได้จำแนกความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามระดับความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1) ระดับพื้นฐาน มีความรู้และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างจำกัด สามารถใช้ความรู้ได้เพียงเพื่อแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตประจำวัน สามารถสื่อสาร อ่าน และรับฟังข้อมูลที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ แต่ยังขาดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2) ระดับกลาง สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ระบุเหตุและผล ตัดสินปัญหาบนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐาน สามารถสื่อสารความคิดได้อย่างชัดเจน โดยใช้ศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี รวมถึงเข้าใจวิทยาศาสตร์ ในระดับองค์รวมของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3) ระดับสูง เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ชื่นชมประโยชน์ของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักและเต็มใจ ที่จะเข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ให้ข้อคิดเห็น หรือแม้แต่ผลักดันนโยบายที่เกี่ยวข้องกับ การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในปัจจุบัน ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็นมิติตามแนวคิดของ Bybee's Dimension Scientific Literacy ซึ่งได้เสนอลักษณะของความเข้าใจที่เกิดจากพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยจำแนกออกเป็น 4 ระดับ (Costa et al., 2021, p. 201) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับ 1 ระดับรู้จำ (Nominal scientific literacy) เป็นความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ใช้ความจำ หรือรู้เพียงชื่อ หรือหัวข้อทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่มีความเข้าใจในระดับที่ชัดเจน และยังมีความคิดรวบยอดที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

2) ระดับ 2 ระดับสามารถนำไปใช้ (Function scientific literacy) เป็นความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สามารถจดจำคำนิยามที่เหมาะสม มีความรู้ที่ยังจำกัดและมีความเข้าใจบางส่วนยังไม่สมบูรณ์

3) ระดับ 3 ระดับแนวคิดและขั้นตอนกระบวนการ (Conceptual and procedural literacy) เป็นความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ ในระดับที่มีความสามารถและเข้าใจว่ากระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การถามปัญหา การออกแบบเพื่อตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสม การพัฒนาคำอธิบายและรูปแบบการใช้หลักฐานและคำอธิบาย คำอธิบายที่หลากหลาย และตระหนักถึงการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบาย

4) ระดับ 4 ระดับหลายมิติ (Multidimensional literacy) เป็นระดับที่มีความเข้าใจสามารถพัฒนามุมมองทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งรวมถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและสังคม

หากผู้เรียนขาดความสามารถจนถึงระดับที่บุคคลนั้น ๆ ไม่เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือไม่สามารถใช้ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องตอบคำถามอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ไม่รู้คำศัพท์ แนวคิด บริบท หรือไม่มีความสามารถในการคิดเพื่อระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั้น จัดว่าเป็นผู้ที่ไม่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific illiteracy)

2. วิธีการในการสร้างแบบประเมินตามวิธีการ Rubric Scoring

การสร้างแบบประเมินตามวิธีการ Scoring Rubric ในแต่ละขั้นตอนตามลำดับดังนี้ (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2564, น. 2)

1) กำหนดและนิยามองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย การกำหนดและนิยามทั้งองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย ต้องอาศัยการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการประเมิน ซึ่งสามารถประมวลจากหลากหลายแนวคิดหรือจากการปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับว่าเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน นิยามขององค์ประกอบหลักจะนำไปสู่การกำหนดองค์ประกอบย่อยในการประเมินและนิยามขององค์ประกอบย่อยจะนำไปสู่การกำหนดตัวบ่งชี้ของการประเมิน

2) กำหนดตัวบ่งชี้และนิยามตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบย่อย การกำหนดตัวบ่งชี้ของการประเมินจะอาศัยนิยามขององค์ประกอบย่อยว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง และการนิยามตัวบ่งชี้ต้องอาศัยแนวคิดทฤษฎีหรือแนวปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน การกำหนดตัวบ่งชี้จะนำไปสู่การกำหนดรายการประเมินและจากนิยามของตัวบ่งชี้จะนำไปสู่การกำหนดคำอธิบายเกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินแต่ละรายการประเมิน

3) กำหนดรายการประเมินของแต่ละตัวบ่งชี้ การกำหนดรายการประเมินในแบบประเมินนั้นจะอาศัยการกำหนดตัวบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบย่อยในการประเมินว่ามีอะไรบ้าง บางตัวบ่งชี้สามารถใช้เพียง 1 รายการประเมิน บางตัวบ่งชี้อาจต้องใช้รายการประเมินมากกว่า 1 รายการขึ้นอยู่กับนิยามของตัวบ่งชี้ว่ากล่าวถึงอะไรมีเพียงประเด็นเดียวหรือมีหลายประเด็น

4) กำหนดคำอธิบายเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละรายการประเมินคำอธิบายเกณฑ์การให้คะแนนจะอาศัยหลักการของ Scoring Rubric คือกำหนดเป็นมาตรประมาณค่า (Rating scale) โดยจะมีจำนวนระดับการประเมิน 1-3, 1-4 หรือ 1-5 ระดับ ขึ้นอยู่กับรายการประเมินนั้นสามารถพิจารณาได้ละเอียดมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยนิยามของตัวบ่งชี้ในการกำหนดระดับการประเมินที่ได้คะแนนสูงสุด และปรับคำอธิบายเกณฑ์การให้คะแนนที่มีระดับคุณภาพลดลงไปแต่ละระดับคุณภาพ

เป็นระดับการประเมินที่ได้คะแนนน้อยลงตามลำดับ คำอธิบายเกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินความสามารถ (Ability) หรือทักษะ (Skills) ของบุคคล สามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะดังนี้

(1) เกณฑ์การประเมินแบบองค์รวม (Holistic scoring rubrics) เป็นการพิจารณาที่ระดับคุณภาพของการปฏิบัติงาน ผลงานหรือชิ้นงาน ในลักษณะภาพรวม

(2) เกณฑ์การประเมินแบบพิจารณารายละเอียด (Analytic scoring rubrics) เป็นการพิจารณาที่คุณภาพของผลการปฏิบัติงาน ผลงานหรือชิ้นงาน ในลักษณะการพิจารณารายละเอียด

แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

ที่มาและความสำคัญของแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นมาจากแนวคิดปรัชญาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา โดยเริ่มขึ้นในวงการปรัชญา สังคมวิทยา และประวัติศาสตร์ในชุมชนการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ นำไปสู่การตอบคำถาม ประยุกต์แก้ปัญหา หรือใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการ โดยในช่วงต้นทศวรรษ 1900 เริ่มมีแนวคิดที่เน้นความเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในช่วงทศวรรษ 1960 เริ่มให้ความสำคัญกับทักษะการค้นคว้าและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต่อมาในช่วงทศวรรษ 1970 ได้มีการกำหนดแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน โดยระบุลักษณะสำคัญของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และตั้งแต่ทศวรรษ 1980 เป็นต้นมา ได้นำปัจจัยทางจิตวิทยาและสังคมวิทยามาใช้ในแนวคิด เน้นความเข้าใจในธรรมชาติเชิงประจักษ์และการเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Lederman, 1992, p. 331-332)

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สำหรับประชาชนทั่วไปและผู้เรียนซึ่งไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ (Lederman & Lederman, 2014, p. 615) โดยหลักการของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และความสนใจในวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงการตัดสินใจแก้ปัญหา (Driver et al., 1996, p. 8; McComas et al., 2002, p. 3) ซึ่งจะส่งเสริมให้บุคคลเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารและมีปฏิสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์รอบ ๆ ตัว นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน การแก้ปัญหา ตลอดจนการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องในระดับท้องถิ่น และระดับชาติ เป็นที่ยอมรับว่าความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) เป็นองค์ประกอบสำคัญของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ตัดสินใจในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม (McComas et al., 2002, p. 3-5) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึง

มีความสำคัญมากกว่าความรู้วิทยาศาสตร์ในเชิงเนื้อหา (Perkins-Gough, 2007, p. 8-15) และมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาคนให้มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ การพัฒนาเศรษฐกิจ ฯลฯ (Thomas & Durant, 1987, p. 1-14)

จากบทบาทความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมา จึงมีการนำแนวคิดและหลักการของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อปฏิรูปการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ และมีการก่อตั้งโครงการ “Project 2061” เมื่อปี 1989 โดยสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ซึ่งโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยให้ประชาชนทุกคนเป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (American Association for the Advancement of Science, 2022) แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้รับความสนใจและถูกบรรจุให้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ในหลาย ๆ ประเทศ (Laugksch, 2000, p. 71; McComas & Olson, 2002, p. 41) ในส่วนของประเทศไทยได้เริ่มนำเอาหลักการของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบรรจุเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545, น. 16) เป็นต้นมา ทั้งนี้เพื่อให้ครูวิทยาศาสตร์ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลาง มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เรียนวิทยาศาสตร์แล้วสามารถนำไปพัฒนาตนเองจนเป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

นิยามและความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความหมายของคำว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

เอเคอร์สันและคณะ (Akerson et al., 2000, p. 295) กล่าวว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการได้มาซึ่งความรู้ ซึ่งมีกระบวนการที่แตกต่างจากศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2002, p. 498) กล่าวว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการอ้างถึงญาณวิทยาและสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ในฐานะวิธีแห่งความรู้ หรือค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แมคคอมัสและคณะ (McComas et al., 2002, p. 4-5) กล่าวว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง การผสมผสานการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน เช่น ด้านประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร นักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไร และสังคมมีปฏิกิริยาอย่างไรต่อวิทยาศาสตร์

กุศลิน มุสิกุล (2551, น. 66) กล่าวว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุปแนวคิด คำอธิบายที่บอกความหมายของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และงานด้านวิทยาศาสตร์กับสังคม ค่านิยม ข้อสรุปแนวคิด คำอธิบายเหล่านี้ จะผสมผสานกลมกลืนอยู่ในตัวความรู้วิทยาศาสตร์และการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์รวมถึงความเชื่อในเชิงปรัชญาเกี่ยวกับการกำเนิดธรรมชาติวิธีการและขอบเขตของความรู้ของมนุษย์ (Epistemology) และในเชิงสังคมวิทยา (Sociology)

สรุปได้ว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การผสมผสานหลักปรัชญาวิทยาศาสตร์ ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ เพื่อการแสวงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยความรู้ วิธีการ เจตคติ ค่านิยม และความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ อันนำไปสู่การประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ หรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวเป็นลักษณะที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นการเรียนรู้ค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด หรือคำอธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีหลักการทำงานอย่างไร งานด้านวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสังคมอย่างไร การได้มาซึ่งความรู้และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำได้อย่างไร ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนรู้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ในวิถีชีวิตได้

ลักษณะและองค์ประกอบสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แมคคอมัส กล่าวว่าลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นไม่ได้มุ่งศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยตรงเหมือนวิทยาศาสตร์ แต่มุ่งศึกษาสังคมวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยบุคคลที่อุทิศตนทำหน้าที่เพื่อการทำความเข้าใจธรรมชาติให้ลึกซึ้งมากขึ้น โดยผู้ที่ศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาจากหลายสาขาวิชาที่มุ่งศึกษาวิทยาศาสตร์และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ในมุมมองของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์แล้ว คำว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใช้ในการอธิบายประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปรัชญาประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา และจิตวิทยาในวิทยาศาสตร์ และเป็นพื้นฐานในการกำหนดบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนในระดับต่าง ๆ (McComas (2002, p. 4-5) นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่มีบทบาทต่อแนวคิดนี้ ได้อธิบายองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

1. แนวคิดของสภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council)

สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next generation science standards) เพื่อใช้พัฒนาผู้เรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ (National Research Council, 2013, p. 98-100) ดังนี้

1) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี การสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ใช้วิธี เครื่องมือ และเทคนิคที่หลากหลายในการปรับปรุงและสร้างองค์ความรู้ใหม่ และไม่ได้ใช้ชุดขั้นตอนเดียวกันในการสืบเสาะเสมอไป โดยเทคโนโลยีใหม่มีส่วนช่วยพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้ก้าวหน้า ทำให้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะคือมีค่านิยมร่วมกัน ได้แก่ การคิดเชิงตรรกะ ความแม่นยำ ความเปิดกว้าง ความเป็นกลาง ความสงสัย ความสามารถในการทำซ้ำผลลัพธ์ และการรายงานผลการค้นพบอย่างซื่อสัตย์และมีจริยธรรม รวมถึงแนวปฏิบัติด้านสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องบูรณาการหลายศาสตร์เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับค่านิยม เครื่องมือ วิธีการ โมเดล และหลักฐานที่จะนำมาใช้

2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ วิทยาศาสตร์นั้นใช้หลักฐานในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีเหตุผล โดยเชื่อมโยงรูปแบบของหลักฐานกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานสนับสนุนที่น่าเชื่อถือ

3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่สนับสนุน คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เป็นไปได้สำหรับการอธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งโดยทั่วไปมีลักษณะคงทน แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักฐานใหม่และ/หรือการตีความใหม่ของหลักฐานที่มีอยู่ ตลอดจนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นรูปแบบของการอภิปรายเชิงตรรกะที่ใช้เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทฤษฎีและหลักฐานซึ่งอาจส่งผลให้ต้องแก้ไขคำอธิบาย

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กฎ กลไก และทฤษฎีนั้นมีบทบาทสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ทฤษฎีและกฎให้คำอธิบายในทางวิทยาศาสตร์ แต่ทฤษฎีจะไม่กลายเป็นกฎหรือข้อเท็จจริงเมื่อเวลาผ่านไป โดยกฎเป็นคำกล่าวหรือคำอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ ส่วนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายที่ได้รับการพิสูจน์แล้วอนุมานโดยอิงจากข้อเท็จจริงที่ได้รับการยืนยันซ้ำผ่านการสังเกตและการทดลอง ชุมชนวิทยาศาสตร์จะตรวจสอบทฤษฎีแต่ละทฤษฎีก่อนที่จะได้รับการยอมรับ หากพบหลักฐานใหม่ว่าทฤษฎีไม่รองรับ ทฤษฎีนั้นก็มักจะถูกดัดแปลงตามหลักฐานใหม่ โดยแบบจำลอง กลไก และคำอธิบายร่วมกันทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

5) วิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งในการแสวงหาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ วิทยาศาสตร์เป็นทั้งองค์ความรู้ที่แสดงถึงความเข้าใจปัจจุบันเกี่ยวกับระบบธรรมชาติและกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุง ขยายความ แก้ไข และขยายความรู้ดังกล่าว วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะ และแตกต่างศาสตร์อื่นๆ ผ่านการใช้มาตรฐานเชิงประจักษ์ การโต้แย้งเชิงตรรกะ และการทบทวนเชิงวิพากษ์วิจารณ์ รวมถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประวัติที่รวมถึงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงทฤษฎี แนวคิด และความเชื่อตามกาลเวลา

6) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถือเอาระเบียบและความสอดคล้องกันในระบบธรรมชาติ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานอยู่บนสมมติฐานที่ว่ากฎธรรมชาติยังคงทำงานอยู่ในปัจจุบัน เช่นเดียวกับในอดีตและจะยังคงดำเนินต่อไปในอนาคต และถือว่าจักรวาลเป็นระบบเดียวขนาดใหญ่ ซึ่งกฎพื้นฐานมีความสอดคล้องกัน

7) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลจากความพยายาม จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ โดยบุคคลและคณะบุคคลจากหลายประเทศและหลายวัฒนธรรมมีส่วนสนับสนุนวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางวิศวกรรม ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง และกิจการในศาสตร์นั้น มีอิทธิพลต่อธรรมชาติของการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์เหล่านั้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ก็มีอิทธิพลต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมได้รับอิทธิพลจากสังคม และสังคมก็ได้รับอิทธิพลจากวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

8) วิทยาศาสตร์ตอบคำถามเกี่ยวกับโลกธรรมชาติและโลกวัตถุ ซึ่งวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามทั้งหมดได้ โดยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาจก่อให้เกิดปัญหาทางจริยธรรมที่วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบหรือแนวทางแก้ไขได้ด้วยตัวเอง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์บ่งชี้ถึงสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบธรรมชาติ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจริยธรรม ค่านิยม และการตัดสินใจของมนุษย์เกี่ยวกับการใช้ความรู้ และการตัดสินใจหลายอย่างไม่ได้ทำโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยบริบททางสังคมและวัฒนธรรมในการแก้ไขปัญหาด้วย

2. แนวคิดของแมคคอมมัส

แมคคอมัส (McComas, 2017, 73-74) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) โดยแบ่งองค์ประกอบ เป็น 3 กลุ่มหลักดังนี้

1) ด้านเครื่องมือ กระบวนการ และผลผลิตของวิทยาศาสตร์

1.1) หลักฐานเป็นพื้นฐานในการสร้างและสนับสนุนข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ โดยหลักฐานอาจมาจากการสังเกต การทดลอง หรือการอนุมานทางอ้อมที่มีความน่าเชื่อถือ

1.2) วิทยาศาสตร์มีวิธีการที่หลากหลายในการแสวงหาความรู้

1.3) กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ที่มีความสำคัญเท่าเทียมกันแต่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยกฎเป็นข้อสรุปรวมหรือรูปแบบที่พบในธรรมชาติ ส่วนทฤษฎีเป็นคำอธิบายกฎหรือปรากฏการณ์นั้นๆ โดยทฤษฎีไม่ได้พัฒนาไปเป็นกฎเมื่อมีหลักฐานมากขึ้น

2) ด้านองค์ประกอบด้านมนุษย์ในวิทยาศาสตร์

2.1) วิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงกระบวนการทางตรรกะเท่านั้น แต่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ด้วย

2.2) วิทยาศาสตร์มีความเป็นปรนัย

2.3) วิทยาศาสตร์และองค์ประกอบด้านสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อกันและกัน โดยวิทยาศาสตร์ไม่ได้แยกขาดจากสังคม

3) ด้านขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3.1) วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีความแตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์มุ่งอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์มุ่งแก้ปัญหาและสร้างสิ่งประดิษฐ์

3.2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ และมีความคงทน

3.3) วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามทุกอย่างได้ โดยเฉพาะคำถามทางจริยธรรมหรือปรัชญาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม

การเข้าใจองค์ประกอบเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีมุมมองที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่อไป

3. แนวคิดของสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (AAAS)

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (American Association for the Advancement of Science: AAAS) ได้จำแนกองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561ก, น. 6-10) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ด้านที่ 1 โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดในธรรมชาติทั้งบนโลกและนอกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงมีมุมมองเฉพาะตัวเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งอาจแตกต่างจากมุมมองของศาสตร์อื่น ๆ แนวคิดเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจและมีมุมมองให้ถูกต้อง แนวคิดที่สำคัญมีดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561ก, น. 6)

1.1) ปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ บนโลก หรือในเอกภพที่เกิดขึ้นอย่างเป็นแบบรูป (Pattern) นั้น มนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยสติปัญญา โดยใช้วิธีการศึกษาที่เป็นระบบผนวกกับการใช้ประสาทสัมผัสและเครื่องมือต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสิ่งต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจได้ และคำถามใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้เสมอ เมื่อมีข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้นก็จะทำให้มนุษย์เข้าใจและเข้าใกล้ความจริงของปรากฏการณ์นั้น ๆ มากยิ่งขึ้น

1.2) ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้จากการสังเกต การทดลอง การสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดรอบคอบและเป็นระบบเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสิ่งที่สนใจ แต่ระหว่างการทำงานก็มักเกิดคำถามใหม่ขึ้นตลอดเวลาไม่มีสิ้นสุด ส่งผลให้มีการปรับปรุงหรือคิดค้นวิธีการใหม่ในการค้นหาคำตอบ และอาจได้หลักฐาน (Evidence) ใหม่ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบาย หรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นสิ่งใหม่ได้

1.3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน และเชื่อถือได้ แม้ว่าความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องทำซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่งจนไม่มีหลักฐานใหม่ ๆ มาหักล้างแนวคิดหรือคำอธิบายนั้น รวมถึงได้รับการตรวจสอบอย่างเข้มข้นจากสังคมนักวิทยาศาสตร์จนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้จนกว่าการค้นพบหลักฐานหรือความรู้ใหม่จึงก็จะลบล้างความรู้เดิมได้

1.4) ทฤษฎีและกฎมีความแตกต่างกันแต่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งกฎและทฤษฎีเป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญเสมอกัน โดยกฎ (Law) เป็นแบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาติ ส่วนทฤษฎี (Theory) เป็นคำอธิบายแบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาตินั้น ๆ เช่น การใช้ทฤษฎีพลังงานจลน์ของอนุภาคมาอธิบายแบบรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิตามกฎของชาร์ล เป็นต้น

1.5) วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม เนื่องจากวิทยาศาสตร์เชื่อถือข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สิ่งต่าง ๆ ในโลกหลายสิ่งยังไม่สามารถสังเกตหรือไม่มีเครื่องมือวัด หรือไม่สามารถเก็บหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ เช่น ความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณ สิ่งลี้ลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ โชคชะตา หรือโหราศาสตร์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงไม่สามารถให้คำตอบหรืออธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องเหล่านี้ที่ชัดเจนได้

2) ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical evidence) จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์ เป็นการทำงานเพื่อสืบเสาะหาคำอธิบายสิ่งที่สนใจ ทั้งโดยส่วนตัวและร่วมกันของกลุ่มคนที่มีความสนใจเดียวกัน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการค้นหาคำตอบที่สนใจผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ แต่มีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว มีลักษณะความหมายที่กว้างกว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์

หลักการของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญดังกล่าวมาข้างต้น ซึ่งในการสืบเสาะค้นหาความจริงในธรรมชาตินั้น ความจริงใด ๆ หากเกิดภายใต้เงื่อนไขหรือปัจจัยที่เหมือนเดิม ลักษณะที่ปรากฏก็จะเกิดซ้ำในลักษณะเดิม ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงอาจต้องสืบเสาะซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อพิสูจน์ความจริง หรือตอบคำถาม อาจเกิดคำถามใหม่ที่ต้องสืบเสาะหาคำตอบต่อไป หมุนวน

เช่นนี้เป็นวัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561ก, น. 9)

(1) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Evidence) การสร้างคำอธิบายหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical evidence) จากการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง หรือวิธีอื่น ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำซ้ำได้ และมีความถูกต้อง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใดที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคม ก็จะได้รับการยอมรับและเผยแพร่ให้ คนทั่วไปในสังคมได้เรียนรู้ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่การค้นพบจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคมอาจต้องใช้เวลานาน เช่น แม้ว่าไอสไตน์ ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. 1905 แต่กว่าทฤษฎีนี้จะได้รับการยอมรับจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้เวลาถึง 14 ปี

(2) วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์ (Logic) จินตนาการ (Imagination) และการคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกมนุษย์จะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผล (Logic) เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์เข้ากับข้อมูลอื่น ๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลหลักฐานทุติยภูมิ (Secondary data source) ที่ได้จากการสืบค้นเพื่อสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุป หลายครั้งที่การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังต้องใช้จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์

(3) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์ นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ความน่าเชื่อถือของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่ไม่เคยค้นพบมาก่อน นอกจากวิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้ววิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการทำนายซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการพยากรณ์ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ในอนาคตหรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน

(4) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง ข้อมูลหลักฐานมีความสำคัญอย่างมากในการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะถามตัวเองก่อนเสมอว่ามีหลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวคิดนี้ การรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ปราศจากความลำเอียงอันเกิดจากตัวผู้สังเกต กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีการที่ใช้การตีความหมาย หรือการรายงานข้อมูล

(5) วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น วิทยาศาสตร์เชื่อว่าบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนใด มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งหน้าที่การงานสูงอย่างไร ก็ไม่มีอำนาจตัดสินว่าอะไรคือความจริง ไม่มีใครมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่น ๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกค้นพบ ต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถตรวจสอบได้ และหากแนวคิดใหม่นั้น

ถูกต้องกว่าแนวคิดเดิม ก็ย่อมได้รับการยอมรับ แม้ว่าแนวคิดเดิมจะถูกค้นพบโดยผู้ไม่มีชื่อเสียง แนวคิดใหม่สามารถแทนที่ความรู้เดิมที่ค้นพบโดยคนมีชื่อเสียงก็ได้

3) ด้านที่ 3 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise)

กิจการทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษยชาติ ซึ่งมีหลายมิติทั้งในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร โดยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่กระทำอาจเป็นสิ่งที่แบ่งแยกยุคสมัยต่าง ๆ ออกจากกันอย่างชัดเจน หลักการสำคัญของกิจการทางวิทยาศาสตร์ มีดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561ก, น. 10)

(1) วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งในระบบสังคมของมนุษย์ ดังนั้นปัจจัยต่าง ๆ ในสังคมมีผลต่อการสนับสนุนหรือขัดขวางกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น เรื่องราว ในประวัติศาสตร์ ความเชื่อตามหลักศาสนา วัฒนธรรมและค่านิยมของสังคม หรือสถานะทางสังคม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การโคลนนิ่ง (Cloning) เป็นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สนใจและเห็นว่ามีประโยชน์ แต่ในเชิงสังคมแล้วเรื่องนี้ยังเป็นเรื่องที่มีข้อโต้แย้งอย่างกว้างขวาง และมีการยอมรับจากสังคมที่หลากหลายแตกต่างกันไป

(2) วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร วิทยาศาสตร์ คือ การรวบรวมความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ จึงมีความหลากหลายและแตกเป็นแขนงต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ตามปรากฏการณ์ที่ศึกษาเป้าหมาย และเทคนิควิธีการที่ใช้ ซึ่งมีประโยชน์ในการจัดโครงสร้างการทำงานและข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ แต่แท้ที่จริงแล้ว ความรู้หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่มีเส้นแบ่ง หรือขอบเขตระหว่างแขนงต่าง ๆ โดยสิ้นเชิง ในทางกลับกัน อาจต้องเชื่อมโยงระหว่างแขนงความรู้ เช่น การอธิบายเกี่ยวกับการสร้างอาหารของพืช จะต้องใช้แขนง ความรู้ในเรื่องพืช พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน โมเลกุลและสารประกอบ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี นอกจากนี้ กิจการทางวิทยาศาสตร์ยังมีการดำเนินการในหลากหลายองค์กร เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ภาคธุรกิจอุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐบาล หรือองค์กรอิสระ แต่อาจมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน

(3) วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล ไม่การบิดเบือนข้อมูลหรือข้อค้นพบ การระวังอันตรายที่อาจเกิดจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือการนำผลการศึกษาไปใช้

(4) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์เฉพาะทาง แต่ในบางครั้งก็เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม ในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ความสนใจ ค่านิยม และความเชื่อส่วนตัว

(5) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน โดยวิทยาศาสตร์เน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อ

ตอบสนองต่อการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งในที่สุดความก้าวหน้าของเทคโนโลยีก็ส่งผลย้อนกลับต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

4. แนวคิดของสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ข, น. 15-16) ได้สรุปแนวคิดหลักเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐาน

2) ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้

3) ความรู้วิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งต้องอาศัยหลักฐานข้อมูลผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล

4) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี

5) การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งการสังเกตและการลงความเห็น

6) การสังเกตและลงความเห็นมีความแตกต่างกัน

7) การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยการลงความเห็นจากหลักฐานที่ได้โดยการสังเกต

8) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

9) วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคุณลักษณะนักวิทยาศาสตร์

10) วิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ การฝึกฝน ความเชื่อ ความรู้สึกนึกคิดของคน

11) วิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมการทำงานของมนุษย์ ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

12) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และวัฒนธรรมจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

13) กฎและทฤษฎีเป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน ทั้งกฎและทฤษฎีมีความสำคัญในการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

14) นักวิทยาศาสตร์จะทำงานเป็นกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนมุมมองและความเชี่ยวชาญโดยกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์อาจประกอบด้วยคนหลายเชื้อชาติ ทั้งหญิงชาย มีอายุ ที่แตกต่างกัน

15) การทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในภาพรวม โดยวิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาเทคโนโลยี และในขณะเดียวกันเทคโนโลยีก็จะส่งเสริมการทำงานด้านวิทยาศาสตร์

5. แนวคิดของเลเดอร์แมน และคณะ

เลเดอร์แมนและคณะ เป็นผู้มีบทบทบาทด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาของโลก ได้เสนอและปรับปรุงแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับบริบท ได้เสนอว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ดังนี้ (Lederman, 2020, p. 35-65)

1) ความรู้วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานหลักฐานเชิงประจักษ์ มนุษย์ได้ความรู้วิทยาศาสตร์จากการนำข้อมูลเชิงประจักษ์มาอนุมานเพื่อสร้างแนวคิดและคำอธิบายที่มีเหตุผลโดยใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ หรือสร้างเป็นแบบจำลองเชิงทฤษฎีเพื่อการอธิบายความเป็นจริงในปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2) ความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ ความรู้วิทยาศาสตร์ทั้งข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎ ล้วนเปลี่ยนแปลงได้ เป็นผลมาจากข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปตามหลักฐานใหม่ที่ถูกนำมาใช้กับทฤษฎีหรือกฎที่มีอยู่ หรือเป็นหลักฐานเก่าที่ได้รับการตีความใหม่ตามความก้าวหน้าทางทฤษฎีใหม่

3) นักวิทยาศาสตร์แสวงหาความรู้จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยใช้การสังเกตและการอนุมาน ซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยการสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ซึ่งทำให้ผู้สังเกตหลายคนสามารถบรรลุฉันทามติในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ได้ง่าย ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัดซึ่งไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส

4) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นถูกขับเคลื่อนโดยแนวคิดแบบอัตวิสัย เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานความรู้ ความเชื่อ และประสบการณ์ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ส่งผลต่อการทำงานและการตีความของนักวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงมีความเป็นอัตวิสัยอยู่ด้วย ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงต้องตรวจสอบความถูกต้องของวิธีดำเนินการตรวจสอบ หลักฐานเชิงประจักษ์ และวิธีให้ความหมายหรือตีความการสังเกต

5) ความแตกต่างระหว่างทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้คนละประเภทกัน ไม่ใช่ลำดับขั้นของความรู้ ทฤษฎีเป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานอ้างอิงที่ถูกต้องเช่นเดียวกับกฎ กฎเป็นคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ ส่วนทฤษฎีเป็นคำอธิบายโดยการอนุมานสำหรับปรากฏการณ์ที่สังเกตได้

6) วิทยาศาสตร์ฝังรากลึกในสังคมและวัฒนธรรม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากบริบททางสังคมและวัฒนธรรมในช่วงเวลาที่ความรู้นั้นถูกสร้างขึ้น โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลกระทบและได้รับผลกระทบจากองค์ประกอบต่างๆ และวัฏจักรทางปัญญาของวัฒนธรรมที่ความรู้นั้นฝังรากลึกอยู่

6. แนวคิดของอับดุลคาลิกและเลเดอร์แมน

อับดุลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalick & Lederman, 2023, p. 856-857) ได้สรุปแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ 10 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ความรู้วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่พื้นฐานหลักฐานเชิงประจักษ์ ความรู้วิทยาศาสตร์นั้นได้จากข้อสรุปที่กล่าวอ้างเหตุผลที่ได้จากแนวคิดจากทฤษฎีที่ซับซ้อน และหลักฐานที่ได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยผ่านการรับรู้ หรืออนุมานเพื่อตีความข้อมูลที่ได้จากการใช้เครื่องมือวัด

2) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมาน โดยมีความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการสังเกตและการอนุมาน การสังเกตเป็นข้อความบรรยายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ประสาทสัมผัสเข้าถึงได้และผู้สังเกตสามารถบรรลุฉันทามติได้อย่างง่ายดาย (เช่น วัตถุที่ปล่อยจากระดับพื้นดินมักจะตกลงสู่พื้น) ในขณะที่การอนุมานเป็นข้อความเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ประสาทสัมผัสไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง (เช่น วัตถุมักจะตกลงสู่พื้นเนื่องจาก "แรงโน้มถ่วง") โครงสร้างทางวิทยาศาสตร์ เช่น แรงโน้มถ่วง เป็นการอนุมานในความหมายที่ว่าสามารถเข้าถึงและ/หรือวัดได้ผ่านการแสดงออกหรือผลที่เกิดขึ้นเท่านั้น

3) วิทยาศาสตร์ต้องการความคิดสร้างสรรค์ วิทยาศาสตร์ไม่ใช่เป็นเพียงวิธีการเชิงเหตุผลหรือกิจกรรมเชิงระบบ แต่การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ยังเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ในการใช้คิดค้นคำอธิบายและสิ่งที่เป็นทฤษฎี ความสร้างสรรค์ถูกใช้ควบคู่ไปกับธรรมชาติของการอนุมานทำให้สิ่งที่เป็นวิทยาศาสตร์ (อะตอม แรงดึงดูด สปีชีส์ ฯลฯ) เป็นแบบจำลองเชิงทฤษฎีมากกว่าที่จะเป็นรูปแบบที่ตรงกับ "ความเป็นจริง"

4) วิทยาศาสตร์ขับเคลื่อนด้วยทฤษฎี ข้อตกลงทางทฤษฎีและความมุ่งมั่นของนักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความเชื่อ ความรู้เดิม การฝึกอบรม และความคาดหวังมีอิทธิพลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ปัจจัยพื้นฐานเหล่านี้ส่งผลให้นักวิทยาศาสตร์เลือกปัญหา วิธีการตรวจสอบ การสังเกตเก็บข้อมูล และการตีความ โดยได้รับอิทธิพลจากความเป็นปัจเจกหรือความคิดในลักษณะอัตวิสัย ซึ่งได้รับอิทธิพลจากมุมมองทางทฤษฎีบางประการอย่างหลีกเลี่ยงได้ยาก

5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ แม้ว่าเบื้องต้นนั้นจะเชื่อถือได้และมีลักษณะที่คงทน แต่ความรู้วิทยาศาสตร์ทุกประเภท เช่น ข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ ฯลฯ อาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่มาสนับสนุน หรือเมื่อหลักฐานเดิมถูกตีความในลักษณะใหม่ตามแนวคิดทางทฤษฎีใหม่หรือที่แก้ไข หรือเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและสังคม

6) ความเข้าใจผิดที่แพร่หลายเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อที่ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนที่ตายตัวเหมือนสูตรสำเร็จ ซึ่งคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพียงวิธีเดียวในการแสวงหาความรู้ที่ถูกต้อง เช่น สังเกต เปรียบเทียบ วัด ทดสอบ คาดเดา ตั้งสมมติฐาน ถกเถียง สร้างแนวคิดและ

เครื่องมือเชิงแนวคิด และสร้างทฤษฎีและคำอธิบาย ซึ่งไม่มีลำดับกิจกรรม (เชิงปฏิบัติ เชิงแนวคิด หรือเชิงตรรกะ) เดียวที่จะนำพวกเขาไปสู่ข้อเรียกร้องที่ถูกต้องได้อย่างแม่นยำ

7) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับว่าพิสูจน์แล้ว และมีความสอดคล้องภายในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่ง (1) ใช้ข้อมูลจากการสังเกตที่ได้จากการสืบเสาะในลักษณะที่หลากหลาย (2) สร้างคำถามและปัญหาการวิจัย และ (3) ชี้นำการสืบสวนในอนาคต ทฤษฎีมักจะขึ้นอยู่กับสมมติฐานหรือสัจพจน์ และการกำหนดสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ ดังนั้นบางครั้ง นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทดสอบโดยตรงได้ การยืนยันทฤษฎีจึงต้องใช้หลักฐานทางอ้อมในการสนับสนุนและยืนยันทฤษฎีโดยการอนุมาน

8) กฎทางวิทยาศาสตร์ กฎเป็นคำอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎีซึ่งเป็นคำอธิบายที่ได้จากการอนุมาน เป็นทั้งกฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการพิสูจน์แล้ว แต่ทฤษฎีและกฎไม่มีความสัมพันธ์กันตามลำดับชั้น

9) มิติทางสังคมของวิทยาศาสตร์ กระบวนการสร้างและยอมรับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์และการตกลงร่วมกันในสังคมวิทยาศาสตร์ โดยมิติดังกล่าวนี้หมายถึงค่านิยมที่ประกอบขึ้นซึ่งเกี่ยวข้องกับช่องทางการสื่อสารและการวิพากษ์วิจารณ์ที่จัดตั้งขึ้นภายในองค์กรทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ทำหน้าที่เพิ่มความเป็นกลางของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตรวจสอบร่วมกันเพื่อลดผลอิทธิพลของอัตลักษณ์และอัตวิสัยของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน

10) วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม วิทยาศาสตร์เป็นองค์กรของมนุษย์ที่ฝังตัวและปฏิบัติการในบริบทของสภาพแวดล้อมทางวัฒนธรรมที่ใหญ่กว่า ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงส่งผลกระทบและได้รับผลกระทบจากองค์ประกอบทางสังคมและวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงโครงสร้างทางสังคม มุมมองต่อโลก โครงสร้างอำนาจ ปรัชญา ศาสนา และปัจจัยทางการเมืองและเศรษฐกิจ ผลกระทบดังกล่าวปรากฏให้เห็นในหลาย ๆ ด้าน

7. แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เมื่อนำแนวคิดองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการมาสังเคราะห์โดยการรวมองค์ประกอบที่มีความหมายเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน พิจารณาความถี่ในการกล่าวถึงขององค์ประกอบ นำมาจัดโครงสร้างใหม่ แล้วสรุปเป็นแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อนำพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิจัย

แนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	NRC	McComus	AAAS	สสวท.	Laderman	Abd-El-Khalick & Lederman	แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย
1. วิทยาศาสตร์เป็นทั้งองค์ความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและกระบวนการในการแสวงหาความรู้	✓	-	-	✓	-	-	-
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานอยู่บนสมมติฐานที่ว่ากฎธรรมชาติทำงานอยู่ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต และจักรวาลเป็นระบบเดียวขนาดใหญ่ซึ่งกฎพื้นฐานมีความสอดคล้องกัน	✓	-	✓	-	-	-	-
4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีเหตุผลซึ่งต้องเชื่อมโยงและโต้แย้งโดยใช้ทฤษฎีร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผลและเพียงพอ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อาทิ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กฎ กลไก และทฤษฎี มีบทบาทสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ	✓	✓	✓	-	✓	-	✓
6. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่สนับสนุน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. วิทยาศาสตร์ตอบคำถามเกี่ยวกับโลกธรรมชาติและโลกวัตถุ ซึ่งวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามทั้งหมดได้	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓
8. ความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะคงทนและเชื่อถือได้	-	-	✓	-	-	-	-
9. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้จากการสังเกตและการอนุมาน ซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยการสังเกตเป็นคำอธิบายที่ได้จากข้อมูลจากประสาทสัมผัสโดยตรง ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายที่ได้จากข้อมูลทางอ้อม เช่น การวัด	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
10. การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดเชิงเหตุผล ร่วมกับการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อสร้างความรู้ใหม่	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

แนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	NRC	McComus	AAAS	สสวท.	Laderman	Abd-El-Khalick & Lederman	แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย
11. กฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน กฎจะบอกถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีแบบแผนที่แน่นอน ณ สภาวะใด ๆ แต่ทฤษฎีจะอธิบายที่มาหรือเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น ๆ กฎและทฤษฎีมีบทบาทสำคัญเท่าเทียมกัน โดยทฤษฎีไม่ได้ถูกพัฒนาไปเป็นกฎ	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
12. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน การกระบวนการสร้างและยอมรับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการปฏิสัมพันธ์และการตกลงร่วมกันในสังคมวิทยาศาสตร์ รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13. นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง	-	-	✓	-	-	-	-
14. กิจการทางวิทยาศาสตร์ยังมีการดำเนินการในหลากหลายองค์กร	-	-	✓	✓	✓	✓	-
15. ความรู้วิทยาศาสตร์ถูกขับเคลื่อนโดยแนวคิดแบบอัตวิสัย นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ โดยพยายามระบุ ตรวจสอบ และหลีกเลี่ยงความลำเอียง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน โดยวิทยาศาสตร์เน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิต	-	-	✓	✓	-	✓	-
17. วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีความแตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์มุ่งอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์มุ่งแก้ปัญหาและสร้างสิ่งประดิษฐ์	-	✓	-	-	-	-	-
18. วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น	-	-	✓	-	-	-	-

1) ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) ประกอบด้วย

1.1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบและมนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้ โดยการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์อาศัยหลักฐานการคิดวิเคราะห์ร่วมกับความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ เพื่อให้ได้คำตอบที่มีเหตุมีผล ความรู้วิทยาศาสตร์มีหลายประเภท เช่น กฎ ทฤษฎี ฯลฯ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผล ความรู้วิทยาศาสตร์แต่ละประเภทมีความสำคัญเท่าเทียมกัน แต่มีบทบาทแตกต่างกัน เช่น กฎมีหน้าที่อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีแบบแผนที่แน่นอน ณ สภาวะใด ๆ แต่ทฤษฎีจะอธิบายที่มาหรือเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น ๆ

1.2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามที่ไม่สามารถยืนยันด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ยืนยันได้ โดยเฉพาะคำถามทางจริยธรรมหรือปรัชญาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม

1.3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

2) ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

2.1) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought Experiment) เป็นต้น

2.2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

2.3) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมานลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสังเกตและการอนุมานลงข้อสรุปจะแตกต่างกัน การสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ซึ่งทำให้ผู้สังเกตหลายคนสามารถบรรลุฉันทามติในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ได้ง่าย ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัดซึ่งไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส

3) ด้านที่ 3 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise)

3.1) วิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ แยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

3.2) วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

3.3) วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ ทักษะ ความเชื่อ และเจตคติของบุคคล ซึ่งส่งผลต่อมุมมองในลักษณะอัตวิสัย ดังนั้นในการทำงานวิทยาศาสตร์ จึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

เทคนิคการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 นั้น มีเป้าหมายสำคัญขยายออกไปกว้างกว่าความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และวิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งเน้นในการสร้างผู้เรียนให้เป็นผู้ที่สามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการดำรงชีวิตในโลกอนาคตได้อย่างรู้เท่าทัน หรือเป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science literate person) ความเข้าใจหลักการของการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) เป็นหัวใจสำคัญของการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 2022; National Research Council, 1996, p. 10) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจึงเป็นคุณลักษณะประการหนึ่งของการเป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องมีคุณลักษณะ 3 ประการ ได้แก่ 1) มีความเข้าใจแนวคิด หลักการ ทฤษฎี 2) กระบวนการวิทยาศาสตร์ (Process of science) และ 3) เห็นคุณค่าของความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556, น. 137)

การส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) อับดุลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, p. 665) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1) การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างเป็นนัย (Implicit approach to teaching NOS) เน้นส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยนัย โดยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (เช่น การทดลอง การสำรวจ การตรวจสอบ และการทำโครงงาน) ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงหรือเน้นย้ำลักษณะสำคัญใด ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในกิจกรรมนั้นในระหว่างการทำกิจกรรม

1.2) การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดแจ้ง (Explicit approach to teaching NOS) เน้นส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมที่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติอย่างชัดแจ้ง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2) สิรินภา กิจเกื้อกูล (2556, น. 141) ได้รวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์งานวิจัยและเอกสาร เพื่อนำเสนอแนวทางการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ 3 วิธี ได้แก่

2.1) กรณีศึกษาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตามประวัติศาสตร์ (Historical case studies of error) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำเสนอภาพทางสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ (Sociology of science) ซึ่งจะใช้ตัวอย่างสถานการณ์ของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตที่ทำข้อผิดพลาดบางประการเกี่ยวกับการสำรวจหรือศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ และนักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจสอบ จนกระทั่งพบข้อผิดพลาดและได้ทำการแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนา กลายเป็นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้กันในปัจจุบัน

2.2) ปฏิบัติการสืบเสาะและสะท้อนผล (Inquiry-based lab activities with reflection) เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะที่ต้องให้เวลาแก่ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดว่า กิจกรรมที่ผู้เรียนกำลังปฏิบัตินั้นได้เลียนแบบความซับซ้อนยุ่งเหยิงของวิธีการและชีวิตการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในประเด็นใดบ้าง และแต่ละประเด็นนั้น นักวิทยาศาสตร์มีแนวทางการทำงานอย่างไร การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ ผู้สอนจะต้องนำผู้เรียนไปสู่การอภิปรายประเด็นต่าง ๆ และท้าทายให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดออกมา เพื่อช่วยให้ผู้สอนสามารถหยิบยกประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ขึ้นมาอภิปรายได้อย่างเปิดเผย ตรงไปตรงมา (มิใช่นำมากล่าวเป็นนัยหรือแฝงไว้ในกิจกรรมโดยคิดว่าผู้เรียนจะเข้าใจถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เอง)

2.3) การอภิปรายเกี่ยวกับวิวัฒนาการ (Discussion of evolution) เป็นการเล่าเรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเรื่องวัฒนาการ โดยผู้สอนจัดเตรียมฟอสซิล (Fossil) ของจริง ซึ่งจัดเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มาให้ผู้เรียนได้สัมผัส ตรวจสอบ และอภิปรายถึงหลักฐานแต่ละชิ้นว่า นักวิทยาศาสตร์ค้นพบหลักฐานเหล่านี้ได้อย่างไร และหลักฐานแต่ละชิ้นให้ ข้อมูลอะไรแก่เราบ้าง จากนั้นจึงเล่าเรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบหลักฐานแต่ละชิ้นให้ผู้เรียนได้ฟัง และเชื่อมโยงการค้นพบกับบริบททางสังคม ณ ช่วงเวลา ที่ค้นพบฟอสซิลเหล่านั้น รวมทั้ง การเล่าเรื่องราวถึงพยายามของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันที่พยายามรวมรวม ข้อมูลจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และได้พยายามลงข้อสรุปจากข้อมูลที่รวมรวมได้จากการสำรวจ สังเกต ตรวจสอบหลักฐานเหล่านี้ การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการต่าง ๆ ที่สืบทอดมาทางประวัติศาสตร์กับธรรมชาติของความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

3) นพักษร สังวาลเพ็ชร์ และคณะ (2560, น. 3-4) ได้สรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ว่ามี 3 แนวทาง คือ

3.1) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ (Historical approach) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์สอนร่วมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องผลการจัดการเรียนรู้

3.2) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (Implicit approach) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมเชิงสืบเสาะ แต่ขาดการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.3) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit and reflective approach) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญและบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน และเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิด

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2555, น. 123) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ภายใต้การปฏิบัติการทดลองรวมทั้งการประยุกต์ใช้เรื่องราว ประวัติวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจแก่การทดลอง คำนึงถึงสภาพการเรียนรู้ทางสังคมของ

ผู้เรียน อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่อาจช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ความรู้วิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพราะความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการบูรณาการจะช่วยให้นักเรียนซาบซึ้งและตระหนักถึงคุณค่าของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จนนำมาซึ่งความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้และพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ของตนเอง

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นสามารถทำได้หลายแนวทาง วิธีการที่ได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไป สามารถแยกได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ ร่วมกับบริบทเนื้อหา เน้นการทำความเข้าใจความเป็นมา พัฒนาการขององค์ความรู้ จนเกิดการปรับปรุงให้เหมาะสมกับบริบท 2) การจัดการเรียนการสอนแบบเป็นนัย เน้นการสืบเสาะหาความรู้ตามองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ 3) การจัดการเรียนการสอนแบบชัดแจ้ง เน้นการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนโดยอาจใช้การสะท้อนคิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการรู้คิด ในการวิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดการเรียนการสอนเน้นการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Misconception or alternative conception) หมายถึง แนวคิดหรือคำอธิบายที่แตกต่างไปจากความคิดรวบยอดทางทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ หรือความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างไปจากความคิดรวบยอดที่ได้รับการรับรองทางวิทยาศาสตร์ (Shaaban et al., 2019, p. 56)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่เพียงพอและคลาดเคลื่อนในหลายประเทศ รวมถึงสหรัฐอเมริกา ตุรกี และอินโดนีเซีย (Clough, 2002, p. 198) แม้ว่าประเทศไทยได้บรรจุสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้ในหลักสูตรแกนกลางมาเป็นเวลาประมาณ 2 ทศวรรษแล้ว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545, น. 1-5) และมีการปรับหลักสูตรการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่ปัญหาดังกล่าวยังคงปรากฏอยู่ ผลการวิจัยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานยังคงมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่เพียงพอและคลาดเคลื่อน (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกูล, 2555, น. 74; ทัศนีย์ พุฒนอก และคณะ, 2555, น. 911; พิมพ์พิรัญ ปัญโญ และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558, น. 71; ดนัย ไทยมี และจีระวรรณ เกษสิงห์, 2558, น. 243; โยติกา ชัยวงษา และคณะ, 2561, น. 113) นอกจากนี้ ยังพบว่าครูวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครู

วิทยาศาสตร์บางส่วนก็ประสบปัญหาเดียวกัน ปัญหาดังกล่าวเป็นสิ่งที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องเร่งแก้ไขและพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหารูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนในทุกระดับเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 21 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ในระดับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยแนะนำให้ครูวิทยาศาสตร์บูรณาการการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับรายวิชาต่าง ๆ และปรับให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละท้องถิ่น ซึ่งเป็นแนวทางที่มุ่งหวังจะช่วยพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

ปัญหาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนนั้น อาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอดีตที่ขาดการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการจัดกิจกรรมพัฒนาครูและการเผยแพร่เอกสารจึงควรมุ่งสร้างความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นเรื่องสำคัญ จากการค้นคว้างานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่าความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นมีลักษณะแตกต่างกันไปตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รวมถึงบริบทที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาได้วิเคราะห์สาเหตุที่เกี่ยวข้องไว้โดยวิเคราะห์แยกออกเป็น 2 ส่วน และสรุปแยกประเด็น ดังนี้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556, น. 141; Shaaban et al., 2019, p. 56-57)

1) ระบบการเรียนการสอนในสถานศึกษา ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกิดทั้งในกลุ่มผู้เรียนและผู้สอน โดยมีสาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1.1) ผู้เรียนพยายามสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจโลกและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติรอบตัวโดยมีข้อมูลไม่เพียงพอหรือไม่ครบถ้วน

1.2) ผู้เรียนได้รับคำอธิบายที่ไม่ถูกต้องหรือถูกต้องบางส่วนจากครู ผู้ปกครอง หรือสื่อ โดยเฉพาะบทบาทของสื่อซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความสับสนและความเข้าใจผิดในผู้เรียน อิทธิพลของสื่อจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาความรู้และการกำหนดความคิดของผู้เรียน

1.3) ผู้สอนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดี คือ การเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจถึงองค์ความรู้ และกระบวนการวิทยาศาสตร์เท่านั้น

1.4) ผู้สอนไม่สามารถนำความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาใช้จัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

1.5) ผู้สอนปฏิบัติการสอนที่เน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์น้อยหรือตื้นเกินไป

1.6) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกิดกับผู้เรียนนั้นสามารถคงทนอยู่ต่อไปได้แม้ผู้เรียนจะเผชิญกับเหตุการณ์ใหม่หรือได้รับการสอนเรื่องใหม่ก็ตาม ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนนั้นอาจส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในบริบทชีวิตประจำวันได้

2) ระบบการผลิตครู เป็นระบบที่ทำหน้าที่สร้างคุณลักษณะที่เหมาะสมให้แก่ผู้สอนเพื่อการทำหน้าที่ในการถ่ายทอดองค์ความรู้ไปสู่ผู้เรียนที่สมบูรณ์ สาเหตุที่ทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และครูวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ (Khishfe & Lederman, 2007, p. 940; Shaaban et al., 2019, p. 56-57)

2.1) โปรแกรมการผลิตครูยังขาดเนื้อหาเกี่ยวกับหลักปรัชญาวิทยาศาสตร์ที่ลึกซึ้ง

2.2) เนื้อหาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาไม่ได้นำเสนอเกี่ยวกับคุณค่าของความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างชัดเจน

2.3) นักศึกษาในระบบการผลิตครูขาดประสบการณ์ในการวิจัยวิทยาศาสตร์ที่แท้จริง

สรุปได้ว่าปัญหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์นั้นมาจากหลายสาเหตุและเกิดขึ้นในหลายองค์ประกอบของการเรียนการสอน ทั้งในส่วนตัวผู้เรียน ผู้สอน เนื้อหา บริบท ขั้นตอนและกลยุทธ์การสอน สื่อ ในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีสมรรถนะและความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องจัดเตรียมองค์ประกอบให้พร้อมและแก้ไขสาเหตุเหล่านี้ให้สมบูรณ์

แนวทางในการแก้ไขปัญหาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนนั้น สามารถทำได้โดยการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่ชัดแจ้งซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดการเรียนการสอนในลักษณะเชิงนัย เนื่องจากความเข้าในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผู้เรียนต้องได้รับการพัฒนาให้เกิดกระบวนการคิดและอภิปราย ซึ่งเป็นลักษณะทางพุทธิพิสัย การให้ผู้เรียนปฏิบัติตามกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์โดยไม่มีกล่าวถึงหรือเน้นย้ำให้เกิดการคิดหรืออภิปรายถึงลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในกิจกรรมนั้นผู้เรียนอาจเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้น้อย (นพักษร สังวาลเพ็ชร์ และคณะ, 2560, น. 274-275)

การพัฒนาให้ครูมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องนั่นคือ การอบรมหรือเปิดโอกาสให้ครูได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดแจ้ง ซึ่งมุ่งเน้นให้ครูได้คิดและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Abd-El-Khalick & Lederman, 2020, p. 675) รวมถึงการช่วยเหลือและส่งเสริมให้ครูเข้าใจและสามารถจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยพยายามส่งเสริมให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ มีการนิเทศติดตาม

เพื่อให้การสนับสนุนครูในโรงเรียน และการส่งเสริมให้ครูมีความรู้ด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Pedagogical content knowledge for teaching nature of science) (ลือชา ลดาชาติ และคณะ, 2556, น. 272-273)

สำหรับปัญหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกลุ่มนักศึกษาที่อยู่ระบบการผลิตครูวิทยาศาสตร์นั้น อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ และคณะ (2558, น. 320) ได้เสนอแนวทางในการแก้ไขไว้ดังนี้

1) สถาบันการศึกษาที่ทำหน้าที่ผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรมุ่งพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความสามารถในการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนโดยเริ่มจากการบูรณาการในรายวิชา อาทิ รายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนอาจจัดประสบการณ์ให้นักศึกษาเรียนรู้ขอบเขตและความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

2) เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ปฏิบัติการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมถึงฝึกสะท้อนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

3) สถาบันผลิตครูควรจัดประสบการณ์ให้นักศึกษาได้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวทางการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยอาจจัดเป็นหลักสูตรเสริมในรูปแบบของการอบรมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) และติดตามผลในระหว่างฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ระหว่างนั้นควรมีระบบการนิเทศติดตามให้ความช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง โดยอาจใช้กลยุทธ์กระบวนการสร้างระบบพี่เลี้ยง (Coaching and mentoring) ผนวกกับชุมชนนักปฏิบัติ (Community of practice)

4) ควรมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถบ่งชี้หรือเน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (The explicit approaches) โดยเฉพาะในองค์ประกอบที่นักศึกษายังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ เช่น กฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธีควรมีการติดตามผลของพัฒนาและการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (The explicit approaches)

ลือชา ลดาชาติ (2560, น. 40) เสนอว่าการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรเป็นไปในลักษณะองค์รวม เนื่องจากการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติต้องอาศัยเวลาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งรายวิชาใดรายวิชาหนึ่งอาจไม่เพียงพอ (Akerson et al., 2006, p. 194) นักศึกษาครูจึงจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อยู่เสมอตลอดช่วงเวลาในหลักสูตรการผลิตครู

จากแนวคิดที่กล่าวมา การจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขปัญหาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดในกลุ่มนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาได้เสนอแนวทางไว้ สรุปได้ดังนี้ (Quigley et al., 2011, p. 210; Jain et al., 2013, p. 203-210; ลือชา ลดาชาติ และกาญจนา มหาลี, 2559, น. 319-321)

1) จัดการเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ชัดแจ้ง และการสะท้อนคิด

2) ผู้เรียนต้องมีโอกาสได้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ความจำเป็นของหลักฐานต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความหลากหลายในการตีความและลงข้อสรุปจากหลักฐานเดียวกัน และอิทธิพลของความเชื่อและค่านิยมทางสังคมต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น การให้นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เพราะความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

3) เน้นการบูรณาการกลยุทธ์การสอนและสื่อที่หลากหลาย เพื่อกระตุ้นกระบวนการรู้คิด

4) การใช้คำถามและการอภิปรายในการนำเข้าสู่บทเรียน

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการร่วมการกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองในบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนประยุกต์กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการถอดความรู้จากภูมิปัญญา และนำไปออกแบบจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดมุมมองหรือโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง และนำไปประยุกต์ให้สอดคล้องกับบริบท

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory)

นิยามและความหมาย

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) หรือทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist theory) เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการสร้างความรู้ของผู้เรียน ซึ่งมีนักวิชาการได้บัญญัติศัพท์ขึ้นแทนคำภาษาอังกฤษไว้หลายคำ เช่น ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ทฤษฎีสรรคนิยม นิรมิตนิยม ฯลฯ ในงานวิจัยนี้ใช้คำว่า “ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง” ซึ่งนักวิชาการให้ความหมายไว้ ดังนี้

แสงทอง บุญยิ่ง (2556, น. 47) ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่มีเป้าประสงค์หลักเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง เน้นการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ สร้างสถานการณ์และจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ และค้นหาคำตอบโดยอาศัยกระบวนการการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียน

อัญชลี ด้วงต้อย และอัมรินทร์ อินทร์อยู่ (2557, น. 279) กล่าวว่า ทฤษฎีคอนสตรัสติวิสต์เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติ กระบวนการกลุ่ม การแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น ทำให้เกิดการค้นพบกับความรู้ใหม่หรือข้อมูลใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิมจากนั้นก็จะเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เข้าด้วยกันจนได้ความรู้หรือข้อมูลใหม่ที่ตนเองเข้าใจ สามารถจดจำได้ยาวนาน และเป็นความรู้ที่คงทน

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยกระบวนการสร้างความรู้ใหม่ ความหมายใหม่ หรือเกิดการเรียนรู้ขึ้นด้วยตนเอง โดยอาศัยกระบวนการบูรณาการความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีกับข้อมูลหรือสิ่งที่รับรู้หรือค้นพบใหม่จากประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติจริงในบริบทหรือสิ่งแวดล้อม มีผลทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดพัฒนาความรู้ความคิดให้สอดคล้องกับบริบท ลักษณะการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนำหลักการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปบูรณาการกับประสบการณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ในบริบทการเรียนรู้ทำให้เกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมได้ต่อไป

ที่มา

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีที่มาจากแนวคิดทางการศึกษาของนักจิตวิทยา นักปรัชญาหลายท่าน เช่น แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติและประสบการณ์ตรงของดิวอี้ (John Dewey) แนวคิดการให้กำลังใจและการสนับสนุนอย่างเหมาะสมของบรูเนอร์ (Bruner) กระบวนการทางความคิดและพัฒนาการทางการรับรู้ของเพียเจต์ (Jean Piaget) การเรียนรู้ที่เน้นโครงสร้างและพื้นฐานทางจิตใสจิตใจของออซูเบล (Ausubel) (Martin et al., 1994, p. 45) ปัจจุบันทฤษฎีนี้ได้รับอิทธิพลมาจากการศึกษาจิตวิทยาการเรียนรู้ของเพียเจต์เป็นหลัก ตั้งแต่ช่วงปลาย ค.ศ.1980 เป็นต้นมา ซึ่งเกิดจากในขณะนั้นสังคมโลกอยู่ในสภาวะวิกฤติที่เกิดจากภาวะเศรษฐกิจที่ตกต่ำ สังคมเต็มไปด้วยความเห็นแก่ตัวและแข่งขัน ประกอบกับการเลือกเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นสูงลดน้อยลง ประเทศสหรัฐอเมริกาต้องเร่งพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยปฏิรูปการศึกษาและพิจารณาหาแนวทางของการศึกษาใหม่ ทำให้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจึงได้รับความสนใจ (บุปผาชาติ ทัฬหิกรณ์, 2540, น. 2) โดยพื้นฐานของทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่าความรู้มีอยู่แล้วในตัวผู้เรียน และความรู้จะพัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน กับครู และกับสภาพแวดล้อม โดยนักเรียนเป็นคนสร้างความรู้หรือสร้างความหมายโดยทำความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ตัวเองมีอยู่ ผู้เรียนจะเอาประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็นความรู้ ความรู้สึก และทักษะที่ตัวเองมีอยู่เข้ามาในห้องเรียนด้วย และประสบการณ์เหล่านี้มีอิทธิพลต่อแนวคิดของนักเรียน

หลักทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivist theory) เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการลงมือกระทำที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง แนวคิดดังกล่าวมาจากนักจิตวิทยาและนักการศึกษาที่สำคัญ คือ เพียเจต์ (Jean Piaget) ซึ่งเป็นผู้เสนอแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เชิงปัญญา (Cognitive constructivism) และวีกอตสกี (Lev Vygotsky) ซึ่งเป็นผู้เสนอทฤษฎีสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social constructivism) โดยแต่ละแนวคิด มีสาระสำคัญต่อไปนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105)

1) ทฤษฎีสร้างความรู้เชิงปัญญา (Cognitive constructivism) แนวคิดนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของเพียเจต์ (Jean Piaget) ซึ่งเน้นว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยการกระทำ Piaget เชื่อว่าถ้าผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) หรือเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structuring) ให้เข้าสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม (Assimilation) ได้แก่ การรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาและการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) คือ การเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่ จนกระทั่งนักเรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาวะสมดุล หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้

2) ทฤษฎีสร้างความรู้เชิงสังคม (Social constructivism) เสนอโดย วีก็อตสกี (Lev Vygotsky) นักจิตวิทยาของกลุ่มพุทธิปัญญานิยม ซึ่งมีแนวคิดที่ว่าปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา รวมทั้งแนวคิดที่เกี่ยวกับศักยภาพในการพัฒนาพุทธิปัญญาที่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงของการพัฒนา (Zone of proximal development) ถ้าผู้เรียนอยู่ต่ำกว่าช่วงของการพัฒนาจำเป็นจะต้องได้รับการช่วยเหลือ (Scaffolding) และวีก็อตสกี (Lev Vygotsky) เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้โดยผ่านทางการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ได้แก่ เด็กกับผู้ใหญ่ พ่อแม่ ครูและเพื่อน ในขณะที่เด็กอยู่ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105)

ชนาธิป พรกุล (2561, น. 48-49) กล่าวว่า การสร้างความรู้ตามทฤษฎีนี้ มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1) โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม โครงสร้างทางปัญญาเป็นที่เก็บข้อมูลที่ถูกจัดเก็บให้เป็นระบบที่มีความหมาย ในสมองมีโครงสร้างทางปัญญาจำนวนนับไม่ถ้วน โครงสร้างทางปัญญามีประโยชน์ในการช่วยให้เข้าใจข้อมูลหรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังช่วยในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ๆ เช่น เมื่อผู้เรียนได้รับข้อมูลใหม่ ๆ แล้วจะพยายามนำข้อมูลใหม่ ให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ก่อนด้วยการแปลความหมายและสร้างความเข้าใจ

2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) เป็นกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูลภายในสมอง เมื่อข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สมองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบภายใน เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงนี้ เรียกว่า การปรับตัว (Adaptation) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

2.1) กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นการคัดกรองข้อมูลใหม่ หรือความรู้ใหม่เข้าไปร่วมกับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา ผู้เรียนใช้กระบวนการนี้เมื่อความรู้ใหม่มีความแตกต่างจากความรู้เดิมไม่มากนักหรือไม่ยากที่จะเข้าใจ

2.2) กระบวนการปรับสภาวะ (Accommodation) เป็นการปรับหรือเปลี่ยนแปลงความเข้าใจที่เคยมีอยู่แล้วให้เข้ากับข้อมูลใหม่ ผู้เรียนใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้กระบวนการดูดซึม เนื่องจากข้อมูลใหม่ไม่มีความใกล้เคียงหรือสัมพันธ์กับข้อมูลเดิม จำเป็นต้องปรับความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ แล้วจึงจัดเก็บในโครงสร้างทางปัญญา

การปรับตัวเป็นการสร้างสมดุลระหว่างกระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับสภาวะในกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนจะใช้กระบวนการทั้งสองในลักษณะแตกต่างกัน เมื่อผู้เรียนพบสิ่งที่เคยรู้จักหรือมีความรู้ ผู้เรียนจะใช้กระบวนการดูดซึม คือนำโครงสร้างต่างปัญญาที่มีมาใช้ในความเข้าใจสิ่งที่พบ แล้วนำสิ่งที่พบนั้นเข้าไปเพิ่มในโครงสร้างทางปัญญาทำให้โครงสร้างทางปัญญาเกี่ยวกับเรื่องนั้นขยายใหญ่ขึ้น แต่ถ้าผู้เรียนพบสิ่งที่ไม่เคยรู้จัก จะเกิดการงุนงงสงสัย เรียกว่า เกิดสภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) ผู้เรียนจะใช้กระบวนการปรับสภาวะโครงสร้างทางปัญญา ที่มีให้เข้ากับสิ่งที่พบใหม่ ทำให้เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) ผู้เรียนมีความเข้าใจสิ่งที่พบ นำสิ่งที่พบไปเก็บไว้ในโครงสร้างทางปัญญาที่ถูกปรับแล้ว กระบวนการที่มีความต่อเนื่องของสภาวะไม่สมดุลและสภาวะสมดุลทำให้สติปัญญามีการเจริญเติบโตงอกงามสู่ระดับที่สูงขึ้น

3) ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ เป็นข้อมูลที่ได้จากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวหรือสิ่งที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

สรุปได้ว่าทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เกิดจากแนวคิดการสร้างองค์ความรู้เชิงปัญญา (Cognitive constructivism) และการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social constructivism) โดยการสร้างองค์ความรู้ มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) และข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ โดยผู้เรียนจะนำโครงสร้างทางปัญญาเดิมมาใช้ในการทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ด้วยกระบวนการทางปัญญาจะเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งผู้เรียนเกิดการดูดซึ่งและปรับสภาวะจนเกิดการปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลและเกิดมีความเข้าใจสิ่งที่พบ

องค์ประกอบในการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้ตามหลักทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist theory) มีเงื่อนไขการเรียนรู้ คือ การเรียนรู้เป็นกระบวนการลงมือกระทำ (Active process) ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง ประสบการณ์ ของผู้เรียนจะถูกนำมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างความรู้ใหม่ แนวคิดใหม่ หรือการเรียนรู้นั่นเอง กระบวนการเรียนรู้จึงมักเป็นลักษณะที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้จากการร่วมมือกันแก้ปัญหา โดยมีหลักการพื้นฐานสำคัญ 5 ประการ ดังนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557, น. 375-378)

1) สถานการณ์ปัญหา (Problem based) มาจากแนวคิด Cognitive constructivism ของเพียเจต์ ที่เชื่อว่าถ้าผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือที่เรียกว่า เกิดการเสียสมดุลทางปัญญา ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาหรือสกีมา (Schema) ให้เข้าสู่ภาวะสมดุลโดยการดูดซึมหรือการปรับโครงสร้างทางปัญญาสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ หรือเกิดการเรียนรู้นั่นเอง ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น สถานการณ์ปัญหาจะเป็นเสมือนประตูที่นำผู้เรียนเข้าสู่เนื้อหา

2) แหล่งเรียนรู้ (Resource) เป็นที่รวบรวมข้อมูลเนื้อหาสารสนเทศที่ผู้เรียนใช้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ เช่น ชุมชนการเรียนรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งการเรียนรู้ธรรมชาติ แหล่งสารสนเทศ เป็นต้น

3) ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding) ซึ่งจะสนับสนุนผู้เรียนในการแก้ปัญหาหรือการเรียนรู้ในกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ให้สำเร็จด้วยตัวเองได้ หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้ โดยอาจเป็นคำแนะนำ แนวทาง ตลอดจนกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาหรือปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ รวมทั้งกระบวนการคิด เป็นต้น

4) การโค้ช (Coaching) เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งเน้นเปลี่ยนบทบาทของครูจากหน้าที่ในการถ่ายทอดความรู้หรือบอกความรู้ มาเป็น “ผู้ชี้แนะ” ที่ต้องให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำแก่ผู้เรียน ซึ่งมุ่งเน้นการให้ความรู้ในเชิงพุทธิปัญญาหรือการให้รู้คิด และการสร้างปัญญา

5) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (Collaboration) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้อื่นเพื่อขยายมุมมองให้แก่ตนเอง การร่วมมือกันแก้ปัญหาจะสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการคิดไตร่ตรอง เป็นการเปิดโอกาสให้ทั้งผู้เรียน ผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ ได้สนทนาแสดงความคิดเห็นของตนเองกับผู้อื่น นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันและปรับความคิดรวบยอด/มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่เรียนรู้ได้ด้วย

สรุปได้ว่าในการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนต้องเตรียมองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญ 5 ประการ คือ สถานการณ์ปัญหา แหล่งเรียนรู้ ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding) การโค้ช และการร่วมมือกันแก้ปัญหา เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้นำเอาหลักทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (Schulte, 1996, p. 25-27) โดยเชื่อว่าการสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และผู้สอนเป็นเพียงผู้ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน รวมถึงพัฒนาเทคนิคในการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงความคิดรวบยอด/มโนทัศน์ นักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการเรียนเพราะผู้สอนจะไม่ใช่ผู้ให้คำตอบ ผู้เรียนต้องใช้ประสบการณ์ในการเรียนรู้และแลกเปลี่ยนกับผู้เรียนด้วยกัน และครู ในการเรียนการสอนจึงต้องใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ ให้ผู้เรียนสะท้อนคิดและให้เหตุผลเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่ชัดเจน

ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีผู้เสนอไว้หลายแนวทาง ดังนี้

1. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ (2550, น. 3-8) ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างความรู้ไว้ดังนี้

1) ขั้นแนะนำ (Orientation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายของบทเรียนและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้

2) ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicitation of the prior knowledge) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ในเรื่องที่กำลังจะเรียนรู้

3) ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด (Turning restructuring of ideas) เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสร้างองค์ความรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

(1) ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน เป็นการประตุ้นให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดเพื่อให้เกิดองค์ความรู้

(2) การสร้างความคิดใหม่ จากการปภิปรายร่วมกันและสาธิต ทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดความคิดใหม่ หรือความรู้ใหม่ขึ้นได้

(3) ประเมินความคิดใหม่ โดยการทดลองหรือการคิดอย่างลึกซึ้ง

4) ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of Idea) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจมาพัฒนาทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

5) ขั้นทบทวน (Review) เป็นขั้นตอนสุดท้าย ผู้เรียนจะได้ทบทวนความคิด ความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบความคิดระหว่างความคิดเดิมกับความคิดใหม่

2. จุติพร อัศวโสวรรณ และคณะ (2556, น. 87) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ 5 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นจุดประกายความสนใจ เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ดึงดูดความสนใจและคงความสนใจของผู้เรียนไว้ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ตัวอย่างวิธีการและเทคนิคการสอนที่ครูสามารถใช้ได้ คือ การอภิปราย การตั้งคำถาม การใช้สื่อต่าง ๆ เช่น รูปภาพ เป็นต้น

2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ เป็นการจัดกิจกรรมที่ดึงดูดท้าทายให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสารสนเทศ ตัวอย่างวิธีสอนและเทคนิคการสอนที่ครูสามารถนำมาใช้ คือ การทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เป็นต้น

3) ขั้นขยายความคิด เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์และส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ลุ่มลึกและกว้างไกล ตัวอย่างวิธีสอนและเทคนิคการสอนที่ครูสามารถนำมาใช้ คือ การให้ผู้เรียนเสนอคำอธิบายบนพื้นฐานกิจกรรมที่ทำได้เอง การค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติม การวิเคราะห์ประเด็นหลัก การอภิปราย การเขียนแผนผังความคิด

4) ขั้นนำสู่การปฏิบัติ เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำาความรู้ไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ ๆ ตัวอย่างวิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่ครูสามารถนำาไปใช้ คือ การอภิปราย การหาคำตอบ การตั้งประเด็นคำถาม การอภิปราย

5) ขั้นสรุปและประเมิน เป็นการจัดกิจกรรมที่ผู้เรียนบันทึกหลักฐานความรู้ความเข้าใจว่ามีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ตัวอย่างวิธีสอนและเทคนิคที่ครูสามารถนำามาใช้ คือ การให้ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น การบันทึกผลกิจกรรมที่ทำ การทำแบบฝึกหัด และการบันทึกผลการเรียนรู้

3. สุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย (2559, น.79) เสนอแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง 4 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นที่ 1 ขั้นความขัดแย้งทางความคิด เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อเร้าความสนใจของนักเรียน ดึงประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมาและสร้างประสบการณ์ใหม่เพื่อทำให้เกิดความไม่ตรงกันทางความคิด

2) ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้จากการปฏิบัติ เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนดำเนินการค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อลดความไม่ตรงกันทางความคิดที่เกิดขึ้น

3) ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปความรู้ด้วยตนเอง เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สรุปข้อค้นพบและวิธีดำเนินงานของตนเองกับผู้อื่น

4) ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนตรวจสอบความรู้ แล้วสร้างความรู้ขึ้นมาด้วยตนเองโดยนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้วมาใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. วลิดา อุ่นเรือน (2560, น. 10-11) สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ไว้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นที่ 1 ขั้นศึกษาเพื่อเรียนรู้ตามสภาพจริง เป็นการศึกษาปัญหาสถานการณ์จริง โดยจัดกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มละ 3 หรือ 5 คน เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์และเนื้อหา ให้ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาจริงในห้องเรียนจริง และมีการปฏิบัติจริง ทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์และหารือกัน เพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหา ผู้สอนมีบทบาทในการคอยชี้แนะ ตั้งคำถามเพื่อท้าทายและกระตุ้นผู้เรียนในการศึกษาค้นคว้าหรือหาวิธีการแก้ไขปัญหา

2) ขั้นที่ 2 ขั้นการค้นคว้าความรู้สู่การแก้ปัญหา ผู้เรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายตามความถนัดของตนเอง เพื่อนำมาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาสถานการณ์ในขั้นที่ 1

3) ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างองค์ความรู้สู่การประยุกต์ใช้ ผู้เรียนร่วมกันสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลในกลุ่มของตนเอง และนำความรู้ใหม่ที่ได้ออกแบบไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจริง

4) ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ใหม่ ผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อดีและข้อเสีย สะท้อนความคิดจากการลงมือปฏิบัติจริง และร่วมกันสรุปองค์ความรู้ใหม่ จากนั้นนำเสนอผลงานของตนเอง โดยผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ร่วมกันให้ข้อเสนอแนะและสรุปสิ่งที่ได้รับร่วมกัน

5) ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ ผู้สอนตรวจสอบความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมโดยใช้แบบประเมินความสามารถการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลที่ได้จัดทำขึ้น

5. กรกัญญา ราชพลสิทธิ์ (2561, น.137) ได้เสนอแนวคิดในการจัดการเรียนการสอน

1) ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้เดิม (Picturing prior knowledge) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยผู้สอนต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดปัญหาและเร้าให้เกิดความสนใจในบทเรียน เพื่อหาแนวทางในการศึกษาจากความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

2) ขั้นที่ 2 เพิ่มเติมแหล่งเรียนรู้ (Increasing knowledge resources) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนอธิบายความรู้พื้นฐานที่จำเป็น จากนั้นผู้เรียนต้องแสวงหาข้อมูลความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

3) ขั้นที่ 3 ร่วมต่อยอดความคิด (Newly igniting imaginations) เป็นขั้นตอนในการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมในใบงานที่ผู้สอนมอบหมายให้เพื่อเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน โดยผ่านการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกมาในรูปของแผนผังมโนทัศน์หรือชิ้นงานที่ได้รับมอบหมาย

4) ขั้นที่ 4 ผลิตความรู้ใหม่ (Generating new knowledge) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลในการทำกิจกรรมกลุ่มแล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้แบบร่วมมือและมีการแลกเปลี่ยนมุมมอง ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้อง

5) ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลงาน (Scrutinizing the assignments) เป็นขั้นตอนการประเมินผลงานจากการปฏิบัติ การนำเสนอผลงาน โดยผู้สอนเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ บอกความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เพื่อผู้เรียนนำไปพัฒนาตนเองต่อไป

6. จเร ลวนางกูร และคณะ (2562, น.17) ได้เสนอขั้นตอนการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญปัญหา เป็นบทบาทของครูในการเลือกกำหนดสถานการณ์ที่มีความเหมาะสม ยั่วยุให้นักเรียนคิด เกิดข้อสงสัยต้องการรู้คำตอบเพื่อนำไปสู่การกำหนดประเด็นสำคัญสำหรับการศึกษาค้นคว้าและสำรวจหัวข้อที่เกี่ยวกับประเด็นสำคัญ

2) ขั้นที่ 2 สำรวจความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนช่วยกันสำรวจความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยเลือกสื่อ แหล่งข้อมูลที่จะใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล บันทึกความรู้ พิจารณาข้อมูลที่เป็นปัญหาหรือขัดแย้ง หรือขาดรายละเอียดต้องการศึกษา หรือตรวจสอบเพิ่มเติมและกำหนดปัญหา

3) ขั้นที่ 3 ขั้นตรวจสอบความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกำหนดเป้าหมายการเรียน วางแผนและลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาคำตอบตามแนวทางที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 มีการใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ฝึกทักษะการจัดการ และการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแก้ปัญหา

4) ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงให้เห็นซึ่งความรู้และความคิดที่ได้จากการสืบค้นหรือการสำรวจตรวจสอบ โดยสรุปสิ่งที่เรียนรู้และเชื่อมโยงความคิดที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน ตลอดจนการแลกเปลี่ยนประสบการณ์โดยการนำเสนอผลการศึกษาแก่กลุ่มอื่น ๆ ด้วยรูปแบบและวิธีการที่หลากหลาย

5) ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนความคิด เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันเพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองและของกลุ่มอื่น ใช้ความคิดไตร่ตรอง เพื่อพิจารณา สิ่งที่ตนเข้าใจ กับสิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่ตนคาดหวัง และผลที่ได้จากการเรียนรู้

6) ขั้นที่ 6 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นรวบรวมความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทั้งหมดทั้งของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน มาวิเคราะห์ เป็นความรู้ใหม่ เชื่อมโยงแสดงความสัมพันธ์ของความรู้ ใช้ภาษา และสัญลักษณ์สื่อสารสิ่งที่รู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ

7) ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นการนำหลักการแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา เมื่อพบสถานการณ์ใหม่ อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นว่าสิ่งที่นักเรียนค้นพบมีประโยชน์อย่างไร สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง เกิดเจตคติที่ดีต่อการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาต่อไป

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้เพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ (ตารางที่ 2.8)

1) ขั้นกำหนดเป้าหมาย โดยการเข้าถึงปรากฏการ์ เผชิญปัญหา เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้โดยการกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม

2) ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ทบทวนสืบค้นความรู้มาทำความเข้าใจปรากฏการณ์ เพื่อกำหนดคำตอบที่เป็นไปได้ (สมมติฐาน) อย่างมีเหตุผล

3) ขั้นรวบรวมข้อมูล ผู้เรียนสำรวจหรือทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลใหม่ หรือสร้างประสบการณ์ใหม่ เพื่อนำมาสร้างความคิดรวบยอด

4) ขั้นสร้างคำอธิบาย ขั้นที่ผู้เรียนปรับโครงสร้างแนวคิด โดยการนำประสบการณ์เดิมและข้อมูลใหม่มาจัดโครงสร้างใหม่ เพื่อสร้างความคิดรวบยอด เป็นความรู้ความเข้าใจใหม่ที่เหมาะสม

5) ขั้นขยายความรู้ นำความคิดใหม่ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประยุกต์หรือปรับใช้ให้ประโยชน์ในบริบท

6) ขั้นสะท้อนคิด ทบทวนประสบการณ์และแนวคิดของตนเอง เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงความคิดและพฤติกรรมการเรียนรู้

จากแนวคิดที่สรุปได้ดังกล่าว ผู้วิจัยนำไปสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการและแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่อไป

ตารางที่ 2.8 การสังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา	จุติพร อัศวโสวรรณ และคณะ	สุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย	วลิดา อุ่นเรือน
1) ขั้นแนะนำ เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายของบทเรียนและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ 2) ขั้นทบทวนความรู้เดิม เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ในเรื่องที่กำลังจะเรียนรู้ 3) ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้ (1) ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน (2) การสร้างความคิดใหม่ (3) ประเมินความคิดใหม่ 4) ขั้นนำความคิดไปใช้ ผู้เรียนใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจมาพัฒนาทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ 5) ขั้นทบทวน ผู้เรียนทบทวนความคิด ความเข้าใจ โดยการเปรียบเทียบความคิดระหว่างความคิดเดิมกับความคิดใหม่	1) ขั้นจุดประกายความสนใจ ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ดึงดูดความสนใจและคงความสนใจของผู้เรียนไว้เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ ท้าทายให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสารสนเทศ 3) ขั้นขยายความคิด ให้ผู้เรียนวิเคราะห์และส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ลุ่มลึกและกว้างไกล 4) ขั้นนำสู่การปฏิบัติ ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ต่าง ๆ 5) ขั้นสรุปและประเมิน ผู้เรียนบันทึกหลักฐานความรู้ความเข้าใจว่ามีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด	1) ขั้นที่ 1 ขั้นความขัดแย้งทางความคิด เร้าความสนใจของนักเรียน ดึงประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมาและสร้างประสบการณ์ใหม่ 2) ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้จากการปฏิบัติ ส่งเสริมให้นักเรียนดำเนินการค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อลดความไม่ตรงกันทางความคิดที่เกิดขึ้น 3) ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปความรู้ด้วยตนเอง เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สรุป ข้อค้นพบและวิธีดำเนินงานของตนเองกับผู้อื่น 4) ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนตรวจสอบความรู้แล้วสร้างความรู้ขึ้นมาด้วยตนเองโดยนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้วมาใช้ในสถานการณ์ใหม่	1) ขั้นที่ 1 ขั้นศึกษาเพื่อเรียนรู้ตามสภาพจริง จัดกลุ่มให้ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาโดยมีการปฏิบัติจริง ร่วมกันวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ 2) ขั้นที่ 2 ขั้นการค้นคว้าความรู้สู่การแก้ปัญหา ผู้เรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อนำมาวิเคราะห์และแก้ปัญหา 3) ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างองค์ความรู้สู่การประยุกต์ใช้ ผู้เรียนร่วมกันสร้างองค์ความรู้ใหม่ และนำความรู้ใหม่ที่ได้ออกแบบไปประยุกต์ใช้ 4) ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ใหม่ ผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อดีและข้อเสีย สะท้อนคิดและร่วมกันสรุปองค์ความรู้ใหม่ 5) ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ ตรวจสอบความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

กรกัญญา ราชพลสิทธิ์	จเร ลวนางกูร และคณะ	แนวคิดที่นำไปใช้ในบูรณาการ
1) ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้เดิม ผู้เรียนแสดงออกถึงความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยผู้สอนต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดปัญหาและเร้าให้เกิดความสนใจในบทเรียน เพื่อหาแนวทางในการศึกษาจากความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว 2) ขั้นที่ 2 เพิ่มเติมแหล่งเรียนรู้ ผู้สอนอธิบายความรู้พื้นฐานที่จำเป็น จากนั้นผู้เรียนต้องแสวงหาข้อมูลความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากสื่อ และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ 3) ขั้นที่ 3 ร่วมต่อยอดความคิด ผู้เรียนทำกิจกรรมกลุ่มที่ผู้สอนมอบหมายให้เพื่อเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน 4) ขั้นที่ 4 ผลิตความรู้ใหม่ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลในการทำกิจกรรมกลุ่มแล้วร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนมุมมองให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง 5) ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลงาน ประเมินผลงานจากการปฏิบัติ การนำเสนอผลงาน โดยผู้สอนเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ บอกความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เพื่อผู้เรียนนำไปพัฒนาตนเองต่อไป	1) ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญปัญหา ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ที่มีความเหมาะสม กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ ร่วมกันกำหนดประเด็นสำคัญสำหรับการศึกษาค้นคว้า 2) ขั้นที่ 2 สำรวจความรู้ ผู้เรียนช่วยกันสำรวจความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ บันทึกความรู้ พิจารณาตรวจสอบข้อมูลและกำหนดปัญหา 3) ขั้นที่ 3 ขั้นตรวจสอบความรู้ นักเรียนร่วมกำหนดเป้าหมายการเรียน วางแผนและลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบตามแนวทางที่กำหนดไว้ ตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแก้ปัญหา 4) ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอผลจากการศึกษาความรู้ แสดงความคิด และประสบการณ์ที่ได้ 5) ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนความคิด ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองและของกลุ่มอื่น สะท้อนคิดถึงสิ่งที่คาดหวังและผลที่ได้จากการเรียนรู้ 6) ขั้นที่ 6 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนรวบรวมความรู้ที่ได้มาวิเคราะห์เป็นความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงแสดงความสัมพันธ์ของความรู้ ใช้ภาษา และสัญลักษณ์สื่อสารสิ่งที่รู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ 7) ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นการนำหลักการแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา เมื่อพบสถานการณ์ใหม่	1) ขั้นกำหนดเป้าหมาย เข้าถึงปรากฏการณ์ เผชิญปัญหา กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม 2) ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ทบทวนสืบค้นความรู้มาทำความเข้าใจปรากฏการณ์ เพื่อกำหนดคำตอบที่เป็นไปได้ (สมมติฐาน) อย่างมีเหตุผล 3) ขั้นรวบรวมข้อมูล โดยผู้เรียนสำรวจหรือทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลใหม่นำมาข้อมูลมาสร้างความคิดรวบยอด 4) ขั้นสร้างคำอธิบาย โดยผู้เรียนปรับโครงสร้างแนวคิดจากการนำประสบการณ์เดิม และข้อมูลใหม่มาจัดโครงสร้างใหม่ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจใหม่ที่เหมาะสม 5) ขั้นขยายความรู้ นำความคิดใหม่ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประยุกต์หรือปรับใช้ ให้ประโยชน์ในบริบท 6) ขั้นสะท้อนคิด ทบทวนประสบการณ์และแนวคิดของตนเอง เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงความคิดและพฤติกรรม

การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (Integrated Learning Management)

นิยามและความหมายของบูรณาการ

1. ความหมายโดยทั่วไป

คำว่า บูรณาการ เป็นคำสนธิมาจากคำว่า “บูรณ-” ซึ่งหมายถึง เต็ม (คำวิเศษณ์) หรือ ซ่อมแซมทำให้กลับคืนดีเหมือนเดิม (คำกริยา) และ “อาการ” หมายถึง สภาพที่เป็นอยู่หรือเป็นไป (คำนาม) (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2556, น. 116) หากนำความหมายของทั้งสองคำมาสรุปรวมกันก็จะได้ความหมายว่า สภาพที่เต็มหรือสมบูรณ์ เมื่อนำมาคำมาสนธิเป็นคำว่า บูรณาการ หมายถึง กระบวนการผสมผสานเชื่อมโยงองค์ความรู้ตั้งแต่ 2 องค์ความรู้ขึ้นไปเข้าด้วยกันอย่างสอดคล้องเป็นระบบ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2556, น. 681) ซึ่งเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563, น. 2) กล่าวว่าคำว่า “บูรณาการ” มาจากคำในภาษาอังกฤษว่า Integration ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า Integrat- หมายถึง การทำให้รวมกันได้ทั้งหมด ไม่มีส่วนใดขาดหายไป

นักวิชาการได้ให้นิยามของคำว่า บูรณาการ (Integration) ไว้ดังนี้

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557, น. 1) กล่าวว่า การบูรณาการ หมายถึง การทำให้สมบูรณ์ คือ การทำหน่วยย่อย ๆ ที่สัมพันธ์กันมาผสมกลมกลืนเป็นหนึ่งเดียวให้ครบสมบูรณ์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563, น. 2) กล่าวว่า คำว่า “บูรณาการ” ในความหมายทั่วไป หมายถึง การทำสิ่งที่บกพร่องให้สมบูรณ์โดยการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดอยู่เข้าไป หรือเป็นการนำส่วนประกอบย่อยมารวมกันตั้งแต่สองส่วนขึ้นไป เพื่อทำให้เป็นส่วนหนึ่งของส่วนทั้งหมดที่ใหญ่กว่า

สรุปได้ว่าโดยทั่วไปแล้ว บูรณาการ หมายถึง การผสมผสานเชื่อมโยงองค์ความรู้หรือองค์ประกอบของระบบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปให้ทำหน้าที่ประสานกันอย่างกลมกลืนเป็นองค์รวมที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์และเป็นระบบ

2. ความหมายในทางการศึกษา

นักวิชาการด้านการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่า บูรณาการ ไว้ดังต่อไปนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557, น.11) กล่าวว่า การบูรณาการ หมายถึง การทำให้สมบูรณ์ คือการทำหน่วยย่อยย่อยที่สัมพันธ์กันมาผสมกลมกลืนเป็นหนึ่งเดียวให้ครบสมบูรณ์ในตัวเอง

ยุวธิดา คำปวน (2560, น. 30) กล่าวว่า การสอนแบบบูรณาการ หมายถึง กระบวนการการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามความสนใจ ความสามารถ และความต้องการ โดยการ

เชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนทุกด้าน และสามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 3) กล่าวว่า การบูรณาการ (Integration) หมายถึง การผสมผสานองค์ความรู้ตั้งแต่ 2 องค์ความรู้ขึ้นไปเข้าด้วยกันอย่างลงตัวและเป็นระบบ ช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ความคิดรวบยอด (Concept) ในลักษณะที่เชื่อมโยงกันอย่างบูรณาการตอบสนองธรรมชาติ ความต้องการ และความสนใจของผู้เรียน

ทิศนา แขมมณี (2563, น. 147) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบบูรณาการ หมายถึง การนำเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกันมาสัมพันธ์ให้เป็นเรื่องเดียวกัน และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในลักษณะองค์รวม และสามารถนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้

สรุปได้ว่าในทางการศึกษา การบูรณาการ ความถึง การจัดประสบการณ์ให้กับผู้เรียนโดยนำแนวคิด ความรู้ ความคิดรวบยอด หรือทักษะที่มีความเกี่ยวข้องกัน มาเชื่อมโยงให้สัมพันธ์เป็นเรื่องเดียวกันเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในลักษณะองค์รวม และสามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

ความสำคัญของการบูรณาการ

การบูรณาการเป็นลักษณะการเรียนรู้โดยธรรมชาติของมนุษย์ในการปรับตัวเองอย่างต่อเนื่องด้วยการใช้ไหวพริบปฏิภาณ สติปัญญา และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งอื่น การบูรณาการสามารถช่วยพัฒนามนุษย์ให้มีความสมบูรณ์ ความถูกต้อง ความดีงาม รวมทั้งการสร้างคนให้เป็นบัณฑิตได้ การบูรณาการมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานในหลาย ๆ ภาคส่วน และถูกนำไปใช้ประยุกต์ในการทำงานทั้งภาครัฐและเอกชนอย่างกว้างขวาง เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563, น. 32-41) กล่าวถึงบทบาทสำคัญของการคิดเชิงบูรณาการในประยุกต์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ช่วยลดความผิดพลาดจากการคิดไม่ครบ เนื่องจากธรรมชาติของสมองนั้นมีกรอบความคิดหรือมุมมองของการคิดมีข้อจำกัด ประกอบการตอบสนองความต้องการเฉพาะหน้าส่งผลให้รีบเร่งตัดสินใจ เมื่อมีปัญหาจึงมักแก้ไขปัญหาโดยใช้การเลียนแบบเหตุการณ์ในอดีตทำให้ผิดพลาดได้ง่าย

2) การเชื่อมโยงทุกอย่างให้เป็นระบบช่วยให้มีความเข้าใจเรื่องที่มีความซับซ้อนได้อย่างลึกซึ้งและกว้างขวางมากขึ้น

3) ช่วยให้การตัดสินใจในเรื่องเล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อย และเกิดผลดีต่อเรื่องใหญ่ซึ่งเป็นองค์รวม

4) การเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างกลมกลืนจะช่วยลดความซ้ำซ้อนและการสิ้นเปลืองทรัพยากรที่ไม่จำเป็นได้

5) การเชื่อมโยงผสมผสานทำให้เกิดมุมมองจนทราบสาเหตุของปัญหาและเข้าใจความเชื่อมโยงของระบบอย่างครบถ้วน จึงช่วยให้สามารถแก้ปัญหาอย่างเบ็ดเสร็จ

6) ช่วยให้มองนอกกรอบความจำกัดสู่กรอบของสิ่งต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกันในกรอบที่กว้างและครบถ้วน จึงช่วยให้เกิดความตระหนักและมีผลให้เป็นคนที่ใจกว้าง

7) การเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ เข้าหากันส่งผลทำให้เกิดการประสานประโยชน์และลดความขัดแย้งได้

กระบวนการบูรณาการ

แนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการมีลักษณะอิงกับทฤษฎีระบบ (Systems Theory) ซึ่งว่าด้วยระบบที่ประกอบด้วยส่วนย่อยต่าง ๆ ที่ทำงานด้วยกันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกัน โดยเมื่อระบบถูกกำหนดขึ้นและมีการวิเคราะห์หน้าที่เพื่อแบ่งระบบทั้งหมดออกเป็นส่วนย่อยและทำความเข้าใจการเชื่อมโยงของระบบ เมื่อมีการปรับหรือสร้างและจัดการกับระบบการบูรณาการโดยนำส่วนย่อย ๆ กลับมารวมใหม่อีกครั้งก็จะทำให้เกิดตัวแบบของผลการดำเนินงานที่มีความสอดคล้องกัน (Alignment) (Barkley, 2006, p. 132-133) ในการบูรณาการสิ่งต่าง ๆ ตามแนวคิดที่กล่าวมานั้น มนุษย์ต้องอาศัยกระบวนการคิดเพื่อให้เกิดการทำงานที่มีลักษณะบูรณาการ ซึ่ง เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563, น. 44-70) ได้อธิบายว่าการบูรณาการมีลักษณะเป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงต่อเนื่องเป็นวงจร 3 ขั้นตอน ได้แก่

(1) ขั้นถอดกรอบ ผู้คิดจะต้องถอดกรอบความคิดเดิมที่มีออกเสียก่อน โดยปรับวิธีการคิดให้มีความยืดหยุ่น ในการตัดสินหรือวินิจฉัยสิ่งต่าง ๆ ต้องไม่ติดกรอบความคิดเดิม กรอบความเชื่อเดิม หรือกรอบทฤษฎีเดิม เปิดใจกว้างรับข้อมูลใหม่ที่ได้จากการสังเกตเพื่อพิจารณาอย่างครบถ้วน เชื่อมโยงโดยพิจารณาโอกาสที่เป็นไปได้หรือหาทางออกที่เหมาะสมกว่าเดิม

(2) ขั้นขยายกรอบ ขยายขอบเขตการคิดที่มีต่อเรื่องนั้น ๆ ให้กว้างออกไป พิจารณาเรื่องอย่างครบถ้วนทุกมุม เปิดโอกาสให้สมองเกิดความคิดเชื่อมโยง เพื่อหาความเป็นไปได้ในความสัมพันธ์ของสิ่งที่ดูเหมือนขัดแย้ง โดยยังไม่เร่งสรุปหรือตัดสิน ทำให้มองเห็นความเป็นไปได้ในมุมมองใหม่ ๆ เห็นแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีกว่าเดิมหรือสร้างสรรค์กว่าเดิม รวมทั้งเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างเรื่องนั้นกับปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

(3) ขั้นคลุมกรอบ เมื่อสมองพิจารณาข้อมูลอย่างครบถ้วนแล้ว สมองจะทำงานเชื่อมโยงหรือบูรณาการข้อมูลตามมุมมองทั้งหมดเข้าสู่แกนหลักของเรื่อง จนเกิดความสัมพันธ์เป็น

ระบบ เหมือนภาพจิ๊กซอว์ที่มีความสมบูรณ์ ช่วยเกิดมุมมองที่มีต่อเรื่องนั้น ๆ ครอบคลุมครบถ้วน พัฒนาเป็นกรอบความคิดใหม่ที่บูรณาการแล้ว

สรุปได้ว่า การบูรณาการเกิดขึ้นจากกระบวนการคิดเชิงระบบ ของสมองเพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบย่อย ๆ หรือหน่วยย่อย ๆ ให้ผสมผสานกันอย่างกลมกลืนจนเป็นองค์ประกอบหรือหน่วยที่ใหญ่ขึ้น มนุษย์สามารถบูรณาการองค์ความรู้ซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อยแต่ละเรื่อง ให้เกิดการผสมผสานเชื่อมโยงอย่างมีปฏิสัมพันธ์จนกลายเป็นความรู้ที่เป็นองค์รวมที่มีภาวะบูรณาการที่สมบูรณ์ได้ โดยกระบวนการบูรณาการมีขั้นตอนหลักสรุปได้ 3 ขั้นตอน คือ

1) การสลายกรอบความคิดเดิม โดยการวิเคราะห์แยกความเชื่อมโยงของข้อมูลหรือองค์ประกอบย่อยเดิมออกจากกันก่อน เพื่อลดข้อจำกัดที่เกิดจากความเชื่อเดิม หรือความรู้เดิม

2) การขยายขอบเขตหรือกรอบแนวคิด โดยขยายการรับรู้และการคิดให้กว้างออกไปจากขอบเขตหรือกรอบเดิม เพื่อเปิดรับข้อมูลใหม่ ๆ ให้ครบถ้วนในทุกแง่ทุกมุม และเปิดโอกาสให้สมองเกิดแนวคิดใหม่จากข้อมูลใหม่ หรือมุมมองใหม่ที่สมบูรณ์ขึ้น

3) สร้างกรอบแนวคิดใหม่ เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนแล้วสมองจึงจัดระเบียบความคิดและสังเคราะห์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเข้าเป็นองค์รวมอย่างเป็นระบบ สร้างเป็นกรอบแนวคิดหรือความรู้ใหม่

โดยเมื่อสมองทำงานครบทุกขั้นตอนแล้ว สมองสามารถเกิดการทำงานซ้ำเป็นวงจร จนได้ผลสำเร็จที่สมบูรณ์ตามเป้าหมายหรือเจตนารมณ์

อย่างไรก็ตาม การบูรณาการที่ให้ผลสมบูรณ์ต้องใช้เทคนิคหรือกลไกในการบูรณาการที่หลากหลาย (พระมหานรินทร์ สุมโน, 2560, น. 114)

1) การเชื่อมโยง เป็นการนำสิ่งหนึ่งหรือหลาย ๆ สิ่ง มาเชื่อมโยงกับสิ่งหนึ่งที่อยู่ในลักษณะแกนกลาง ทำให้เกิดเป็นเครือข่ายที่แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

2) การรวมกัน เป็นการนำสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปมารวมกัน เพื่อทำให้เกิดความสมบูรณ์ขึ้นกว่าเดิม และสามารถใช้ประโยชน์จากสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นร่วมกันได้

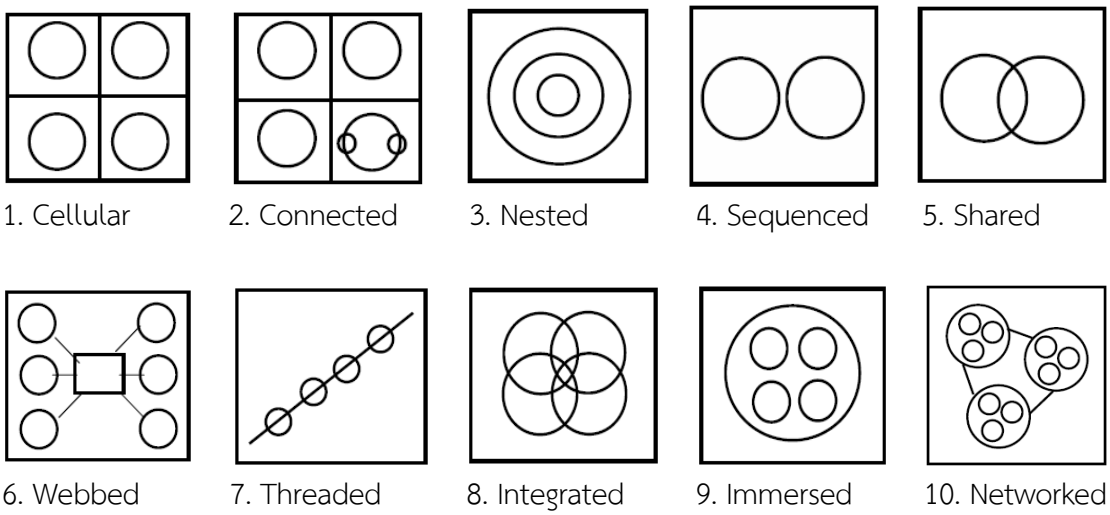
3) การประสานเป็นการทำให้สิ่งต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่างเฉพาะตนประสานสอดคล้องกับสิ่งอื่น ๆ อย่างกลมกลืนเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายเดียวกัน

4) การผนวก เป็นการผสมผสานสิ่งหนึ่งเข้ากับอีกสิ่งหนึ่งอย่างสมบูรณ์ และทำให้สิ่งที่อยู่ในภาพรวมดีขึ้นกว่าส่วนที่แยกกันอยู่

5) การเติมเต็ม เป็นการเพิ่มเติมสิ่งที่บกพร่องหรือขาดหายไปให้สมบูรณ์ขึ้น

รูปแบบการบูรณาการ

การเรียนการสอนแบบบูรณาการ เป็นแนวการสอนที่มุ่งให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และศาสตร์ที่จำเป็น เชื่อมโยงกับความจริงทางสังคมอย่างไม่แยกส่วน และนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ โดยสามารถบูรณาการได้ทั้งเชิงโครงสร้าง เชิงกระบวนการ และเชิงเนื้อหา (สุริยะ วงศ์คงคาเทพ, 2550, น. 5-6) การบูรณาการในหลักสูตรและการสอนสามารถทำได้หลายรูปแบบ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันไป และเหมาะสมกับระดับชั้นต่าง ๆ กันไป โฟการ์ตี้ (Fogarty, 1991, p. 63: Fogarty, 2009, p. 12) ได้เสนอรูปแบบของการบูรณาการที่น่าสนใจไว้ 10 แบบ (ภาพที่ 2.1) มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 2.1 รูปแบบการบูรณาการ ตามแนวคิดของโฟการ์ตี้ (Fogarty)
ที่มา: Fogarty (2009, น. 12)

1) Cellular หรือ Fragmented เป็นรูปแบบการบูรณาการ เนื้อหาสาระภายในวิชาเดียวกัน โดยสัมพันธ์ต่อเนื่องกันในลักษณะ ของการเรียงลำดับหัวข้อตามความเหมาะสม เช่น เรียงจากเรื่องที่ง่ายไปหายาก เรื่องที่มีความซับซ้อนน้อยไปหาเรื่องที่ซับซ้อนมากขึ้น หรือเรียงจากเรื่องที่เป็นพื้นฐานไปหาเรื่องที่สัมพันธ์ต่อเนื่องกัน และกว้างขวางขึ้น ในการสอนจะสอนตามหัวข้อที่กำหนด เมื่อจบหัวข้อหนึ่งก็ขึ้นหัวข้อใหม่ต่อไป

2) Connected เป็นรูปแบบการบูรณาการเนื้อหาสาระ ภายในเนื้อหาของแต่ละวิชาเช่นเดียวกัน แต่ในการสอนมีการเชื่อมโยง หัวข้อหรือ ความคิดรวบยอดถึงกัน เชื่อมโยงความคิดต่าง ๆ ให้สัมพันธ์กัน ทำให้เห็นความต่อเนื่องหรือเกี่ยวข้องกันของเนื้อหาที่เรียน ในหัวข้อต่าง ๆ เช่น หัวข้อ

ร่างกายของฉัน และอาหารที่มีประโยชน์ ในการสอน 2 หัวข้อนี้สามารถเชื่อมโยงให้เห็นว่าร่างกายต้องการอาหาร เพราะอะไร และอาหารมีความจำเป็นต่อคนอย่างไร เป็นต้น

3) Nested เป็นรูปแบบการบูรณาการเนื้อหาสาระ ภายในวิชาเดียวกันอีกรูปแบบหนึ่งแต่เพิ่มความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน มากขึ้น คือ การบูรณาการทักษะหลาย ๆ ทักษะเข้าด้วยกันในการ รวมเป็นเป้าหมายหลักของหัวข้อ เช่น หัวข้ออาหารที่มีประโยชน์ ครูนำทักษะต่าง ๆ มาบูรณาการสอนหัวข้อนี้ได้หลายทักษะ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคาดเดา ทักษะการตัดสินใจ ทักษะ การคิด ทักษะทางสังคม ทักษะการจัดข้อมูล โดยตั้งประเด็นปัญหา หรือคำถามขึ้นแล้วให้นักเรียนนำทักษะเหล่านี้ไปฝึกคิด อภิปราย และหาคำตอบ

4) Sequenced รูปแบบนี้เริ่มเป็นการบูรณาการ ระหว่าง 2 วิชา รูปแบบนี้สามารถทำได้ง่าย โดยการนำหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้สอนกันอยู่มาพิจารณาความคิดรวบยอด ทักษะหรือเจตคติของหน่วยใดคล้ายกันบ้างให้นำมาเชื่อมโยงบูรณาการกัน ซึ่งทั้ง 2 วิชายังสอนแยกกันอยู่ แต่สอนในเวลาเดียวกัน ดังนั้นต้องมีการจัดลำดับการสอนหัวข้อเรื่องหรือหน่วยการเรียนต่าง ๆ ใหม่ เพื่อจะได้สอนในช่วงเวลาเดียวกันได้ อาจมีการปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้ชัดเจนขึ้นแล้ววางแผนว่าจะสอนในช่วงเวลาใด เพื่อสิ่งที่นำมาบูรณาการกันนั้นจะได้ประสานกันอย่างกลมกลืน

5) Shared เป็นการบูรณาการระหว่าง 2 วิชา โดยเนื้อหาสาระที่สอนนั้นมีสาระความรู้หรือความคิดรวบยอด ที่คาบเกี่ยวกันอยู่ส่วนหนึ่ง ในการบูรณาการรูปแบบนี้ ต้องมีการวางแผนร่วมกัน สอนร่วมกันในส่วนที่คาบเกี่ยวกัน โดยอาจจัดเป็นหัวข้อร่วมกัน หรือทำโครงงานร่วมกัน และอีกส่วนหนึ่ง ที่ไม่ได้คาบเกี่ยวกันนั้นครูก็สอนแยกกันไปตามปกติ

6) Webbed เป็นรูปแบบการบูรณาการระหว่างวิชาหลายวิชา มีลักษณะเป็นการกำหนดหัวข้อเรื่อง (theme) ขึ้นมา แล้วเชื่อมโยงไปสู่วิชาต่าง ๆ ว่ามีประเด็นหรือเนื้อหาสาระใดที่เห็นว่ามีความสัมพันธ์กัน คล้ายคลึงกัน หรือต่อเนื่องกัน ที่จะสามารถ นำมาจัดรวมเป็นหัวข้อเรื่องเดียวกัน เพื่อที่จะได้สอนรวมกันไป อย่างกลมกลืนได้ ในการบูรณาการรูปแบบนี้จะบูรณาการกี่วิชา ก็ได้ ขึ้นอยู่กับประเด็นเนื้อหาสาระ ความคิดรวบยอด หรือทักษะ ส่วนเนื้อหาสาระใดของวิชาใดไม่สามารถนำมาบูรณาการกันได้ ก็ให้สอนตามปกติ

7) Threaded เป็นรูปแบบการบูรณาการที่ใช้ทักษะใดทักษะหนึ่งที่ต้องการฝึกเป็นหลัก เช่น ทักษะการคาดเดา ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการวิเคราะห์ แล้วกำหนดเนื้อหา ตลอดจนจัดการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชา ให้สัมพันธ์กับทักษะที่กำหนด ซึ่งจะเป็นกี่วิชาก็ได้

8) Integrated เป็นการจัดหลักสูตรบูรณาการ แบบสหวิทยาการ ที่นำเอาความรู้ ความคิดรวบยอด หรือทักษะ ที่เหลื่อมล้ำกันอยู่ของวิชาต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ภาษาไทย ศิลปศึกษา มาวางแผนจัดสอนร่วมกันเป็นทีม การบูรณาการแบบนี้เป็นการช่วยสร้างความเข้าใจ และความ ซาบซึ้งระหว่างวิชาต่าง ๆ ให้กับผู้เรียน

9) Immersed เป็นรูปแบบบูรณาการที่นักเรียนได้ เรียนรู้เนื้อหาสาระในวิชาต่าง ๆ และมีความสนใจในเนื้อหาวิชาด้านใดด้านหนึ่ง แล้วนักเรียนใช้ความรู้เนื้อหานั้นในการศึกษา ค้นคว้า ซึ่งเปรียบเหมือนการใช้แว่นขยายประสบการณ์ของตนเอง สร้างประสบการณ์ให้กับตนเอง โดยในการหาประสบการณ์นั้นนักเรียนอาจจะต้องบูรณาการข้อมูลที่เรียนรู้ทั้งหมดมาใช้

10) Networked เป็นรูปแบบบูรณาการที่กลั่นกรองความรู้ที่มิใช่จากการศึกษาค้นคว้าของนักเรียน เพียงอย่างเดียว แต่นักเรียนจะได้เรียนรู้จากครู ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ทรงคุณวุฒิ รวมทั้งการใช้เครือข่ายการเรียนรู้ เรียนรู้ทั้ง ภายในสาขาวิชาและนอกสาขาวิชา แล้วเชื่อมโยงความรู้ เข้ารวมด้วยกันทั้งหมดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด ขยายออกไปเป็นแนวทางใหม่

จะเห็นได้ว่าลักษณะและรูปแบบของการบูรณาการหลักสูตรดังกล่าว เนื้อหา วิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้หลายวิธี มีทั้งแบบบูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้เดียวกัน บูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ และบูรณาการจากความคิดของผู้เรียนเอง การเลือกใช้รูปแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ ความคิดรวบยอด เจตคติ และทักษะที่ต้องการเน้น ซึ่งผู้สร้างหลักสูตรบูรณาการจะต้องรู้เนื้อหาสาระของหลักสูตรแล้วพิจารณาเลือกรูปแบบใช้ให้เหมาะสม

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2547, น. 4) กล่าวสรุปไว้ว่าลักษณะการบูรณาการในการเรียนการสอนไว้ 4 แบบ ได้แก่

1) การสอดแทรก (Infusion) เป็นการบูรณาการแบบเชื่อมโยงโดยผู้สอนคนเดียว วิธีการสอดแทรกนี้ผู้สอนวิชาใดวิชาหนึ่งนำวิชาอื่น ๆ มาบูรณาการกับวิชาที่ตนสอนและสามารถเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ให้เชื่อมโยงกับหัวเรื่องชีวิตจริงหรือภาระการเรียนรู้ที่กำหนดขึ้นมา

2) คู่ขนาน (parallel) วิธีการคู่ขนานผู้สอนหลายคนมาจากหลายวิชามาวางแผนร่วมกันเพื่อรวมองค์ประกอบของหัวเรื่อง (Theme) มโนทัศน์ (Concept) หรือปัญหา (Problem) แล้วผู้สอนแต่ละคนแต่ละวิชาแยกกันและการกำหนดชิ้นงานขึ้นอยู่กับผู้สอนแต่ต้องสะท้อนถึงหัวเรื่องแนวคิดหรือปัญหาที่กำหนดไว้รวมกันการบูรณาการแบบคู่ขนานในการสอนผู้สอน อาจตกลงกันว่าจะยึดเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สอดคล้องกับการพัฒนาสังคมและชีวิตที่มีการเชื่อมโยงคู่ขนาน เช่น ผู้สอนวิทยาศาสตร์จะสอนเรื่องเงา ผู้สอนศิลปะอาจจะให้ผู้เรียนรู้เทคนิคการวาดรูปที่มีเงา ฯลฯ

3) พหุวิทยาการ (Multidisciplinary) วิธีการพหุวิทยาการผู้สอนหลายคนมาจากหลายสาขาวิชามาสร้างแผนร่วมกันที่จะสอนเกี่ยวกับหัวเรื่อง (Theme) มโนทัศน์ (Concept) หรือปัญหา (Problem) และกำหนดการรวมของโครงการ ร่วมกันให้ออกมาเป็นชิ้นงานแบ่งโครงการออกเป็นโครงการย่อยการบูรณาการในหลาย ๆ สาขาวิชาสามารถวางแผนสร้างสรรค์โครงการของตนเองขึ้นมาได้โดยใช้เวลาการเรียนต่อเนื่องได้หลายชั่วโมง

4) การข้ามวิชาหรือการสอนเป็นทีม (Transdisciplinary) วิธีการข้ามวิชาหรือสอนเป็นที่แต่ละรายวิชามาวางแผนร่วมกันในองค์ประกอบของหัวเรื่อง (Theme) มโนทัศน์ (Concept) หรือปัญหา (Problem) กำหนดเป็นโครงการขึ้นมาและร่วมกันสอนเป็นคณะ

มารุต พัฒผล (2553, น. 25) กล่าวว่าการบูรณาการเป็นการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดต่าง ๆ โดยทั่วไปมี 4 รูปแบบ ดังนี้

1) การบูรณาการโดยผู้สอนคนเดียว ผู้สอนดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยเชื่อมโยงสาระสำคัญต่าง ๆ โดยจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองเพียงคนเดียว

2) การบูรณาการแบบคู่ขนาน ผู้สอนตั้งแต่สองคนขึ้นไป รวมกันจัดการเรียนการสอนโดยการวิเคราะห์สาระสำคัญให้สอดคล้องเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ ผู้สอนนำสาระสำคัญจากหลายกลุ่มสาระมาเชื่อมโยงเพื่อจัดการเรียนรู้ ซึ่งโดยทั่วไปผู้สอนมักจัดการเรียนการสอนแยกตามรายวิชาหรือกลุ่มวิชา แต่ในบางเรื่องครูผู้สอนจัดการเรียนการสอนร่วมกันในเรื่องเดียวกัน

4) การบูรณาการแบบโครงการ ผู้สอนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสาระสำคัญต่าง ๆ เป็นโครงการ โดยผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสร้างสรรค์โครงการอย่างสอดคล้องกับสาระที่กำหนดไว้ใช้เวลาเรียนอย่างต่อเนื่องกันจนครบทุกสาระสำคัญ

ทิศนา แขมมณี (2563, น. 147) กล่าวว่า การบูรณาการในการเรียนการสอน สามารถทำได้หลายลักษณะ ได้แก่

1) การบูรณาการภายในรายวิชา (Intradisciplinary) หมายถึง การนำเนื้อหาสาระในวิชาเดียวกัน หรือกลุ่มประสบการณ์เดียวกันมาสัมพันธ์

2) การบูรณาการระหว่างวิชา (interdisciplinary) หมายถึง การนำเนื้อหาสาระของหลาย ๆ รายวิชามาสัมพันธ์กันให้เป็นเรื่องเดียวกัน

สรุปได้ว่า การบูรณาการในการเรียนการสอนสามารถทำได้ในหลายลักษณะ โดยผู้สอนจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมเป้าประสงค์และบริบทที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ เลือกใช้การบูรณาการแบบบูรณาการภายในรายวิชา กำหนดลักษณะเป็นการบูรณาการความรู้ร่วมกับกระบวนการเรียนรู้ โดยเน้นบูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับกระบวนการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองในบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ขั้นตอน**การวางแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ**

นักวิชาการด้านการศึกษาได้เสนอขั้นตอนในการออกแบบบและวางแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ดังนี้ (ตารางที่ 2.9)

1. อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, น. 130) ได้เสนอขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ มีขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดหัวเรื่อง (Theme) ที่จะใช้เป็นแกนในการบูรณาการ โดยมีหลักการในการเลือกหัวเรื่อง ดังนี้

1.1) เป็นเรื่องที่ผู้เรียนสนใจและมีโอกาสได้เลือกเรียน

1.2) เป็นเรื่องที่สามารถโยงความสัมพันธ์ได้หลายวิชาหรือหลายกลุ่มประสบการณ์

1.3) เป็นเรื่องที่ผู้เรียนมีประสบการณ์เดิม สอดคล้องกับชีวิตจริง และมีความหมายต่อผู้เรียน

1.4) เป็นเรื่องที่มีแหล่งเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ศึกษาคิดค้นอย่างหลากหลายและเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับท้องถิ่นกับความรู้ที่เป็นสากล

1.5) เป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนและส่งเสริมการพัฒนาผู้เรียนรอบด้าน

2) ตั้งชื่อเรื่อง โดยตั้งชื่อเรื่องที่เรียนให้น่าสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น

3) จัดทำแผนผังความคิด โดยใช้หัวเรื่องเป็นแกน แล้วเชื่อมโยงไปยังวิชาหรือกลุ่มประสบการณ์อื่น เท่าที่จะเชื่อมโยงได้ (ไม่จำเป็นต้องโยงไปทุกวิชาทุกครั้ง)

4) วางแผนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ในแต่ละกลุ่มประสบการณ์หรือวิชาอย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กัน

5) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 2.9 ผลการการสังเคราะห์ขั้นตอนการวางแผนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

อาภรณ์ ใจเที่ยง	พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข	คิลเบนและมิลแมน	ฉันทนา วิริยะเวชกุล	ขั้นตอนการวางแผนจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการวิจัย
1) กำหนดหัวเรื่อง (Theme) ที่จะใช้เป็นแกนในการบูรณาการ 2) ตั้งชื่อเรื่อง โดยตั้งชื่อเรื่องที่เรียนให้น่าสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น 3) จัดทำแผนผังความคิด โดยใช้หัวเรื่องเป็นแกน แล้วเชื่อมโยงไปยังวิชาหรือกลุ่มประสบการณ์อื่น 4) วางแผนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ในแต่ละกลุ่มประสบการณ์หรือวิชาอย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กัน 5) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้	1) กำหนดหัวเรื่อง (Theme) 2) ทำเครือข่ายความคิด หรือผังความคิด หรือผังกราฟฟิกเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องของเรื่อง 3) จัดเรียงลำดับเนื้อหาและทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องนำไปวางแผนการจัดการเรียนรู้ 4) วางแผนการจัดการเรียนรู้ ระบุมโนทัศน์ กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เตรียมสื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ กำหนดวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ 5) ปฏิบัติการสอน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ 6) การประเมิน ปรับปรุงและพัฒนาการสอนแบบบูรณาการให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น	1) ระบุหัวข้อ – ผู้สอนระบุหัวข้อโดยต้องเป็นองค์ความรู้ที่จัดระเบียบ 2) ระบุเป้าหมายการเรียนรู้ กำหนดเนื้อหาที่เป็นเป้าหมาย และชี้แจงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้าง โดยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ สังเกต รูปแบบ ฯลฯ 3) เตรียมข้อมูล เตรียมข้อมูลที่ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์เพื่อบรรลุเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลและใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อทำความเข้าใจได้ 4) กำหนดคำถาม ผู้สอนกำหนดคำถามที่คุณจะถามระหว่างบทเรียน วางแผนคำถามล่วงหน้า	1) กำหนดหัวเรื่องที่จะเป็นเกณฑ์ในการดำเนินการและสัมพันธ์รายวิชาใดก็ได้ 2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทุกรายวิชาที่ร่วมบูรณาการ 3) กำหนดเนื้อหาย่อยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของทุกรายวิชาที่ร่วมบูรณาการ 4) กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน เลือกและสรรค์สร้างกิจกรรม สอนที่เปิดโอกาส ให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดกระบวนการแก้ปัญหา 5) กำหนดการประเมิน กำหนดกรอบการประเมิน วิธีการประเมิน ตัวผู้ เกณฑ์การประเมิน	1) กำหนดหัวเรื่อง โดยบูรณาการสู่โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2) กำหนดหัวเรื่อง และขอบเขตขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วัตถุประสงค์ เวลา บริบท เนื้อหาบูรณาการสู่การแสวงหาความรู้และกิจการทางวิทยาศาสตร์ 3) ออกแบบและวางแผนการสอนในรายละเอียด ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน การวัดและประเมินผล โดยบูรณาการสู่การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) ปฏิบัติการสอนตามแผนโดยเน้นใช้แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง 5) กำหนดการประเมินองค์ประกอบการสอนและประเมิน เพื่อการปรับปรุง

2. พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2557, น. 17) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) กำหนดหัวเรื่อง (Theme) วิธีกำหนดรูปแบบที่ 1 กำหนดหัวเรื่องก่อน วิธีกำหนดรูปแบบที่ 2 กำหนดหัวเรื่องหลังจากผสมผสานวัตถุประสงค์การเรียนรู้ร่วมของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ โดยกำหนดจากเรื่อง ได้แก่ มโนทัศน์ (Concept) ประเด็นปัญหา (Problem) เรื่องที่เป็นปัญหา (Issue) เรื่องที่ต้องใช้ในการสืบสอบ/แก้ปัญหา (Problem solving) แหล่งการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการค้นคว้า (Resource learning) ความสนใจของผู้เรียน (Student's interest)

2) ทำเครือข่ายความคิด (Web) หรือผังความคิด (Concept map) หรือผังกราฟฟิก (Graphic map) เกี่ยวกับเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับหัวเรื่อง และหัวข้อเรื่อง และทักษะของกลุ่มสาระเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3) จัดเรียงลำดับเนื้อหาและทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง เพื่อนำไปวางแผนการจัดการเรียนรู้

4) วางแผนการจัดการเรียนรู้

4.1) ระบุมโนทัศน์

4.2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

4.3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.4) เตรียมสื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

4.5) กำหนดวิธีการประเมินผลการเรียนรู้

3. คิลเบนและมิลแมน ได้สรุปขั้นตอนการวางแผนการเรียนการสอนแบบเชิงบูรณาการไว้ 4 ขั้นตอน (Kilbane & Milman (2014, p. 353-356) ได้แก่

1) ระบุหัวข้อ ผู้สอนระบุหัวข้อโดยต้องเป็นองค์ความรู้ที่จัดระเบียบ

2) ระบุเป้าหมายการเรียนรู้ ผู้สอนต้องตัดสินใจว่าผู้เรียนต้องเข้าใจอะไรเกี่ยวกับหัวข้อที่ระบุ กำหนดเนื้อหาที่เป็นเป้าหมาย และชี้แจงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้าง โดยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ ให้นักเรียนสังเกตรูปแบบ ฯลฯ

3) เตรียมข้อมูล โดยทั่วไปข้อมูลจะถูกจัดเรียงในรูปแบบเมทริกซ์ ผู้สอนต้องเตรียมข้อมูลที่นักเรียนสามารถวิเคราะห์เพื่อบรรลุเป้าหมาย รวบรวมข้อมูล และนักเรียนใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อทำความเข้าใจได้

4) กำหนดคำถาม ผู้สอนกำหนดคำถามที่ใช้ถามระหว่างบทเรียนไว้ล่วงหน้า

4. ฉันทนา วิริยะเวชกุล (2559, น. 23) ได้เสนอขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดหัวเรื่องที่จะเป็น เกณฑ์ ในการดำเนินการและสัมพันธ์รายวิชาใดก็ได้

2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ มีองค์ประกอบของจุดประสงค์ของทุกรายวิชาที่ร่วมบูรณาการ

3) กำหนดเนื้อหาย่อยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของทุกรายวิชาที่ร่วมบูรณาการ

4) กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน เลือกและสรรค์สร้างกิจกรรม สอนที่เปิดโอกาส ให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา

5) กำหนดการประเมิน กำหนดกรอบการประเมิน วิธีการประเมิน กำหนดตัวผู้ประเมิน (ครู นักเรียนหรือผู้ปกครอง) กำหนดเกณฑ์การประเมิน

สรุปได้ว่าในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ สรุปเป็นขั้นตอนเพื่อใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดหัวเรื่อง โดยระดมความคิดร่วมกันระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้สอนนำผู้เรียนเข้าสู่ปรากฏการณ์แล้วบูรณาการแนวคิดโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดมุมมองต่อปรากฏการณ์ที่ถูกต้องเพื่อกำหนดหัวข้อที่เหมาะสม

2) กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วัตถุประสงค์ เวลา บริบท เนื้อหา โดยผู้สอนกำหนดกิจกรรมให้ผู้เรียนนำโลกทัศน์มาสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดขอบเขตการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3) ออกแบบและวางแผนการสอนในรายละเอียด ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน การวัดและประเมินผล โดยบูรณาการแนวคิดการแสวงหาความรู้ให้เกิดผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4) ปฏิบัติการสอนตามแผน ผู้สอนชี้แนะบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง โดยเน้นการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจกิจการทางวิทยาศาสตร์ความรู้ให้เกิดผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

5) กำหนดการประเมิน โดยผู้สอนวัดผลและประเมินผู้เรียน ร่วมกันสะท้อนคิดเพื่อหาจุดเด่นจุดด้อยขององค์ประกอบการเรียนการสอน **เพื่อนำไปปรับ**ปรุง

ขั้นตอนการจัดเรียนการสอนแบบบูรณาการ

นักการศึกษาได้เสนอแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ไว้ดังนี้

1. คิลเบนและมิลแมน ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบเชิงบูรณาการ (Kilbane & Milman (2014, p. 353-356) โดยมีรายะเอียดดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 ขั้นอธิบาย เปรียบเทียบ และค้นหารูปแบบ ผู้สอนให้ผู้เรียนอธิบาย เปรียบเทียบ และค้นหารูปแบบในเนื้อหาที่กำหนด และให้คำแนะนำผู้เรียนโดยการสร้าง (หรือร่วมสร้างหรือให้ผู้เรียนสร้าง) เครื่องมือจัดระบบความคิด เช่น แผนภาพ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างกรอบความคิดและการบันทึกข้อมูล ในส่วนผู้เรียนทำหน้าที่วิเคราะห์เนื้อหาโดยการอธิบาย เปรียบเทียบ และค้นหารูปแบบในเนื้อหาที่ศึกษา ผู้เรียน (หรือผู้สอน) นำข้อมูลไปใส่ในแผนผังที่เป็นเครื่องมือจัดระเบียบความคิดที่ผู้สอนหรือผู้เรียนพัฒนาขึ้น หรือพัฒนาร่วมกัน

2) ขั้นตอนที่ 2 ขั้นอธิบายความคล้ายคลึงและความแตกต่าง ผู้สอนให้ผู้เรียนเสนอคำอธิบายที่บ่งชี้ความคล้ายคลึงและความแตกต่างในเนื้อหาที่ศึกษา ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบและปรับแนวคิดในการใช้ไดอะแกรมและสัญลักษณ์เพื่อนำเสนอแนวคิด ตลอดจนการระบุลักษณะของแนวคิด และการเปรียบเทียบแนวคิด

3) ขั้นตอนที่ 3 ขั้นกำหนดสมมติฐาน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานโดยอิงจากเงื่อนไขต่างๆ เพื่อตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ศึกษาซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะในการปรับแนวคิดให้เหมาะสม

4) ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสรุปผลเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่กว้างขวาง ผู้สอนกระตุ้นให้ ผู้เรียนสร้างข้อสรุปเพื่อแสดงให้เห็นความเข้าใจในความสัมพันธ์ที่กว้างขวางระหว่างเนื้อหาที่ศึกษา ผู้สอนเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในการรับรู้ความหมายและการตีความแนวคิดต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

2. กันตภณ มะหาหมัด และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ (2558, น. 84) ได้เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะวิชาชีพ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นสร้างความสนใจ ผู้สอนชี้แจงเกณฑ์การประเมิน กระตุ้นความสนใจ และนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับการประกอบอาชีพ

2) ขั้นการให้หลักการ ผู้สอนให้ข้อมูลที่สำคัญกับผู้เรียน

3) ขั้นการเรียนรู้ ในภาคทฤษฎี ผู้เรียนร่วมกันศึกษา และสรุปความรู้เป็นรายบุคคล ในภาคปฏิบัติ ผู้เรียนปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม โดยผู้เรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม และปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานในวิชาชีพ

4) ขั้นการประเมินผล ในภาคทฤษฎี ทำการทดสอบความรู้และประเมินผลเป็นรายบุคคล ในภาคปฏิบัติ ทำการสอบปฏิบัติโดยการประเมินผลเป็นรายบุคคล จากการสังเกตการปฏิบัติงาน

5) ขั้นการสรุปผล ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปสาระความรู้ ปรับความเข้าใจให้ผู้เรียน และแจ้งผลการประเมินแก่ผู้เรียน

3. รสริน อะปะหัง และคณะ (2558, น. 89-90). ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 5 ขั้น ได้แก่

1) ขั้นสร้างแรงบันดาลใจ ผู้สอนสร้างเจตคติในการเรียนรู้ แล้วทบทวนพื้นฐานความรู้เดิม นำสถานการณ์ปัญหา มาให้ผู้เรียนได้คิดเพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการเรียน

2) ขั้นแสวงหาความรู้ใหม่ ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาแนวทางในการหาคำตอบ จากสื่อการเรียนการสอน และแหล่งการเรียนรู้ที่ครูได้จัดเตรียมไว้

3) ขั้นค้นพบความรู้ ผู้เรียนระดมสมองร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหาผ่านกระบวนการกลุ่ม สะท้อนความคิดเห็น ร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็น สรุปองค์ความรู้

4) ขั้นฝึกปฏิบัติคิดสร้างสรรค์ ผู้สอนนำสถานการณ์ ปัญหาที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย ให้ผู้เรียนฝึกคิด ลงมือปฏิบัติจริงด้วยการใช้สื่ออุปกรณ์ และทำแบบฝึกหัดคิดสร้างสรรค์

5) ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด ผู้เรียนนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานหรือชิ้นงาน ผู้เรียนและผู้สอนสรุปผลการเรียนรู้ประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการสังเกต ตรวจผลงาน และการสอบถาม

4. วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 7-9) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งผู้เรียนต้องเรียนรู้ตามขั้นตอนและผู้สอนต้องออกแบบกระบวนการบูรณาการให้สอดคล้องกันโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นที่ 1 ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเอง ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีเป้าหมายที่ต้องการประสบความสำเร็จ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเป็นเจ้าของการเรียนรู้ (Ownership) เสริมสร้างแรงจูงใจภายใน ใช้เป้าหมายในการเรียนรู้เป็นเครื่องมือดึงศักยภาพของผู้เรียนออกมา

2) ขั้นที่ 2 ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง การเรียนรู้บูรณาการเชิงสร้างสรรค์มีลักษณะเป็น Project-based learning, Problem-based learning, Creative-based learning, Research-based learning และการเรียนรู้ในลักษณะอื่น ๆ ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ ตามแนวทาง Active learning ผู้เรียนสามารถบูรณาการ Concept ต่าง ๆ เข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ของตนเอง

3) ขั้นที่ 3 ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแผนการเรียนรู้ของตนเอง ด้วยความกระตือรือร้น มี Growth Mindset มีวินัยในตนเอง มีความ เชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง ใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย ตามวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน (Learning style) ผู้เรียนใช้เทคโนโลยี เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผู้เรียนยังต้องกำกับติดตาม (Monitor) ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของตนเอง และรายงานต่อผู้สอน อย่างต่อเนื่องในลักษณะของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

สำหรับผู้สอนทำหน้าที่โค้ช ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ชี้แนะ ให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิด กระบวนการเรียนรู้ และแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง แทนการออกคำสั่งหรือกำหนดเส้นทาง การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนโดยที่ผู้เรียนไม่ต้องคิดอะไร นอกจากนี้ผู้สอนยังมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน (Facilitator) ประเมินความก้าวหน้า ทางการเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงสร้างสรรค์ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนตามสภาพจริง (Authentic creative feedback)

4) ขั้นตอนที่ 4 ผู้เรียนประเมินตนเอง (Self-assessment) เกี่ยวกับ Concept ที่ได้เรียนรู้ ทักษะที่เกิดการพัฒนา ตลอดจน สมรรถนะและคุณลักษณะที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ สะท้อนคิด (Reflection) และถอดบทเรียน (Lesson learned) เกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาตนเองต่อไป

5) ขั้นตอนที่ 5 ผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงสร้างสรรค์ ในลักษณะของการให้ข้อมูลย้อนกลับสรุปผลการเรียนรู้ (Summative feedback) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนทำได้ดี สิ่งที่ประสบความสำเร็จ และสิ่งที่ผู้เรียน ควรปรับปรุงแก้ไข และเสนอแนะ แนวทางการพัฒนาตนเองให้กับผู้เรียนรายบุคคล (Individualize feedback for improvement)

4. กนกวรรณ เรืองศิริ และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2563, น. 119). ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการเตรียมความพร้อม (Preparation: P) เป็นขั้นตอนที่กำหนดให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า และทำงานนอกชั้นเรียน เพื่อทบทวนความรู้เดิม สืบเสาะ และแสวงหาข้อมูลและเนื้อหาที่ได้ผ่านการศึกษามาหรือที่เกี่ยวข้อง ก่อนเข้าห้องเรียนสำหรับการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีการฟื้นคืนความรู้และการนำมาใช้ในการศึกษาหัวข้อใหม่ๆ หรือเนื้อหาขั้นสูงต่อไป

2) ขั้นการทบทวน (Pre-Learning: P) เป็นขั้นตอนที่ทดสอบความรู้ของผู้เรียนหลังจากได้ศึกษา ค้นคว้า และที่ได้กลั่นกรองมาจากประสบการณ์ของตนเอง โดยผู้สอนจะได้ทราบพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน เพื่อทำการปรับกระบวนการเรียนการสอน และกำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียนและขอบเขตของเนื้อหาในหลักสูตรเป็นสำคัญ

3) ขั้นการให้เนื้อหา (Information: I) เป็นขั้นตอนของการให้เนื้อหาแก่ผู้เรียน ผู้สอนจะให้เนื้อหาใหม่ๆ หรือองค์ความรู้ขั้นสูงกับผู้เรียนตามระดับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนและตามที่หลักสูตรกำหนดไว้ โดยใช้เทคนิคการสอนและนวัตกรรมการศึกษาสมัยใหม่

4) ขั้นการทำกิจกรรม (Activity: A) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำกิจกรรมกลุ่ม โดยผู้สอนมีการกำหนดโจทย์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ไขปัญหาโดยใช้ทฤษฎีขั้นสูงที่ได้เรียนรู้มา กำหนดให้ผู้เรียนมีการปรึกษา การแลกเปลี่ยน และการหาข้อสรุปภายในกลุ่ม ผ่านกิจกรรมการเรียนที่หลากหลายและแตกต่างกันตามสภาพของกลุ่มผู้เรียน เพื่อค้นหาผลลัพธ์และคำตอบที่ต้องการ

5) ขั้นการอภิปรายผล (Discussion: D) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นปัญหาที่กำหนด และทั้งผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลลัพธ์ด้วยกันเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องและสร้างองค์ความรู้ใหม่ร่วมกันและสรุปผล

6) ขั้นการประเมินผล (Assessment: A) เป็นขั้นของการวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนผ่านวิธีการวัดผลที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้กำหนดไว้ในหลักสูตร ตลอดจนผู้สอนมีการตรวจปรับและวิเคราะห์ข้อมูลป้อนกลับ

จากกระบวนการบูรณาการตามแนวคิด และขั้นตอนการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่กล่าวมา ผู้วิจัยนำมาสังเคราะห์และกำหนดขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แยกออกเป็น 5 ขั้นตอน มีสาระสำคัญดังนี้ (ตารางที่ 2.10)

1) ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นสร้างเจตคติในการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่กำหนด โดยให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ สลายกรอบความคิดเดิมเพื่อให้เกิดความคิดที่ยืดหยุ่นเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการเรียนรู้และมีมุมมองที่กว้างจากเดิมเพื่อเปิดมุมมองตามโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2) ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และวางแผนการเรียนรู้ ผู้สอนกระตุ้นและชี้แนะในการขยายกรอบแนวคิดออกไปเพื่อเปิดรับความรู้ใหม่ ซึ่งต้องพิจารณาโครงสร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง ต้องค้นคว้าองค์ความรู้เพิ่ม โดยการขยายกรอบความคิดออกไปให้ครอบคลุมปรากฏการณ์ นำมาวางแผน เลือกหรือออกแบบวิธีการในการเรียนรู้ที่สามารถบูรณาการได้อย่างเหมาะสมโดยใช้แนวคิดการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) ขั้นที่ 3 ลงมือปฏิบัติ ผู้สอนชี้แนะ แนะนำ และสนับสนุนผู้เรียนให้สามารถปฏิบัติตามแผนการเรียนรู้ของตนเองด้วยเจตคติที่ดี ใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย แนวคิดการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4) ขั้นที่ 4 สะท้อนคิด ผู้สอนกระตุ้นให้เกิดการบูรณาการในองค์รวม โดยให้ผู้เรียนสรุปประสบการณ์เรียนรู้สะท้อนคิดและสรุปบทเรียน การแลกเปลี่ยนความรู้ หรือนำเสนอผลงานด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อสร้างกรอบความคิดใหม่เป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์ แนวคิดการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกิจการทางวิทยาศาสตร์

5) ขั้นที่ 5 ประเมินผลการเรียนรู้ ผู้เรียนประเมินตนเองเพื่อสร้างกรอบแนวคิดใหม่และการตกผลึกความรู้ โดยเชื่อมไปสู่บริบทสังคมและสิ่งแวดล้อมที่กว้างออกไปสู่สากลตามแนวคิดด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์

จากขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยนำไปใช้บูรณาการร่วมกับแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่อไป

ตารางที่ 2.10 การสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อนำไปใช้ผสานเป็นรูปแบบการจัดเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แนวคิดจากการค้นคว้า		
1. คิลเบนและมิลแมน	**2. กันตภณ มะหาหมัด และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์**	**3. รสริน อะปะหัง และคณะ**
1) ขั้นอธิบาย เปรียบเทียบ และค้นหารูปแบบ ผู้สอนให้ผู้เรียนอธิบาย เปรียบเทียบ และค้นหารูปแบบในเนื้อหาที่กำหนด โดยใช้เครื่องมือจัดระบบความคิด เช่น แผนภาพ ในการสร้างกรอบความคิดและการบันทึกข้อมูล 2) ขั้นอธิบายความคล้ายคลึงและความแตกต่าง ผู้เรียนนำเสนอคำอธิบายที่บ่งชี้ความคล้ายคลึงและความแตกต่างในเนื้อหาที่ศึกษา ผู้สอนกระตุ้นตรวจสอบและปรับแนวคิด 3) ขั้นกำหนดสมมติฐาน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ศึกษา ชี้แนะในการปรับแนวคิดให้เหมาะสม 4) ขั้นสรุปผลเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่กว้างขวาง ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างข้อสรุปความรูปความเข้าใจเพื่อนำไปประยุกต์ใช้	1) ขั้นสร้างความสนใจ ผู้สอนชี้แจงเกณฑ์การประเมิน กระตุ้นความสนใจ และนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับการประกอบอาชีพ 2) ขั้นการให้หลักการ ผู้สอนให้ข้อมูลที่สำคัญกับผู้เรียน 3) ขั้นการเรียนรู้ ผู้เรียนร่วมกันศึกษา และสรุปความรู้เป็นรายบุคคล ผู้เรียนปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม มีส่วนร่วม และปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานในวิชาชีพ 4) ขั้นการประเมินผล ทดสอบความรู้ และประเมินผลเป็นรายบุคคล สอบปฏิบัติโดยการประเมินผลเป็นรายบุคคล จากการสังเกตการปฏิบัติงาน 5) ขั้นการสรุปผล ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปสาระความรู้ ปรับความเข้าใจให้ผู้เรียน และแจ้งผลการประเมินแก่ผู้เรียน	1) ขั้นสร้างแรงบันดาลใจ ผู้สอนสร้างเจตคติในการเรียนรู้ แล้วทบทวนพื้นฐานความรู้เดิม นำสถานการณ์ปัญหามาให้ผู้เรียนได้คิดเพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการเรียน 2) ขั้นแสวงหาความรู้ใหม่ ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาแนวทางในการหาคำตอบ จากสื่อการเรียนการสอน และแหล่งการเรียนรู้ที่ครูได้จัดเตรียมไว้ 3) ขั้นค้นพบความรู้ ผู้เรียนระดมสมองร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหาผ่านกระบวนการกลุ่ม สะท้อนความคิดเห็นร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็น สรุปองค์ความรู้ 4) ขั้นฝึกปฏิบัติคิดสร้างสรรค์ ผู้สอนนำสถานการณ์ ปัญหาที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย ให้ผู้เรียนฝึกคิด ลงมือปฏิบัติจริงด้วยการใช้สื่ออุปกรณ์ และทำแบบฝึกหัดคิดสร้างสรรค์ 5) ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด ผู้เรียนนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานหรือชิ้นงาน ผู้เรียนและผู้สอนสรุปผลการเรียนรู้ประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการสังเกต ตรวจผลงาน และการสอบถาม

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

แนวคิดจากการค้นคว้า		สรุปขั้นตอน
4. วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล	**5. กนกวรรณ เรืองศิริ และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล**	**การเรียนการสอนแบบบูรณาการ**
1) ขั้นที่ 1 ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเอง ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีเป้าหมายที่ต้องการประสบความสำเร็จ เสริมสร้างแรงจูงใจภายใน 2) ขั้นที่ 2 ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง โดยใช้วิธีการเรียนรู้ที่เน้นลงมือปฏิบัติ (Active learning) 3) ขั้นที่ 3 ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแผนการเรียนรู้ของตนเอง ด้วยเจตคติที่ดี ใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย ติดตามและรายงานความก้าวหน้า ผู้สอนทำหน้าที่โค้ช อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน 4) ขั้นตอนที่ 4 ผู้เรียนประเมินตนเอง ผ่านกิจกรรมสะท้อนคิดและถอดบทเรียนเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาตนเอง 5) ขั้นตอนที่ 5 ผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงสร้างสรรค์ ประเมินผลสรุปผลการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข การพัฒนาตนเองให้กับผู้เรียนรายบุคคล	1) ขั้นการเตรียมความพร้อม กำหนดให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ทบทวนความรู้เดิม สืบเสาะ และแสวงหาข้อมูลและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการศึกษา 2) ขั้นการทบทวน ทดสอบความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า และประสบการณ์เพื่อทราบพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน นำมาใช้ปรับกระบวนการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน 3) ขั้นการให้เนื้อหา ผู้สอนจะให้องค์ความรู้ขั้นสูงกับผู้เรียนตามระดับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคการสอนและนวัตกรรมการศึกษาสมัยใหม่ 4) ขั้นการทำกิจกรรม ผู้เรียนทำกิจกรรมกลุ่มตามโจทย์ปัญหาที่ผู้สอนกำหนด เพื่อฝึกแก้ไขปัญหาโดยใช้ทฤษฎีขั้นสูง ผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและแตกต่างกันตามสภาพของผู้เรียน 5) ขั้นการอภิปรายผล ผู้เรียนนำเสนอผลการศึกษา ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลลัพธ์เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ร่วมกัน 6) ขั้นการประเมินผล วัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนผ่านวิธีการวัดผลที่หลากหลาย ตรวจปรับและวิเคราะห์ข้อมูลป้อนกลับ	1) ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ในสถานการณ์เรียนรู้ 2) ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และวางแผน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้น วางแผน เลือกหรือออกแบบวิธีการเรียนรู้ ให้คำชี้แนะและสนับสนุนอย่างเหมาะสม 3) ขั้นที่ 3 ลงมือปฏิบัติ ผู้สอนชี้แนะ และสนับสนุนให้ผู้เรียนใช้วิธีการที่หลากหลายปฏิบัติการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) ขั้นที่ 4 สะท้อนคิด ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันสะท้อนคิดและสรุปบทเรียนโดยแลกเปลี่ยน หรือนำเสนอผลงานด้วยวิธีการที่หลากหลาย 5) ขั้นที่ 5 ประเมินผลการเรียนรู้ ผู้เรียนประเมินตนเอง และผู้สอนประเมินผลให้ข้อมูลป้อนกลับเชิงสร้างสรรค์

หลักปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ

ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการนั้น วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 5-6) ได้เสนอหลักการบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งนำไปสู่การปฏิบัติให้เกิดประสิทธิผลที่ดี ไว้ดังนี้

1) การบูรณาการความคิดรวบยอด ควรนำความคิดรวบยอดที่สามารถบูรณาการกันได้อย่างมีความหมาย ซึ่งความคิดรวบยอดบางอย่างอาจจะนำมาบูรณาการกันได้ยากในบริบทของการจัดการเรียนรู้บางบริบท ทำให้กิจกรรมการเรียนรู้ไม่ราบรื่น ติดขัด ความคิดรวบยอดที่บูรณาการกันอย่างลงตัวจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายและคงทน

2) การบูรณาการที่ลงตัว ควรตอบสนองธรรมชาติ ความต้องการและความสนใจของผู้เรียน การบูรณาการที่ลงตัวจะช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ที่มีความกระตือรือร้น (Active learning) ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3) การบูรณาการจะประสบความสำเร็จ เมื่อผู้สอนวิเคราะห์ธรรมชาติของความคิดรวบยอดที่จะนำมาบูรณาการ และเลือกความคิดรวบยอดมาบูรณาการอย่างเหมาะสม เนื่องจากความคิดรวบยอดมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีธรรมชาติไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปแล้ว ความคิดรวบยอดที่เป็นประเภทเดียวกันหรือมีธรรมชาติเหมือนกันจะบูรณาการกันได้ง่าย

4) การบูรณาการใด ๆ ควรคำนึงถึงความเป็นไปได้ ในการจัดการเรียนรู้ในสถานการณ์จริง บางครั้งผู้สอนอาจจะออกแบบการบูรณาการไว้เป็นอย่างดี แต่สิ่งที่ออกแบบไว้นั้นมีความซับซ้อนมากเกินไป หรือยากเกินความสามารถของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ ความคิดรวบยอดได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

5) การบูรณาการที่ดี ควรมีความกระชับ ไม่พร่ามัว มีจุดเน้นของสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning)

สรุปได้ว่า การบูรณาการที่ดีควรบูรณาการให้เกิดความคิดรวบยอด โดยตอบสนองตามธรรมชาติและความสนใจของผู้เรียน โดยผู้สอนต้องวิเคราะห์ก่อนที่จะบูรณาการสิ่งที่เกี่ยวข้องเข้าเป็นองค์รวม กระบวนการไม่ควรซับซ้อนโดยควรเน้นจุดสำคัญให้ชัดเจน มีความกระชับ เพื่อให้เกิดความสำเร็จและเกิดประโยชน์

ในส่วนของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการนั้น วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 6-7) ได้เสนอหลักการที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติเพื่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ไว้ โดยสรุปไว้ว่า

1) พัฒนาผู้เรียนให้มีกรอบความคิดที่เชื่อว่าคนเราสามารถเรียนรู้และพัฒนาตัวเองให้ดีขึ้นได้ (Growth mindset) โดยให้ผู้เรียนตอบคำถามตนเองว่าต้องการบรรลุเป้าหมายอะไร หรืออยากทำอะไรให้ ประสบความสำเร็จ เนื่องจากสิ่งนี้เป็นปัจจัยเบื้องต้นที่สำคัญที่สุดในการเรียนรู้ของผู้เรียน

2) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดเชิงบูรณาการ และควรมีกิจกรรมในลักษณะที่เป็นการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project work) ให้ผู้เรียนนำความคิดรวบยอดที่หลากหลายมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ตามความสนใจของผู้เรียน

3) กิจกรรมการเรียนรู้ควรมีลักษณะเปิด (Open space) คือ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้ใช้ความสามารถหรือศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ ไม่ปิดกั้นจินตนาการสร้างสรรค์ของผู้เรียน

4) กระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้และสร้างแนวคิด (Idea) ในการนำ Concept ที่เรียนมาออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรม ตามความสนใจ

5) ผู้สอนมีบทบาทในการโค้ชให้ผู้เรียนใช้ศักยภาพในการเรียนรู้มากที่สุด ชี้แนะให้ข้อเสนอแนะและให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงสร้างสรรค์ (Creative feedback) ให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

กล่าวโดยสรุปได้ว่าในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการในเชิงปฏิบัติในเชิงสร้างสรรค์ ควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดกรอบความคิดที่เชื่อว่าเราสามารถเรียนรู้และพัฒนาตัวเองให้ดีขึ้นได้ (Growth mindset) ผู้สอนควรเลือกกิจกรรมที่มีลักษณะการเรียนรู้ที่ใช้โครงการเป็นฐาน และมีลักษณะเปิด เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดในการนำความรู้ ทักษะมาบูรณาการไปสู่การคิดและลงมือปฏิบัติตามขั้นตอน ส่วนผู้สอนควรแสดงบทบาทในลักษณะโค้ช ทำหน้าที่ชี้แนะและให้ข้อมูลย้อนกลับให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้วิจัยออกแบบให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายในการสืบเสาะและวิเคราะห์ถอดความรู้วิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อนำทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายทางวิทยาศาสตร์และนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาแนวคิดในการจัดการเรียนการสอน กิจกรรมที่ใช้เน้นกระตุ้นส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ประโยชน์และข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ

1. ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ

1) ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในลักษณะองค์รวม มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชา ทำให้ เป็นผู้มีทัศนะกว้างไกล และลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้

2) ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง โดยผสมผสานความรู้ คุณธรรม ค่านิยม และลักษณะ อันพึงประสงค์ เป็นการเพิ่มศักยภาพของผู้เรียนได้อย่างเต็มที่ ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ตลอดชีวิต และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตจริงอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ

3) ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้หลายรูปแบบที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา

4) ส่งเสริมการปกครองระบอบประชาธิปไตย รู้จักเคารพสิทธิเสรีภาพของผู้อื่น โดยคำนึงถึงความคิดเห็นและผลประโยชน์ของส่วนรวมเป็นหลัก

5) ช่วยแก้ปัญหาด้านการขาดครูสอนในแต่ละรายวิชา

6) ส่งเสริมให้เกิดทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหา ทั้งผู้เรียนและผู้สอน

2. ข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ

ข้อจำกัดที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มีดังนี้

1) เป็นวิธีการที่ทำได้ค่อนข้างยาก เพราะต้องอาศัยความร่วมมือจากครูผู้สอนหลายคนมาปรึกษา หารือร่วมกัน ต้องมีความเข้าใจตรงกัน และต้องเป็นความร่วมมืออย่างจริงจังและจริง ต้องทุ่มเททั้งความรู้ ความสามารถ และเวลาอย่างเต็มที่

2) การบูรณาการหลักสูตรเข้าด้วยกัน อาจทำให้ผู้เรียนขาดความลึกซึ้งในการเรียนรู้ มองไม่เห็นความสำคัญของเนื้อหาสาระ หรือวิชาการต่าง ๆ ตามที่ครูต้องการได้

3) การจัดตางรางสอนให้ผู้สอนได้ยาก โดยเฉพาะผู้สอนที่สอนประจำวิชาต่าง ๆ ที่ต้องจึงต้องจัดตารางสอนของแต่ละห้องแน่นอนตายตัว ซึ่งขัดกับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ เพราะเนื้อหาสาระต่าง ๆ จะคลุกเคล้ากันไปตามบรรยากาศของการเรียนการสอน

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมาย แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับรูปแบบ องค์ประกอบ และขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เพื่อใช้สังเคราะห์และพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

นิยามและความหมาย

นักวิชาการได้ให้ความหมายของคำว่า “รูปแบบ (Model)” ไว้หลายท่าน ดังนี้

รัตนะ บัวสนธ์ (2552, น. 124) กล่าวว่า ความหมายของรูปแบบสามารถจำแนกออกเป็น 3 ความหมาย ดังนี้

1) แผนภาพหรือภาพร่างของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ยังไม่สมบูรณ์เหมือนของจริง รูปแบบ ในความหมายนี้มักจะเรียกทับศัพท์ในภาษาไทยว่า “โมเดล” ได้แก่ โมเดลบ้าน โมเดลรถยนต์ โมเดลเสื้อ เป็นต้น

2) แบบแผนความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักกันในชื่อ ที่เรียกว่า “Mathematical Model”

3) แผนภาพแสดงถึงองค์ประกอบการทำงานของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง รูปแบบ ในความหมายนี้บางทีเรียกกันว่าภาพย่อส่วนของทฤษฎีหรือแนวคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เช่น รูปแบบการสอน รูปแบบการบริหาร รูปแบบการประเมิน เป็นต้น

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 135) กล่าวว่า รูปแบบเป็นผลที่เกิดจากความคิดเพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อการพัฒนาที่ดำเนินการเป็นขนาดเล็กหรือในลักษณะย่อส่วน มีการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบันจากกลุ่มตัวอย่างที่เลือก โดยใช้วิธีการที่เป็นระบบหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์จนได้รูปแบบที่สามารถนำไปใช้ได้จริง มีความเหมาะสม และเป็นไปได้ เช่น รูปแบบการเรียนการสอน ฯลฯ

ทิศนา แขมมณี (2563, น. 220) กล่าวว่า รูปแบบเป็นรูปธรรมของความคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งบุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น เป็นคำอธิบาย เป็นแผนผัง ไดอะแกรม หรือแผนภาพ เพื่อช่วยให้ตนเอง และบุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น รูปแบบเป็นเครื่องมือทางความคิดที่บุคคลใช้ในการสืบสอบหาคำตอบ ความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์ทั้งหลาย

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า รูปแบบ หมายถึง แบบแผนที่เป็นรูปธรรมของความคิดที่สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง องค์ประกอบ ตัวแปร และเกณฑ์ต่าง ๆ ของระบบให้เข้าใจได้ง่าย ซึ่งสามารถยึดเป็นแนวทางหรือหลักการในการดำเนินงานให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ ในการวิจัยนี้เป็นรูปแบบที่แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทำงานเชื่อมโยงกันตามทฤษฎีหรือแนวคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ในลักษณะรูปแบบการเรียนการสอน

นักวิชาการได้ให้ความหมายของคำว่ารูปแบบการเรียนการสอนไว้ดังนี้

Joyce & Weil (2004, p. 7) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง การนำแนวคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้และทฤษฎีมาจัดระบบแบ่งออกได้เป็น 4 ประการ คือ 1) ลำดับขั้นของการสอน 2) ปฏิสัมพันธ์ของครูกับนักเรียน 3) ปฏิกิริยาของครูต่อพฤติกรรมของนักเรียน 4) สิ่งสนับสนุนการสอน

ทิศนา แขมมณี (2563, น. 221) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง สภาพลักษณะของการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญซึ่งได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎีหลักการแนวคิดต่าง ๆ โดยประกอบด้วยกระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่สามารถช่วยให้การเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดที่ยึดถือรูปแบบจะต้องได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนในการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง แบบแผนการจัดการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญ ประกอบด้วย กระบวนการเรียนการสอน วิธีสอน กลยุทธ์การสอน และเทคนิคการสอนต่าง ๆ ซึ่งได้รับการออกแบบและจัดไว้อย่างเป็น

ระบบตามหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ โดยรูปแบบการเรียนการสอนที่ดีจะต้องได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้ในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์นั้น ๆ ได้

แนวคิดวิธีการเชิงระบบ

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้มีโครงสร้างครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยทั่วไปนิยมใช้วิธีการเชิงระบบในการจัดเป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการจัดการสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นระเบียบ เพื่อนำไปสู่การทำงานให้ตรงกับเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งนั้นอย่างละเอียด และจัดการองค์ประกอบเหล่านั้นให้สัมพันธ์กัน สงัด อุทรานันท์ (2525, น. 5) กล่าวว่าการเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่เป็นระบบ มีแบบแผนที่ชัดเจนและมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ตัวป้อน กระบวนการ และผลผลิต

1) ตัวป้อน ประกอบด้วย ผู้สอน ผู้เรียน หลักสูตร สิ่งแวดล้อมการเรียนการสอน

2) กระบวนการ กระบวนการจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน การกำหนดเนื้อหาวิชา การดำเนินการสอน และการประเมินผลการเรียนการสอน

3) ผลผลิต ส่วนสุดท้ายของการเรียนการสอน คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนด้านความรู้ ทักษะ ทัศนคติ ซึ่งเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่กำหนดไว้

ทิศนา แขมมณี (2563, น. 199) กล่าวว่า ส่วนประกอบสำคัญของระบบ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน ดังนี้

1) ตัวป้อน (Input) คือ องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบนั้น หรืออีกนัยหนึ่งก็คือสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบนั้น องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบใดระบบหนึ่งจะมีจำนวน และความสำคัญมากน้อยเพียงใด มักขึ้นอยู่กับความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของผู้จัดระบบ

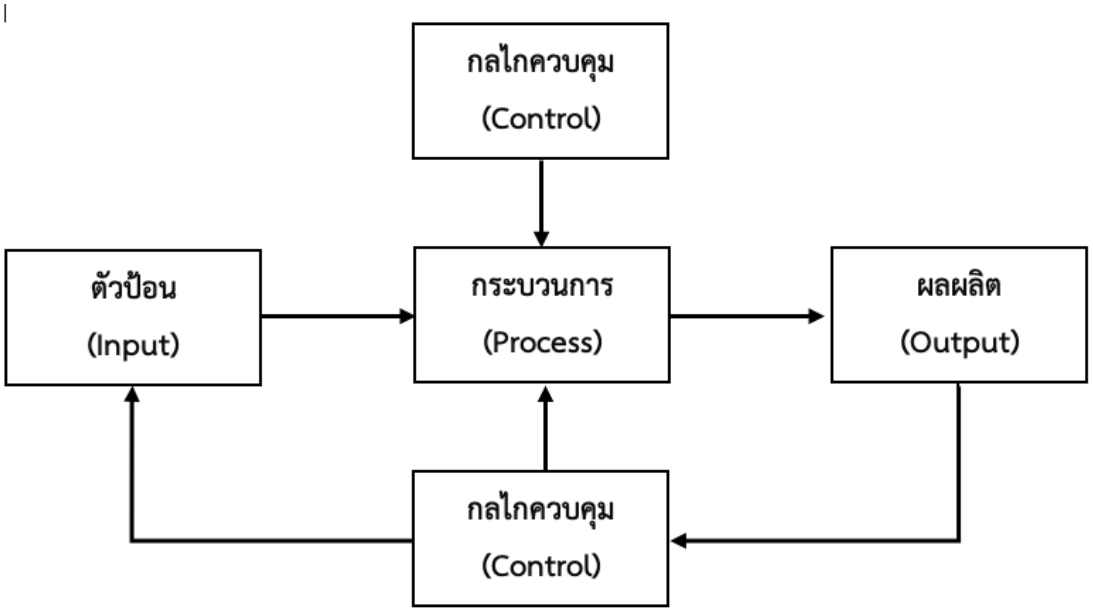
2) กระบวนการ (Process) คือ การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบให้มีลักษณะที่เอื้ออำนวยต่อการบรรลุเป้าหมายระบบใดระบบหนึ่ง อาจมีองค์ประกอบเหมือนกัน แต่อาจมีลักษณะของการจัดความสัมพันธ์แตกต่างกันได้ แล้วแต่ความคิด ความรู้ และประสบการณ์ของผู้จัดระบบ

3) ผลผลิต (Output) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดำเนินงาน หากผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้แสดงว่า ระบบนั้น มีประสิทธิภาพหากผลที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามที่คาดหวังแสดงว่าระบบนั้นยังมีจุดบกพร่อง ควรที่จะพิจารณาแก้ไขปรับปรุงกระบวนการหรือตัวป้อน ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดผลนั้น

อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบทั้งสามส่วนถือเป็นองค์ประกอบเบื้องต้น ระบบที่สมบูรณ์ควรจะมีส่วนสำคัญเพิ่มขึ้นอีก 2 ส่วน คือ

4) กลไกควบคุม (Control) คือ กลไกหรือวิธีการที่ใช้ในการควบคุมหรือตรวจสอบกระบวนการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5) ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) คือ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับจุดมุ่งหมาย ซึ่งจะเป็นข้อมูลป้อนกลับไปสู่การปรับปรุงกระบวนการและตัวป้อน ซึ่งสัมพันธ์กับผลผลิตและตัวป้อน ซึ่งสัมพันธ์กับผลผลิตและเป้าหมายนั้น มีลักษณะดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบของระบบที่สมบูรณ์
ที่มา: ทิศนา แขมมณี (2563, น. 200)

จากนิยามความหมายและลักษณะองค์ประกอบของระบบ ในการจัดระบบการเรียนการสอน สามารถนำวิธีการคิดเป็นระบบ (Systematic thinking) หรือใช้วิธีการเชิงระบบ (Systematic approach) มาใช้มาใช้ในการจัดระบบการกำหนดองค์ประกอบและจัดองค์ประกอบของระบบให้มีความสัมพันธ์กับอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อนำไปสู่จุดมุ่งหมายที่กำหนด หรือจัดระบบในกรอบความคิดของตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุม ผลผลิต และข้อมูลย้อนกลับ และนำเสนอแผนผังของระบบนั้นในรูปแบบของระบบให้สมบูรณ์

องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน มีสาระสำคัญ ดังนี้

1. จอยซ์, ไวล์ และคาลฮูน ได้เสนอรูปแบบสำหรับการนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน ต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ (Joyce, Weil & Calhoun, 2004, p. 49-55)

1) จุดประสงค์ของรูปแบบ เป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบ

2) เนื้อหา เป็นส่วนที่ระบุถึงเนื้อหาที่จะใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของรูปแบบ

3) กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการ เป็นส่วนที่ระบุถึงกิจกรรมการปฏิบัติในขั้นตอนหนึ่ง ๆ เมื่อนำรูปแบบไปใช้

4) การวัด และประเมินผล เป็นการประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน

2. ปราโมทย์ จันทร์เรือง (2553, น. 16) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1) หลักการของรูปแบบ เป็นส่วนที่กล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบ หลักการจะเป็นตัวชี้นำการกำหนดจุดประสงค์เนื้อหา กิจกรรม ขั้นตอนการดำเนินงาน

2) จุดประสงค์ของรูปแบบ เป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการสอน

3) สาระและกระบวนการเป็นส่วนที่ระบุถึงเนื้อหาและกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของรูปแบบ

4) กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นส่วนที่ระบุถึงวิธีการปฏิบัติในขั้นตอนต่าง ๆ เมื่อนำรูปแบบการสอนไปใช้

5) การวัดและประเมินผล เป็นส่วนที่ประเมินถึงประสิทธิผลของรูปแบบ

3. ทิศนา แขมมณี (2563, น. 222) ได้กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน ต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1) มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อ ที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการเรียนการสอนนั้น ๆ

2) มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3) มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้น ๆ

4) มีการอธิบาย หรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย 1) หลักการ แนวคิด ทฤษฎี 2) วัตถุประสงค์ 3) เนื้อหา 4) กระบวนการเรียนการสอน 5) สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และ 6) การวัดผลประเมินผล โดยองค์ประกอบเหล่านี้ได้รับการออกแบบตามหลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่ถูกต้อง นำมาจัดระบบให้มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันเพื่อให้การเรียนการสอนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ ซึ่งกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบ ประกอบด้วย 1) แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2) จุดประสงค์ 3) เนื้อหา 4) กระบวนการเรียนการสอน 5) สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และ 6) การวัดและประเมินผล

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ช่วยให้ผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องตัดสินใจว่าการเรียนการสอนจะนำไปสู่การพัฒนาและเปลี่ยนแปลงผู้เรียนให้ก้าวหน้าได้ ดังนั้นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การเรียนการสอนมีเครื่องมือและองค?ประกอบที่เหมาะสมในการพัฒนาผู้เรียนได้ ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีจุดเริ่มต้นที่การกำหนดความต้องการให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนา ทั้งด้านความรู้และทักษะ จากนั้นจึงออกแบบวิธีการ ซึ่งเรียกกันว่า การออกแบบการเรียนการสอน แล้วนำผลที่ได้ไปทดลองใช้เพื่อประเมินว่าบรรลุผลตามความต้องการหรือไม่ การดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีสาระสำคัญ ดังนี้

1. จอยซ์, ไวล์ และคาลฮูน (Joyce, Weil & Calhoun, 2004, p. 7-8) ได้เสนอแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน สรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องกับพื้นฐานในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้นั้น ๆ เช่น ทฤษฎีด้านจิตวิทยา ทฤษฎีทางการเรียนรู้ หลักการสอนเบื้องต้น ฯลฯ

2) สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีพฤติกรรมรองรับแล้ว ต้องทำการวิจัย ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบที่พัฒนาขึ้นในสถานการณ์จริง แล้วนำผลการใช้มาประเมินเพื่อแก้ไขปรับปรุงให้ตรงตามแนวคิดทฤษฎีที่เป็นพื้นฐาน

3) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องมีจุดมุ่งหมาย หลักการ ต้องมีการกำหนดองค์ประกอบที่จะส่งเสริมให้การใช้รูปแบบให้ได้ผล ได้แก่ เงื่อนไขที่จำเป็นต่าง ๆ ในการใช้รูปแบบ

2. ริชีย์และคณะ (Richey et al., 2011, p. 19) ได้เสนอแนวคิดในการการออกแบบการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analyze) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Develop) การนำไปใช้ (Implement) และการประเมินผล (Evaluate) เรียกว่า ADDIE model รูปแบบนี้เป็นที่นิยมกันกว้างขวางในการนำไปออกแบบพัฒนาการเรียนการสอน ขั้นตอนการพัฒนาโดยใช้แนวคิด ADDIE Model มีดังต่อไปนี้

1) ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (Analyze) เป็นขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหาและศึกษาความต้องการในการเรียนการสอนหรือการฝึกอบรม โดยการวิเคราะห์ระบบ สิ่งแวดล้อม และสภาพขององค์กร เพื่อพิจารณาถึงทรัพยากรและอุปสรรคต่าง ๆ การศึกษาลักษณะของกลุ่มประชากร และวิเคราะห์เป้าหมายและจุดประสงค์ว่ามีสภาพการเรียนรู้ในลักษณะใด เช่น การเรียนรู้เนื้อหา การเรียนรู้ทักษะ หรือการเรียนรู้ที่เป็นความต้องการเฉพาะ

2) ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำผลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์มากำหนดเป้าหมายและจุดประสงค์ที่สามารถสังเกตได้ วัดได้ จัดลำดับเป้าหมายและจุดประสงค์ให้ง่ายต่อการเรียนและการปฏิบัติ วางแผนการประเมินผลการเรียนรู้และการปฏิบัติ พิจารณาวิธีการเรียนการสอนให้เหมาะกับเนื้อหา การจัดกลุ่มผู้เรียนในลักษณะต่าง ๆ ในลักษณะกลุ่มและรายบุคคล และคัดเลือกสื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสม

3) ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Develop) เป็นขั้นตอนพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างรูปแบบการเรียนการสอน กิจกรรม หรือสื่อ ให้ครบถ้วนตามที่ได้ออกแบบไว้ นำรูปแบบการเรียน กิจกรรม หรือสื่อที่สร้างไปการทดสอบ (Try out) กับกลุ่มเป้าหมาย นำผลที่ได้มาปรับปรุงให้สมบูรณ์

4) ขั้นที่ 4 การนำไปใช้ (Implement) เป็นขั้นตอนการนำไปใช้หรือเผยแพร่ โดยนำรูปแบบการเรียนการสอน กิจกรรม หรือสื่อที่สร้างขึ้น ไปใช้ในบริบท ซึ่งอาจต้องติดตั้งสื่อ จัดอบรมให้ความรู้เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจวิธีการและรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน กิจกรรม หรือสื่อการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น รวมถึงให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนให้เกิดการยอดรับและนำไปใช้

5) ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นตอนการประเมินผลจากการนำไปใช้ โดยสร้างเครื่องมือเพื่อประเมินรูปแบบการเรียนการสอน กิจกรรม หรือสื่อ ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยนำรูปแบบการเรียนการสอน กิจกรรม หรือสื่อ และเครื่องมือวัดไปใช้การทดสอบ (Try-out) กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวินิจฉัยผลการเรียนรู้ที่เกิดจากผู้เรียน และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิผลและข้อด้อยที่พบจากการใช้เพื่อนำไปปรับปรุงให้สมบูรณ์ และประเมินผล

3. ทิศนา แขมมณี (2563, น. 201-204) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายการพัฒนาหรือการสร้างระบบหรือรูปแบบการเรียนการสอนให้ชัดเจน

2) ศึกษาหลักการ/ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อ กำหนดองค์ประกอบและเห็นแนวทางในการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบได้รอบคอบขึ้น ซึ่งจะทำให้รูปแบบหรือระบบมีความมั่นคงขึ้น

3) ศึกษาสภาพการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะช่วยให้ค้นพบองค์ประกอบที่สำคัญ ที่จะช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้จริง ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ และจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหลาย การนำข้อมูลจากความเป็นจริงมาใช้ในการสร้างรูปแบบจะช่วยขจัดหรือป้องกันปัญหาอันจะทำให้ระบบนั้นขาดประสิทธิภาพ

4) การกำหนดองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ การพิจารณาว่า มีอะไรบ้างที่สามารถช่วยให้เป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายบรรลุผลสำเร็จ

5) การจัดกลุ่มองค์ประกอบ ได้แก่ การนำองค์ประกอบที่กำหนดไว้มาจัดหมวดหมู่เพื่อความสะดวกในการคิดและดำเนินการในขั้นต่อไป

6) การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ต้องใช้ความคิด ความรอบคอบมาก ผู้สร้างระบบต้องพิจารณาว่าองค์ประกอบใดเป็นเหตุ และเป็นผลขึ้นต่อกันในลักษณะใด สิ่งใดควรมาก่อนหลัง สิ่งใดสามารถดำเนินการคู่ขนานไปได้ ขั้นนี้อาจใช้เวลาในการพิจารณามาก

7) การจัดผังระบบ เป็นการสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ โดยแสดงให้เห็นถึงผังจำลองขององค์ประกอบต่าง ๆ

8) การทดลองใช้ระบบ เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น

9) การประเมินผล ได้แก่ การศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้ระบบใด ๆ แล้วได้ผลตามเป้าหมายหรือใกล้เคียงกับเป้าหมายมากน้อยเพียงใด

10) การปรับปรุงระบบ นำผลการทดลองใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

สรุปได้ว่า ในการออกแบบการเรียนการสอนจะต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างรูปแบบให้ชัดเจน มีการศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎี ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดองค์ประกอบหลัก ได้แก่ เป้าหมาย วัตถุประสงค์การเรียน วิธีการเรียนการสอน เครื่องมือในการประเมิน สื่อการเรียนการสอน และแหล่งการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนการสอนที่ประสบความสำเร็จต้องทราบถึงข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน เช่น พื้นความรู้เดิม ความสนใจ เจตคติ ความพร้อมในการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน จึงกล่าวได้ว่าเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ โดยหลักสำคัญของการพัฒนารูปแบบการเรียน

การสอน ประกอบด้วย 1) การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน 2) การสร้างรูปแบบ 3) การหาคุณภาพรูปแบบ และ 4) การทดลองใช้รูปแบบ ในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดของ ADDIE model (Richey et al., 2011, p. 19) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analyze) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Develop) การนำไปใช้ (Implement) และการประเมินผล (Evaluate) เพื่อนำไปใช้พัฒนารูปแบบการเรียนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏต่อไป

การประเมินรูปแบบการเรียนการสอน

การประเมินรูปแบบมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบคุณภาพรูปแบบ การตรวจสอบรูปแบบมีหลายวิธี ซึ่งมีนักวิชาการกล่าวถึงการประเมินรูปแบบดังนี้

ไอส์เนอร์ กล่าวว่า การประเมินรูปแบบเป็นการประเมินเป็นความต้องการมีความละเอียดอ่อนมากกว่าการวิจัยเชิงปริมาณ คือ การประเมินโดยอ้างอิงจากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีความเชื่อว่าการรับรู้ที่เท่ากันนั้น เป็นคุณสมบัติพื้นฐานของผู้รู้และได้เสนอแนวคิดการประเมินโดยอ้างอิงจากผู้ทรงคุณวุฒิไว้ดังนี้ (Eisner, 1976, 192-193)

1) การประเมินแนวทางนี้มิได้เน้นผลสัมฤทธิ์ของเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ตามรูปแบบการประเมินแบบอิงเป้าหมาย การตอบสนองความต้องการของผู้เกี่ยวข้องตามรูปแบบการประเมินแบบสนองตอบ หรือกระบวนการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งแต่การประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจะเป็นการวิเคราะห์วิจารณ์อย่างลึกซึ้งเฉพาะในประเด็นที่นำมาพิจารณาไม่จำเป็นต้อง เกี่ยวโยงกับวัตถุประสงค์ หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเสมอไป แต่อาจจะผสมผสานปัจจัยในการพิจารณาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ตามวิจารณญาณของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับคุณภาพ ประสิทธิภาพ หรือความเหมาะสมของสิ่งที่ทำการประเมิน

2) เป็นรูปแบบการประเมินที่เน้นความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง ในเรื่องที่จะประเมิน โดยที่พัฒนามาจากรูปแบบการวิจารณ์งานศิลป์ที่มีความละเอียดอ่อน ลึกซึ้ง และต้องอาศัย ผู้เชี่ยวชาญระดับสูงมาเป็นผู้วินิจฉัย เนื่องจากเป็นการวัดคุณค่าที่ไม่อาจประเมินด้วยเครื่องวัดใด ๆ ได้และต้องใช้ความรู้ความสามารถของผู้ประเมินอย่างแท้จริง ต่อมามีการนำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้ในทางการศึกษาระดับสูงในวงการอุดมศึกษามากขึ้นในสาขาเฉพาะที่ต้องอาศัยผู้รู้เรื่องนั้นจริง ๆ มาเป็นผู้ประเมินผล

3) เป็นรูปแบบที่ใช้ตัวบุคคล คือ ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นเครื่องมือในการประเมินโดยให้ความเชื่อถือว่า ผู้ทรงคุณวุฒินั้นเที่ยงธรรมและมีดุลยพินิจที่ดี ทั้งนี้มาตรฐานและเกณฑ์พิจารณ ต่าง ๆ นั้นจะเกิดขึ้นจากประสบการณ์และความชำนาญของผู้ทรงคุณวุฒิเอง

4) เป็นรูปแบบที่ให้ความยืดหยุ่นในกระบวนการทำงานของผู้ทรงคุณวุฒิตามอัธยาศัย และความถนัดของแต่ละคน นับตั้งแต่การกำหนดประเด็นสำคัญที่จะพิจารณา การบ่งชี้ ข้อมูลที่ต้องการ

การเก็บรวบรวมการประมวลผลการวินิจฉัยข้อมูล ตลอดจนวิธีการนำเสนอการดำเนินการโดยวิธีอ้างอิงผู้ทรงคุณวุฒิถือว่าเป็นการประเมินทางการศึกษาที่เรียกว่าการวิพากษ์วิจารณ์ทางการศึกษานั่นเอง การวิพากษ์วิจารณ์ต้องอาศัยผู้ทรงคุณวุฒิติชม วิธีนี้นิยมใช้มากในระดับอุดมศึกษา และมีความน่าเชื่อถือได้ เพราะถือว่าเป็นการตัดสินหรือการวิพากษ์วิจารณ์โดยกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ในศาสตร์สาขาหรือวิชาชีพนั้น ๆ เป็นอย่างดีเป็นสิ่งที่ยอมรับได้

การทดสอบรูปแบบด้วยการประเมินตามมาตรฐานของ The Joint Committee on Standards of Educational Evaluation ซึ่งเสนอหลักการประเมินเพื่อเป็นบรรทัดฐานของการตรวจสอบรูปแบบ ว่าประกอบด้วยมาตรฐาน 4 ด้าน ดังนี้ (สุวิมล ว่องวานิช, 2549, น. 54-56; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, น. 178-180)

1) มาตรฐานความเป็นไปได้ (Feasibility standards) เป็นการประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง เป็นมาตรฐานที่ต้องการประกันถึงการประเมินที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงเหมาะสมกับสถานการณ์ปฏิบัติได้ยอมรับได้ประหยัดและคุ้มค่า

2) มาตรฐานด้านความเป็นประโยชน์ (Utility standards) เป็นการประเมิน การสนองตอบต่อความต้องการของผู้ใช้รูปแบบ อย่างครอบคลุมทันเวลาและมีผลต่อการนำไปใช้

3) มาตรฐานด้านความเหมาะสม (Propriety standards) เป็นการประเมินความเหมาะสมทั้งในด้านกฎหมายและศีลธรรมจรรยา คำนึงถึงสวัสดิภาพของผู้เกี่ยวข้องในการประเมินและผู้ที่รับผลกระทบจากการประเมิน

4) มาตรฐานด้านความถูกต้องครอบคลุม (Accuracy standards) เป็นการประเมินความน่าเชื่อถือและได้สาระครอบคลุมครบถ้วนตามความต้องการอย่างแท้จริงเพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อค้นพบและสารสนเทศที่เพียงพอ สำหรับตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ประเมิน

สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้มีคุณภาพนั้น การตรวจสอบหรือประเมินรูปแบบนั้นมีความสำคัญที่ต้องดำเนินการโดยสามารถทำได้ 3 วิธี คือ 1) ใช้ตัวบุคคล คือ ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นเครื่องมือในการประเมินรูปแบบโดยวิธีการสัมภาษณ์แบบการสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) ตามมาตรฐานการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านความเป็นประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ ด้านความเหมาะสม และด้านความถูกต้อง 2) ใช้วิธีอ้างอิงผู้ทรงคุณวุฒิ หรือการวิพากษ์ทางการศึกษาโดยใช้เทคนิคเดลฟาย หรือการสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) และ 3) ใช้วิธีการนำรูปแบบไปทดลองใช้ ในการวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ และนำรูปแบบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างแล้วศึกษาประสิทธิผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอน

แนวคิดเกี่ยวความคิดเห็น (Opinion)

นิยามและความหมาย

พจนานุกรมจิตวิทยาของสมาคมนักจิตวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (American Psychology Association: APA) ให้ความหมายของคำว่า ความคิดเห็น (Opinion) ไว้ว่าหมายถึง ทัศนคติ (Attitude) ความเชื่อ (Belief) หรือการตัดสิน (Judgement) (VandenBos, 2015, p. 736)

คาเนแมน (Kahneman, 2011, p. 21-22) ให้มุมมองว่า "ความคิดเห็นเป็นผลผลิตของระบบการคิดสองระดับ (Dual-process theory) ที่ประกอบด้วยการประมวลผลอย่างรวดเร็วโดยสัญชาตญาณ (System 1) และการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล (System 2)"

โบเนอร์และดิกเคิล (Bohner & Dickel, 2011, p. 411) ให้แนวคิดเกี่ยวกับความคิดเห็นว่าเป็นการแสดงออกทางสังคมถึงความเชื่อหรือทัศนคติของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจมีพื้นฐานจากข้อมูลหรืออารมณ์ที่ถูกกำหนดโดยบรรทัดฐานของกลุ่มและอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งสะท้อนถึงแนวคิดที่ว่าความคิดเห็นของปัจเจกบุคคลมักถูกปรับให้สอดคล้องกับกลุ่มสังคม

ฮ็อกก์และวอห์น (Hogg & Vaughan, 2018, p. 154-156) เสนอแนวคิดว่า ความคิดเห็นหมายถึง "การแสดงออกทางวาจา (Verbal expression)" ของทัศนคติ หรือความเชื่อนั้น ๆ ซึ่งความคิดเห็นมักจะอ้างถึงแง่มุมทางปัญญา (Cognitive aspect) ที่เฉพาะเจาะจงกว่าทัศนคติโดยอาจไม่ได้ผูกพันกับอารมณ์ความรู้สึกที่รุนแรง (Strong emotional weight) เหมือนทัศนคติบางประเภท

อัชเซน (Ajzen, 2020, p. 315) ให้นิยามความคิดเห็นว่าเป็น "การประเมินเชิงอัตวิสัย (Subjective evaluation) ที่สะท้อนความเชื่อหรือทัศนคติของบุคคลต่อวัตถุ สถานการณ์ หรือแนวคิดหนึ่ง ๆ" โดยเน้นว่าความคิดเห็นเป็นกระบวนการทางจิตที่เกี่ยวข้องกับการตีความข้อมูลที่สะท้อนความชอบหรือไม่ชอบของบุคคล มากกว่าการรับรู้ข้อเท็จจริง

สรุปได้ว่า ความคิดเห็น คือ การแสดงออกเชิงอัตวิสัยที่สะท้อนความเชื่อและทัศนคติของบุคคล ซึ่งถูกกำหนดโดยกระบวนการทางปัญญาและอารมณ์ความรู้สึก (ปัจจัยภายใน) และปัจจัยภายนอก (อิทธิพลทางสังคมและเทคโนโลยี) ซึ่งแตกต่างจากข้อเท็จจริงในแง่ของการตีความส่วนบุคคล

ทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดเห็น

ความคิดเห็น (Opinion) เป็นปรากฏการณ์ทางจิตวิทยาและสังคมที่ซับซ้อน ซึ่งนักวิชาการได้พัฒนาทฤษฎีหลายสำนักเพื่ออธิบายกลไกการเกิด การเปลี่ยนแปลง และบทบาทของความคิดเห็นในบริบทต่างๆ เพ็ตตีและคณะ (Petty et al., 2019, p.44) ให้แนวคิดว่าความคิดเห็นประกอบด้วยองค์ประกอบด้านปัญญา (Cognitive) อารมณ์ (Affective) และพฤติกรรม (Behavioral) โดยความคิดเห็นอาจพัฒนาไปสู่การกระทำเมื่อมีระดับความเห็นที่สูงขึ้นหรือมีความเข้มเพียงพอ ความคิดเห็น

เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างทัศนคติ ซึ่งมีทฤษฎีรากฐานที่เกี่ยวข้องหลายทฤษฎี ธีระพร อุวรรณโณ (2561, น. 39-40) กล่าวว่า เจตคติเกิดจากการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีดังนี้

1) การเรียนรู้เงื่อนไขคลาสสิก (Classical conditioning) เกิดจากการเชื่อมโยงเหตุการณ์ 2 อย่างเข้าด้วยกัน การเชื่อมโยงเช่นนี้เกิดขึ้นได้กับสิ่งที่เป็นทางลบหรือทางบวกสำหรับมนุษย์ เช่น คนที่กำลังปิดหน้าต่าง เพราะฝนกำลังจะตก ขณะนั้นมีฟ้าแลบและมีเสียงฟ้าร้องขึ้น ส่งผลให้นกพิราบซึ่งเกาะอยู่ใกล้หน้าต่าง กระพือปีกบินหนีไปเพราะรับรู้ฟ้าแลบและตกใจเสียงฟ้าร้อง เหตุการณ์นี้ส่งผลให้บุคคลผู้นั้นกลัวเสียงนกกระพือปีกตั้งแต่วันนั้นเป็นต้นมา ความกลัวนี้ก็ส่งผลให้บุคคลผู้นั้นมีเจตคติทางลบต่อเสียงนกกระพือปีก ในทางกลับกันนักธุรกิจที่เจรจาธุรกิจระหว่างอาหารค่ำที่แสนอร่อยส่งผลให้คู่เจรจาถ่ายโอนความรู้สึกดีต่ออาหารไปสู่ประเด็นธุรกิจที่เจรจา จนทำให้การเจรจาประสบผลสำเร็จด้วยดี

2) การเรียนรู้เงื่อนไขการกระทำ (Operant conditioning) การเรียนรู้ประเภทนี้เกิดจากการที่บุคคลแสดงพฤติกรรมอย่างหนึ่ง แล้วมีผลทางบวกหรือลบเกิดตามหลัง ถ้าเป็นผลทางบวกก็จะทำให้บุคคลผู้นั้นมีแนวโน้มจะแสดงพฤติกรรมนั้นซ้ำอีก ในวันข้างหน้าในสถานการณ์ที่คล้ายกัน ในทางกลับกันถ้าเป็นผลทางลบก็จะทำให้บุคคลผู้นั้นมีแนวโน้มจะไม่แสดงพฤติกรรมนั้นอีกในวันข้างหน้าในสถานการณ์ที่คล้ายกัน ตัวอย่างทางบวก เช่นครูถาม แล้วนักเรียนตอบ เมื่อตอบเสร็จครูชมนักเรียนว่า “ดีมาก” ก็จะทำให้นักเรียนมีแนวโน้มจะตอบคำถามของครูอีกในวันข้างหน้าและมีเจตคติทางบวกต่อการถามของครู

3) เจตคติที่เกิดจากการเรียนรู้จากการสังเกต (Observational learning) การเรียนรู้ประเภทนี้เกิดจากการที่บุคคลได้เห็นผู้อื่นแสดงพฤติกรรมอย่างหนึ่ง ก็ส่งผลให้บุคคลผู้นั้นมีศักยภาพที่จะแสดงหรือไม่แสดงพฤติกรรมนั้นได้ หากพฤติกรรมนั้นเป็นพฤติกรรมที่ทำไม่ยากและผู้กระทำได้รับผลทางบวกตามมา ก็ทำให้ผู้พบเห็นมีแนวโน้มจะทำตามได้มาก เช่น หากนักเรียนเห็นนักเรียนคนอื่นตอบคำถามครู แล้วครูชมว่าดีมาก ก็ทำให้นักเรียนที่เห็นนักเรียนคนอื่นตอบคำถามครู มีเจตคติทางบวกต่อการตอบคำถามครูและมีแนวโน้มจะขอตอบคำถามครูบ้างในโอกาสข้างหน้า

4) เจตคติที่เกิดจากความเชื่อ ซึ่งหมายถึง การเชื่อมโยงโดยอัตนัยระหว่างที่หมายของความเชื่อกับลักษณะบางอย่าง

ที่หมายของความเชื่อมีความหมายเหมือนกับที่หมายของเจตคติ เช่น บุคคล กลุ่มคน สถาบัน สิ่งของ และลักษณะของที่หมาย หมายถึง ลักษณะทางกายภาพ คุณสมบัติ ลักษณะในตัวของที่หมายนั้น ๆ หากความเชื่อของบุคคลต่อที่หมายหนึ่ง ๆ เชื่อมโยงกับลักษณะที่มีความหมายทางบวกสำหรับบุคคล บุคคลผู้นั้นก็จะมีเจตคติทางบวกต่อที่หมายนั้น เช่น ความเชื่อที่บุคคลมีต่อหนังสือพิมพ์ชื่อหนึ่งว่าเป็นหนังสือพิมพ์ที่เสนอข่าวอย่างเที่ยงธรรม ให้ความรู้ที่ถูกต้องแม่นยำ ฯ บุคคลผู้นั้นก็มี

เจตคติทางบวกต่อหนังสือพิมพ์ชื่อนั้น ส่วนที่หมายที่เชื่อมโยงกับลักษณะที่มีความหมายทางลบสำหรับบุคคล ก็ส่งผลให้บุคคลผู้นั้นมีเจตคติทางลบต่อที่หมายนั้น

ความเชื่อสามารถเกิดได้ 3 แบบ ได้แก่

4.1) เกิดจากการสังเกต (Descriptive belief) หมายถึง ความเชื่อที่เกิดจากการที่บุคคลได้สังเกตสิ่งนั้นด้วยตนเอง เช่น นักเรียนสังเกตเห็นเพื่อนตอบคำถามครู แล้วได้รับคำชมจากครู ทำให้นักเรียนมีเจตคติทางบวกต่อการตอบคำถามของครู เจตคติที่เกิดจากความการสังเกตนี้คล้ายคลึงกับเจตคติที่เกิดจากการเรียนรู้จากการสังเกต แต่มีที่มาทางทฤษฎีต่างกัน

4.2) ความเชื่อที่เกิดจากข้อมูลข่าวสาร (Informational belief) หมายถึง ความเชื่อที่เกิดจากการที่บุคคลได้รับข้อมูลข่าวสารแล้วบุคคลเชื่อตาม เช่น นักเรียนทราบข่าวจากสื่อมวลชนว่านักเรียนคนอื่นเก็บกระเป๋าเงินของผู้สูงอายุได้ แล้วนำไปให้ตำรวจตามหาเจ้าของ จนเจ้าของกระเป๋าได้รับกระเป๋าคืน และนักเรียนผู้นั้นได้รับการยกย่องจากสังคมในการทำความดี เช่นนี้ก็ทำให้นักเรียนที่ทราบข่าวมีเจตคติทางบวกต่อการเก็บของผู้อื่นไปส่งเจ้าหน้าที่ตำรวจด้วย

4.3) ความเชื่อที่เกิดจากการอนุมาน (Inferential belief) หมายถึง ความเชื่อที่เกิดจากการที่บุคคลอนุมานจากความเชื่อ 2 ประเภทแรก ตั้งแต่ 2 ความเชื่อขึ้นไป เช่น นักเรียนที่ทราบข่าวเรื่องนักเรียนคนอื่นเก็บกระเป๋าเงินของผู้สูงอายุและนำไปคืนเจ้าของกระเป๋า ได้รับการยกย่องจากทางโรงเรียนด้วย ก็ทำให้นักเรียนผู้นี้อนุมานว่าการเก็บกระเป๋าเงินของผู้อื่นได้และนำไปคืนเจ้าของ ได้รับการยกย่องจากคนรอบด้าน ส่งผลให้นักเรียนผู้นี้มีเจตคติทางบวกต่อการเก็บของผู้อื่นไปส่งคืนเจ้าของด้วย

องค์ประกอบของความคิดเห็น

ความคิดเห็นเป็นโครงสร้างทางจิตวิทยาที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญหลายส่วนที่ทำงานร่วมกัน โดยทั่วไปแล้ว นักวิชาการมักจะแบ่งองค์ประกอบของความคิดเห็นออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ องค์ประกอบทางปัญญา องค์ประกอบทางอารมณ์ และองค์ประกอบทางพฤติกรรม (Albarracín & Zanna, 2018, p. 23)

1) องค์ประกอบทางปัญญา (Cognitive component) หมายถึง ความเชื่อ (Beliefs) ความรู้ ข้อมูล หรือข้อเท็จจริงที่บุคคลมีเกี่ยวกับวัตถุของความคิดเห็นนั้น ๆ (เช่น บุคคล เหตุการณ์ สิ่งของ หรือแนวคิด) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคิด การวิเคราะห์ และการประมวลผลข้อมูล ซึ่งเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจและทัศนคติของเรา (Perloff, 2017, p. 19)

2) องค์ประกอบทางอารมณ์ (Affective component) หมายถึง ความรู้สึก (Feelings) หรือปฏิกิริยาทางอารมณ์ที่บุคคลมีต่อวัตถุของความคิดเห็นนั้นๆ เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับความชอบหรือไม่ชอบ ความพอใจหรือไม่พอใจ ความสุข ความโกรธ ความกังวล หรืออารมณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อนึกถึงหรือเผชิญหน้ากับวัตถุของความคิดเห็น (Albarracín & Zanna, 2018, p. 24; Perloff, 2017, p. 21)

3) องค์ประกอบทางพฤติกรรม (Behavioral Component) หมายถึง แนวโน้มในการตอบสนอง (Predisposition to act) หรือความตั้งใจที่จะแสดงพฤติกรรมบางอย่างที่สอดคล้องกับความคิดเห็นนั้น ๆ (Ajzen, 2005, p. 117)

องค์ประกอบทั้งสามนี้มักจะทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดและส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน ความเชื่อ (ปัญญา) สามารถนำไปสู่ความรู้สึก (อารมณ์) และความรู้สึกก็สามารถส่งผลต่อความตั้งใจที่จะทำ (พฤติกรรม) ได้ ในทำนองเดียวกัน การแสดงพฤติกรรมบางอย่างก็อาจส่งผลย้อนกลับไปเปลี่ยนแปลงความเชื่อหรือความรู้สึกได้เช่นกัน (Albarracín & Zanna, 2018, p. 25)

อัชเซน (Ajzen, 2020, p. 317) เสนอว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมใด ๆ ถูกกำหนดโดย 3 ปัจจัย ได้แก่

1) ทัศนคติ (Attitude) ความเชื่อว่าพฤติกรรมนั้นดีหรือไม่ดี

2) บรรทัดฐานเชิงอัตวิสัย (Subjective norm) ความคาดหวังจากสังคม

3) การควบคุมพฤติกรรมรับรู้ (Perceived behavioral control) ความเชื่อในความสามารถที่จะทำได้

การวัดความคิดเห็น

การวัดความคิดเห็นเป็นกระบวนการในการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพเกี่ยวกับทัศนคติ ความเชื่อ และการประเมินของผู้คนที่มีต่อประเด็น บุคคล หรือสิ่งของต่างๆ การเลือกรูปแบบและวิธีการที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ (O'Keefe, 2016, p. 101; Saris & Gallhofer, 2014, p. 3)

1. รูปแบบของการวัดความคิดเห็น (Forms of opinion measurement)

การวัดความคิดเห็นสามารถแบ่งออกเป็นสองรูปแบบหลักตามลักษณะของข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวม ได้แก่

1.1 การวัดเชิงปริมาณ (Quantitative measurement) เป็นการวัดที่มุ่งเน้นการเก็บข้อมูลในรูปแบบตัวเลข เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติและสรุปผลในภาพรวม มักใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เพื่อหาแนวโน้มและความสัมพันธ์ (Fowler, 2014, p. 27; Saris & Gallhofer, 2014, p. 3) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย, ความถี่, ความเข้มข้นของความคิดเห็น, การจัดอันดับ, การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ตัวอย่างคำถาม เช่น "คุณเห็นด้วยกับนโยบายนี้มากน้อยแค่ไหน?" (มีตัวเลือกให้เลือกจาก 'ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง' ถึง 'เห็นด้วยอย่างยิ่ง') หรือ "คุณให้คะแนนผลิตภัณฑ์นี้เท่าไหร่จาก 1 ถึง 10?"

1.2 การวัดเชิงคุณภาพ (Qualitative measurement) เป็นการวัดที่มุ่งเน้นการทำความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับความคิดเห็น เหตุผลเบื้องหลัง ความซับซ้อนของมุมมอง และประสบการณ์

ส่วนบุคคล มักใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (Creswell & Creswell, 2018, p. 26; Patton, 2015, p. 41) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นที่ไม่ชัดเจน, ค้นหาประเด็นใหม่ ๆ, ทำความเข้าใจแรงจูงใจและบริบท, รวบรวมเรื่องเล่าหรือประสบการณ์ ตัวอย่างคำถาม เช่น "ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับประเด็นนี้?" (ให้ผู้ตอบอธิบายอย่างอิสระ) หรือ "อะไรคือสาเหตุที่ทำให้ท่านรู้สึกเช่นนั้น?"

2. วิธีการและเครื่องมือที่ใช้วัดความคิดเห็น (Methods and tools for opinion measurement)

วิธีการวัดความคิดเห็นมีหลากหลาย ทั้งแบบใช้แบบสอบถาม สัมภาษณ์ หรือการสังเกตการณ์ โดยแต่ละวิธีก็มีเครื่องมือที่เหมาะสม

2.1 แบบสอบถาม (Questionnaires) เป็นเครื่องมือที่ใช้มากที่สุดในการวัดความคิดเห็นเชิงปริมาณ (Fowler, 2014, p. 11) โดยผู้ตอบจะตอบคำถามที่กำหนดไว้ล่วงหน้า มาตรวัดที่นิยมใช้ ได้แก่

1) มาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale): ให้ผู้ตอบแสดงระดับความเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความต่างๆ มักมี 5 หรือ 7 ระดับ เช่น "เห็นด้วยอย่างยิ่ง - เห็นด้วย - ปานกลาง - ไม่เห็นด้วย - ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง" (Saris & Gallhofer, 2014, p. 115)

2) มาตรวัดความแตกต่างเชิงความหมาย (Semantic Differential Scale): ให้ผู้ตอบให้คะแนนวัตถุของความคิดเห็นบนมาตรวัดที่มีคู่คำคุณศัพท์ตรงข้ามกันที่ปลายสุด เช่น ดี↔แย่ หรือ แข็งแรง↔อ่อนแอ (Perloff, 2017, p. 302)

3) มาตรวัดอัตราส่วน (Ratio Scale): ใช้สำหรับการวัดที่ผู้ตอบสามารถให้คะแนนในลักษณะที่มีศูนย์แท้จริง และสามารถเปรียบเทียบสัดส่วนได้ เช่น อายุ, จำนวนครั้ง (Babbie, 2016, p. 138)

4) มาตรวัดแบบจัดอันดับ (Ranking Scale): ให้ผู้ตอบจัดเรียงลำดับความสำคัญหรือความชอบจากตัวเลือกที่มีให้ (Fowler, 2014, p. 78)

5) มาตรวัดแบบเลือกตอบ (Multiple Choice/Dichotomous): ให้เลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนด เช่น ใช่/ไม่ใช่, เห็นด้วย/ไม่เห็นด้วย, หรือเลือกได้หลายข้อ (Fowler, 2014, p. 69)

วิธีการเก็บข้อมูล: แบบสอบถามกระดาษ, แบบสอบถามออนไลน์ (เช่น Google Forms) การสำรวจทางโทรศัพท์ (Dillman, Smyth, & Christian, 2014, p. 11-12).

2.2 การสัมภาษณ์ (Interviews) เป็นการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพที่ช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกผ่านการสนทนาโดยตรงกับผู้ให้ข้อมูล (Patton, 2015, p. 426) โดยมีรูปแบบ ดังนี้

1) สัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview): ใช้ชุดคำถามที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างเคร่งครัด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เปรียบเทียบกันได้ง่าย (Creswell & Creswell, 2018, p. 187)

2) สัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview): มีชุดคำถามหลัก แต่ผู้สัมภาษณ์สามารถปรับเปลี่ยนลำดับ คำถามเพิ่มเติม หรือเจาะลึกในประเด็นที่น่าสนใจได้ (Patton, 2015, p. 431)

3) สัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview): เป็นการสนทนาที่เปิดกว้าง ไม่มีคำถามที่กำหนดไว้ล่วงหน้ามากนัก เพื่อสำรวจความคิดเห็นในวงกว้างและเชิงลึก (Patton, 2015, p. 432) โดยใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องบันทึกเสียง, สมุดบันทึก, ซอฟต์แวร์ถอดเทปและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ฯลฯ

2.3 การสนทนากลุ่ม (Focus group discussions) เป็นการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสนทนากลุ่มเล็กๆ (มักใช้จำนวน 6-10 คน) เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่กำหนด โดยมีผู้ดำเนินรายการเป็นผู้ควบคุมทิศทางการสนทนา (Krueger & Casey, 2014, p. 13) โดยวิธีการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาความคิดเห็นที่หลากหลาย, ทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ทางสังคม, การสร้างความคิดเห็นร่วมกัน, และสำรวจประเด็นที่ซับซ้อน โดยใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องบันทึกเสียง/วิดีโอ, กระดานฟลิปชาร์ต, แบบฟอร์มบันทึกการสนทนา ฯลฯ

2.4 การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บข้อมูลความคิดเห็นโดยการสังเกตพฤติกรรมหรือการแสดงออกที่ไม่ใช่คำพูดของผู้คนในสถานการณ์จริง (Patton, 2015, p. 336) โดยมีเป้าประสงค์เพื่อทำความเข้าใจความคิดเห็นที่อาจไม่ถูกแสดงออกด้วยคำพูด, การตีความพฤติกรรมที่สอดคล้องกับความคิดเห็น โดยใช้เครื่องมือ เช่น Checklist, แบบฟอร์มบันทึกการสังเกต, กล้องวิดีโอ ฯลฯ สามารถทำได้ 2 แบบ ได้แก่

1) การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant observation) โดยผู้วิจัยเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มที่ศึกษา

2) การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Non-participant observation) ทำได้โดยผู้วิจัย

2.5 การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่แล้ว เช่น ข้อความในโซเชียลมีเดีย บทความข่าว สุนทรพจน์ เพื่อระบุรูปแบบ หัวข้อ หรือแนวโน้มของความคิดเห็นที่ปรากฏ (Krippendorff, 2018, p. 24) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นในวงกว้าง, วิเคราะห์การนำเสนอข่าวสาร, ระบุทัศนคติที่แฝงอยู่ โดยใช้เครื่องมือ เช่น ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อความ, การเข้ารหัสด้วยตนเอง (Manual coding)

ในการวัดความคิดเห็นควรใช้เครื่องมือที่ดี ซึ่งควรคำนึงคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ ในการสร้างเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลต้องพิจารณาคุณภาพดังนี้

1. มีความเที่ยงตรง (Validity): เครื่องมือวัดสามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างแท้จริงหรือไม่ (ตรงกับนิยามของความคิดเห็นที่เราต้องการวัด) (Babbie, 2016, p. 153)

2. มีความน่าเชื่อถือ (Reliability): เครื่องมือวัดให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องและมีความเชื่อมั่นเมื่อทำการวัดซ้ำ หรือเมื่อวัดโดยผู้วิจัยคนอื่น (Babbie, 2016, p. 154)

3. มีความเป็นกลาง (Neutrality): คำถามหรือวิธีการไม่ควรชี้นำหรือมีอคติ (Bias) ที่ทำให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Fowler, 2014, p. 119)

4. ความชัดเจนและกระชับ (Clarity and Conciseness): คำถามหรือคำสั่งต้องเข้าใจง่าย ไม่กำกวม และตรงประเด็น (Dillman, Smyth, & Christian, 2014, p. 35)

สรุปได้ว่าการเลือกรูปแบบและวิธีการที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลความคิดเห็นที่สะท้อนความเป็นจริงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ในการวัดความคิดเห็นเป็นการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพเกี่ยวกับทัศนคติ ความเชื่อและการประเมินของผู้คนที่มีต่อประเด็น บุคคล หรือสิ่งของต่างๆ ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำแนวคิดทฤษฎีมาใช้กำหนดการศึกษาความคิดเห็นจากบุคคล 3 กลุ่ม ได้แก่

ระยะที่ 1 ศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ท (Likert scale) เพื่อใช้เป็นข้อมูลหลักนำมาวิเคราะห์หลักฐานในการยืนยันองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 2 ศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนและพัฒนาหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ (Interviews) แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับบริบทและสภาพปัญหาด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น โดยใช้แบบสอบถามสร้างขึ้นโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ท (Likert scale) 5 ระดับ ครอบคลุมองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น

ระยะที่ 3 ศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้แบบสอบถามสร้างขึ้นโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ท (Likert scale) กำหนดมาตร 5 ระดับ ครอบคลุมองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบ

1. นิยาม

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่ช่วยให้นักวิจัยสร้างองค์ประกอบจากตัวแปรหลาย ๆ ตัวแปร โดยรวมกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นองค์ประกอบเดียวกันตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์อาจจะเป็นทางบวกหรือทางลบก็ได้ (สุภมาส อังศุโชติ (2551, น. 92)

ชรินทร์ทิพย์ หิรัญนุเคราะห์ และมณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ (2563, น. 573) กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง เทคนิควิธีทางสถิติสำหรับรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์นั้นอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ โดยแต่ละองค์ประกอบจะประกอบด้วยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรในองค์ประกอบที่ต่างกันจะสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2565, น. 75) กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (FA) เป็นเทคนิควิธีทางสถิติที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่ม หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์เป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ตัวแปรภายในองค์ประกอบเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรที่ต่างองค์ประกอบกันจะมีสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีก็ได้ สามารถใช้ได้ทั้งการพัฒนาทฤษฎีใหม่หรือการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎีเดิม

สรุปได้ว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิควิธีการทางสถิติสำหรับรวมกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์นั้นอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกหรือทางลบ โดยตัวแปรภายในองค์ประกอบเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรที่ต่างองค์ประกอบกันจะมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

2. หลักการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณข้อมูลหรือลดจำนวนตัวแปรในการวิจัย โดยรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากำหนดเป็นองค์ประกอบ (Factor) ที่อยู่เบื้องหลังตัวแปรเหล่านั้น ซึ่งส่งผลให้นักวิจัยเข้าใจโครงสร้างระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ได้ดี และช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement error) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำปัจจัยที่วิเคราะห์ได้ไปใช้ทำการศึกษาต่อไป โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (ไชยันต์ สกุลศรีประเสริฐ. (2556, น. 1-2)

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Explorative Factor Analysis: EFA) มุ่งศึกษาโมเดลการวัด (Measurement Model) โดยใช้ข้อมูลทางสถิติเป็นเครื่องมือในการระบุ

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Variable) กับองค์ประกอบ (Factor) ไม่มีสมมติฐาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ทราบล่วงหน้าว่าตัวแปรที่ศึกษาคือองค์ประกอบใดและมีองค์ประกอบจำนวนเท่าใด เนื่องจากข้อมูลความสัมพันธ์ดังกล่าวมาจากการคำนวณ ไม่ได้มาจากทฤษฎี

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่นักวิจัยได้สร้างโมเดลการวัดซึ่งได้จากการศึกษาเชิงทฤษฎีแล้วนำมาสังเคราะห์และสร้างเป็นโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบ จึงรู้ว่ามีตัวแปรใดบ้าง มีจำนวนองค์ประกอบเท่าใด แต่ละองค์ประกอบชื่ออะไรและประกอบด้วยตัวแปรใดบ้าง นักวิจัยจึงใช้สถิติเพื่อเป็นการพิสูจน์ความถูกต้องของโมเดลการวัด

จากที่กล่าวมาจะแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันในรากเหง้าที่มาและปรัชญาโดยเฉพาะทฤษฎีที่อยู่เบื้องหลังที่โมเดลการวัด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา จึงกล่าวถึงสาระสำคัญเฉพาะการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเท่านั้น

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

1. ที่มา

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2555, น. 69-70) กล่าวว่าเมื่อปี ค.ศ. 1940 D.N. Lawley ได้พัฒนาวิธีการประเมินค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood) และ R.D. Bock และ R.E. Bragman เสนอวิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ในปี ค.ศ 1966 K.G. Joreskog ได้นำแนวคิดมาพัฒนาเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขึ้น ซึ่งเป็นโมเดลย่อยของโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือโมเดลลิสเรล (Linear Structural Relationship Model: LISREL Model) หรือปัจจุบันนิยมเรียกว่า โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) โดย K.G. Joreskog ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลิสเรล (LISREL) สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติ

2. วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2555, น. 69-70) วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มี 4 ประการ คือ

1) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้และองค์ประกอบตามกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีเพื่อยืนยันโมเดลการวัดองค์ประกอบที่สร้างขึ้นตามหลักทฤษฎี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัด

2) เพื่อศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้กับองค์ประกอบในโมเดลการวัดนั้น การสร้างองค์ประกอบเป็นตัวแทนของตัวบ่งชี้จำนวนมาก อันเป็นการลดปริมาณข้อมูล ให้ได้องค์ประกอบที่มีจำนวนน้อยลงโดยอิงโมเดลการวัดตามทฤษฎีเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

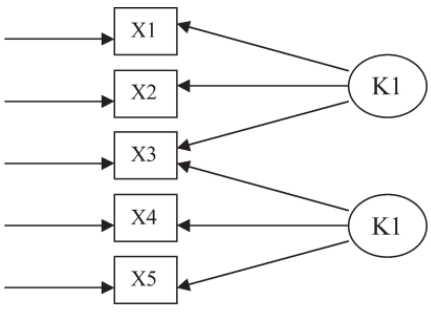
3) เพื่อสร้างตัวแปรใหม่โดยการประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบจากชุดของตัวแปรสังเกตได้

4) เพื่อศึกษาประยุกต์ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เช่น การวิเคราะห์โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่สอง การวิเคราะห์โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเมื่อบ่งชี้เป็นตัวแปรนันเมทริก และการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้องค์ประกอบเชิงยืนยัน ได้แก่ งานวิจัยที่นักวิจัยมุ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัด และเครื่องมือวัดคุณลักษณะที่มีทฤษฎีรองรับ งานวิจัยที่มุ่งพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ตามกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี งานวิจัยที่นักวิจัยต้องการลดตัวแปร งานวิจัยที่มุ่งเน้นตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือและงานวิจัยที่นักวิจัยมุ่งศึกษาและพัฒนาโมเดลการวัดเพื่อยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีการวัดคุณลักษณะใหม่

ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป นำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลการวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีการวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

3. หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นโมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) หรือโมเดลลิสเรล (LISREL) ชนิดหนึ่งซึ่งในโมเดลประกอบด้วยตัวแปรแฝง (Latent variables) หรือองค์ประกอบ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์รูปวงกลมหรือวงรี และตัวแปรสังเกตได้ (Observed variables) ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม โดยมีเส้นลูกศรแสดงเส้นทางอิทธิพล (ดังภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
ที่มา: นงลักษณ์ วิรัชชัย (2555, น. 71)

4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน นักวิจัยต้องวัตถุประสงค์การวิจัยให้ชัดเจน และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนำมาสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยที่มีทฤษฎีรองรับและสร้างเป็นโมเดลตามทฤษฎีในรูปโมเดลวัด จากนั้นจึงดำเนินการดังนี้ นงลักษณ์ วิรัชชัย (2555, น. 71-75)

1) กำหนดแผนการเลือกกลุ่มตัวอย่างและการเก็นรวบรวมข้อมูล โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและวิธีการสุ่มตัวอย่างให้เหมาะสม สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยทั่วไปมักนิยมกำหนดตามแนวคิดของนักสถิติ หรืออาจใช้โปรแกรมในการคำนวณ เช่น G*power

2) เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น

3) ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องตรวจสอบ 5 ประการ ได้แก่

3.1) หน่วยตัวอย่างต้องมาจากการสุ่มและเป็นอิสระต่อกัน

3.2) ตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ทุกตัวต้องเป็นตัวแปรต่อเนื่องและมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

3.3) ตัวแปรต้องมีความสัมพันธ์กัน และมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

3.4) การกระจายของตัวแปรหนึ่งในทุกค่าของอีกตัวแปรหนึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน

3.5) ตัวแปรหรือตัวบ่งชี้เป็นตัวแปรที่วัดคุณลักษณะหรือองค์ประกอบเดียวกัน มีความสัมพันธ์กัน โดยตรวจสอบจากผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ ดังนี้

(1) ค่า Kaiser-Myer-Olkin’s Measures of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งรายตัวแปร และในภาพรวม เกณฑ์ที่ใช้คือ ค่า KMO ควรมีค่าเกิน 0.6

(2) ผลการทดสอบ KMO ในภาพรวม ด้วย Bartlett’s Test of Sphericity ควรปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่งแสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากพอที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบได้

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเหล่านี้ต้องทำก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยอาจใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PRELIS ใน LISREL หรือโปรแกรม SPSS

4) การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

4.1) การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SEM เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood Estimation รวมทั้งการทดสอบนัยยะสำคัญของค่าพารามิเตอร์ และการทดสอบสมมติฐานว่า โมเดลสอดคล้องกลมกลืน (Fit) กับข้อมูลจากประจักษ์ ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบที่สำคัญที่นิยมใช้ เช่น ค่า Chi-Square, Goodness of Fit (GFI), Root Mean Square Residual (RMSR) ถ้าผลการวิเคราะห์พบว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นักวิจัยต้องปรับโมเดลและวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ นักวิจัยอาจจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลใหม่หลาย

รอบจนกว่าได้ผลการวิเคราะห์โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์จึงจะตีความผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้

4.2) การปรับโมเดล จากการวิเคราะห์ โปรแกรม SEM จะรายงานค่าเศษเหลือมาตรฐาน (Standardized residuals) และดัชนีปรับโมเดล (Modification indices) ซึ่งนักวิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับโมเดลให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ โดยปรับพารามิเตอร์ที่ผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นเท่านั้น โดยใช้เกณฑ์ค่าเศษเหลือมาตรฐาน ซึ่งควรมีค่าอยู่ระหว่าง -2 ถึง +2 หากมีค่าเกินช่วงดังกล่าว แสดงว่าเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์กับเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรอื่นในโมเดล นักวิจัยสามารถปรับโมเดลโดยยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน ในกรณีที่ใช้ค่าดัชนีปรับโมเดล นักวิจัยต้องใช้วิจารณญาณในการปรับโมเดล โดยยึดกรอบแนวคิดที่จะดีเป็นหลักในการพิจารณา

4.3) การตีความผลการวิเคราะห์ การตีความผลการวิเคราะห์นักวิจัยต้องรายงาน

(1) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loadings) ซึ่งบอกน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรในการสร้างองค์ประกอบ

(2) ค่าความแปรปรวนที่องค์ประกอบสามารถอธิบายได้ โดยทั่วไปองค์ประกอบที่สร้างขึ้นควรมีค่าความแปรปรวนได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

(3) ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

(4) ค่าสัมประสิทธิ์ในการสร้างองค์ประกอบ (Factor score regression) เพื่อที่นักวิจัยจะได้นำไปสร้างองค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

คมกฤช พรหมฉิน (2560, น. 55) กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ มีประโยชน์ดังนี้

1) ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเครื่องมือตัวแปรแฝง นำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมาสร้างตัวแปรแฝงแล้วนำตัวแปรแฝงไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2) ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเครื่องมือตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ของตัวแปรว่ามีโครงสร้างตามนิยามทางทฤษฎีหรือไม่ และสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงอย่างไร

3) ใช้ในการแก้ปัญหาที่ตัวแปรอิสระของการวิเคราะห์ถดถอยพหุมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) โดยการนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกัน โดยการสร้างตัวแปรใหม่จากคะแนนองค์ประกอบ แล้วนำองค์ประกอบนั้นไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. งานวิจัยในประเทศ

1) พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์ (2557, น. 1064) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินการรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ในรายวิชาอุตุนิยมวิทยาการเกษตร โดยมีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาการรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ผลการวิจัยพบว่า การรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังสอนแตกต่างกันตามระดับความสามารถวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 กล่าวคือการรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานก่อนเรียน โดยเฉพาะกลุ่มที่มีความสามารถพื้นฐานวิทยาศาสตร์ระดับสูงจะมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ข้อค้นพบที่สำคัญ คือ นักศึกษายังมีการรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะด้านบรรยากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในระดับต่ำ ดังนั้นนอกจากการสอนที่เน้นผลสัมฤทธิ์แล้ว ควรมีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย

3) จิระวัฒน์ โต๊ะชาลี (2561, น. ข) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ผลการวิจัยพบว่า 1. การวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ทั้ง 5 ด้าน 28 ตัวบ่งชี้มีค่าเป็นบวก ตั้งแต่ 0.765 ถึง 0.943 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการวัดละประเมินผล ด้านการใช้สื่อและเทคโนโลยี ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.941, 0.895, 0.875, 0.861 และ 0.766 ตามลำดับ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ค่าไค-สแควร์ (chi – square) เท่ากับ 654.26 ที่ค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ 345 ค่าค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ Chi – square /df) = 1.89 ค่า GFI = 0.958 ค่า AGFI = 0.951 ค่า CFI = 0.998 ค่า SRMR = 0.0536 RMSEA = 0.030 แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง 2. ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมประกอบด้วยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มีทั้งหมด 5 แนวทาง ได้แก่ การใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี, การจัดแหล่งเรียนรู้, การวัดและประเมินผล, กลยุทธ์การสอน, การจัดกิจกรรมเสริมการเรียน

2. งานวิจัยต่างประเทศ

1) ชาห์ซาดีและนาสรีน (Shahzadi & Nasreen, 2020, p. 1) ได้ศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ เรื่อง Assessing Scientific Literacy Levels among Secondary School Science Students of District Lahore ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษามีระดับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับรู้จำ และระดับนำไปใช้ได้ ซึ่งอยู่ที่ระดับต่ำสุด ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าเพศหญิงทำคะแนนได้ดีกว่าเพศชายในทุกระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความแตกต่างของคะแนนของนักเรียนมีลักษณะสัมพันธ์กับระดับการศึกษาและระดับทักษะของมารดาอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่นัยสำคัญกับการศึกษาของบิดา ระดับทักษะของบิดา และเวลาทุ่มเทของนักเรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ชั่วโมงต่อวัน ที่โรงเรียนและที่บ้าน) ดังนั้นผู้พัฒนาหลักสูตรควรวางแผนหลักสูตรเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือผสานแนวคิดและกิจกรรมพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในตำราวิทยาศาสตร์สำหรับโรงเรียนมัธยมศึกษาเพื่อเพิ่มความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ควร เพิ่มระยะเวลาเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนของรัฐ ครูทุกคนจากทุกวิชาควรใช้วิธีการสอนดังกล่าวโดยเฉพาะสำหรับเด็กผู้ชายเพื่อให้พวกเขาเป็นนักคิดที่มีวิจารณญาณ

2) มังค์และนิวตัน (Monk & Newton, 2018, p. 95) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Use of a Scaffolded Case Study Assignment to Enhance Students' Scientific Literacy Skills in Undergraduate Nutritional Science Education: Comparison between Traditional Lecture and Distance Education Course Formats เพื่อตรวจสอบว่าการมอบงานแบบกรณีศึกษาแบบช่วยเหลือ (Scaffolding) สามารถเพิ่มการรับรู้เกี่ยวกับทักษะความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) ของนักศึกษาปีที่ 3 ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์โภชนาการได้หรือไม่ โดยทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ SL ของนักเรียนได้รับการประเมินโดยการตอบแบบสำรวจสองครั้ง (ดำเนินการเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดภาคการศึกษา) ซึ่งประกอบด้วยคำถามที่ตรวจสอบเกณฑ์ SL ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี รวมถึงพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ของนักเรียน SL ตลอดภาคการศึกษา 1) เกี่ยวข้องกับแนวทางการเรียนรู้ของพวกเขาหรือไม่ (เช่น แนวทางเชิงลึกเทียบกับแบบผิวเผิน) โดยประเมินโดยแบบสอบถามกระบวนการศึกษาสองปัจจัยที่แก้ไขแล้ว-2 (R-SPQ-2F) และ 2) ความแตกต่างระหว่างรูปแบบหลักสูตร กล่าวคือ การบรรยายในชั้นเรียนแบบดั้งเดิม (In-class Traditional Lecture ; LEC) และการศึกษาทางไกลออนไลน์ (Online Distance Education: DE) นักศึกษากลุ่ม LEC (n=179) พบว่ามีการปรับปรุงในผลลัพธ์ SL ทั้งสิบข้อที่ประเมินตลอดภาคการศึกษา ในขณะที่นักศึกษากลุ่ม DE (n=71) มีการปรับปรุงในเพียง 6 ใน 10 พารามิเตอร์ที่ประเมิน อย่างไรก็ตาม หลักสูตร DE มีผลการประเมินความสามารถพื้นฐาน SL ตอนเริ่มต้นที่สูง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าการเปลี่ยนแปลงความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมไม่เกี่ยวข้อง

กับแนวทางการเรียนรู้ (เช่น แบบผิวเผินหรือเชิงลึก) ในรูปแบบชั้นเรียนใดรูปแบบหนึ่ง ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการบ้านตามกรณีศึกษาสามารถส่งเสริมให้นักเรียนรับรู้ถึงความสามารถของ SL ได้ทั้งในรูปแบบการบรรยายแบบดั้งเดิมและหลักสูตรการศึกษาทางไกล.

3) ซูโวโนและคณะ (Suwono et al., 2021, 1-16) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง The Development and Validation of an Instrument of Prospective Science Teachers' Perceptions of Scientific Literacy เพื่อพัฒนาและตรวจสอบเครื่องมือในการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์ชาวอินโดนีเซียเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนาแบบสอบถามขึ้นจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยและการอภิปรายกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญหกคน จากนั้นนำแบบแบบสอบถามไปตรวจสอบปัจจัยและความสอดคล้องภายในโดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษา จากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในอินโดนีเซีย จำนวน 808 คน ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือได้รับการทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัยสำรวจและการวิเคราะห์ปัจจัยยืนยัน ผลการศึกษานี้ได้แบบสอบถาม 41 รายการที่มีความถูกต้องและความสม่ำเสมอภายในที่ยอมรับได้ แนะนำให้ใช้แบบสอบถามเพื่อวัดการพัฒนาการรับรู้ของครูวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังได้

4) เอลอิสลามีและนวลเฉลิม (El Islami & Nuangchalerm, 2020, p. 261). ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง Comparative Study of Scientific Literacy: Indonesian and Thai Pre-service Science Teachers Report โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์จากประเทศไทยและอินโดนีเซีย โดยมีประชากรเป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่เป็นชาวไทย 95 คน และชาวอินโดนีเซีย 71 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีที่ 1 และ 2 ของหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมโดยใช้แบบสำรวจความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คำถามที่มีองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเนื้อหา บริบทของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่ในพื้นฐานบริบทของภูมิปัญญาท้องถิ่นของ Baduy's Society ประชากรจะได้รับการพิจารณาอย่างอิสระในการรับรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ของไทยมีคะแนนที่ดีกว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์อินโดนีเซียเล็กน้อย แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีที่พวกเขาส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสถานศึกษาที่ฝึกประสบการณ์.

งานวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. งานวิจัยในประเทศ

1) ชาตรี ฝ่ายคำตา (2559, น. 22) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทาง

วิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (สควค.) โดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จำนวน 38 คน ซึ่งศึกษาในหลักสูตรการผลิตครูแบบใหม่ในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถอธิบายความเข้าใจเชิงลึก งานวิจัยนี้จึงใช้เครื่องมือที่เรียกว่า VNOS-C9 ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 9 ข้อ ครอบคลุมประเด็น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ประเด็น ได้แก่ ความหมายของวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในวิทยาศาสตร์ กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้กระบวนทัศน์ การตีความ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในโครงการ สควค. ส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน เกือบทุกประเด็น นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับประเด็น การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุดในประเด็นกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาหลายประเด็น แต่ประเด็นที่น่าสนใจ คือ แนวโน้มความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สควค. เป็นไปในทางบวก มากกว่าครูประจำการและนักเรียนไทย

2) โรซวรรณา เซพโฆลาม และขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์ (2564, น. 276) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 31 คน มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในภาคใต้ ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง และใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงผสมผสาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (VNOS-C) พัฒนาโดย Lederman ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา จัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และคำนวณหาค่าความถี่ และค่าร้อยละของแต่ละกลุ่มความเข้าใจของกลุ่มที่ศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนทุกคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะคุณลักษณะวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานและคุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้พบว่านักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์บางส่วนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในคุณลักษณะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย อย่างไรก็ตามยังพบว่า นักศึกษาฝึกประสบการณ์การณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจถูกต้อง

โดยเฉพาะคุณลักษณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ผลการค้นพบชี้ให้เห็นว่ามีความจำเป็นที่ต้องมีการบูรณาการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์และการบรรจุ รายวิชาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ หรือมีการฝึกอบรมเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อสามารถนำความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บูรณาการการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอนาคตได้

2. งานวิจัยต่างประเทศ

1) เฮอร์แมนและคลัฟ (Herman & Clough, 2014, น. 1-14) ได้ศึกษาเรื่อง Teachers' Longitudinal NOS Understanding after Having Completed a Science Teacher Education Program เพื่อตรวจสอบความคิดเห็นของครูที่มีประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ประเด็น 2 ถึง 5 ปีหลังจากที่พวกเขาเสร็จสิ้นโปรแกรมการศึกษาครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่มีความต้องการสูง ซึ่ง NOS เป็นองค์ประกอบที่กว้างขวางและเกิดขึ้นซ้ำๆ ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพถูกรวบรวมและวิเคราะห์เพื่อกำหนดความเข้าใจ NOS ของผู้เข้าร่วมการศึกษา ความคิดเห็น NOS ของผู้เข้าร่วมการศึกษาได้รับการพิจารณาว่าโดยทั่วไปมีความถูกต้องและแข็งแกร่ง ซึ่งบ่งชี้ว่าประสบการณ์ในโครงการการศึกษาครูวิทยาศาสตร์ของพวกเขามีผลกระทบเชิงบวกในระยะยาวต่อความเข้าใจ NOS โปรแกรมบริการเตรียมล่วงหน้าที่ผู้เข้าร่วมศึกษาเสร็จสิ้นแล้วมีลักษณะเฉพาะหลายประการที่อาจอธิบายผลกระทบระยะยาวนั้น และมีผลกระทบต่อการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ก่อนการบริการและนิเทศ

2) คาริสันและเซเบซอย (Karışan & Cebesoy, 2018, p. 161). ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Exploration of Preservice Science Teachers' Nature of Science Understandings โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อระบุเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เชิงปรากฏการณ์วิทยา กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยของรัฐ มุมมอง NOS ใช้เครื่องมือในการสำรวจคือ แบบสำรวจ VNOS-B ที่พัฒนาโดย Abd-El Khalick et al. (1998) ซึ่งแบ่งมุมมองเกี่ยวธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็น 3 ระดับ คือ คลาดเคลื่อน (Naïve), ระยะปรับเปลี่ยน (Transitional) และถูกต้อง (Informed) ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแง่มุมเชิงประจักษ์ อัตนัย เบื้องต้น ความคิดสร้างสรรค์ การอนุมานและวัฒนธรรมทางสังคม มีอยู่ในระดับถูกต้อง ข้อยกเว้นมุมมองด้านการอธิบายปรากฏการณ์ถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎี ยังมีความคลาดเคลื่อน

3) บิลิกัน (Bilican, 2018, p. 420) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Analysis of pre-service science teachers' understanding of nature of science and proposed arguments on socio-scientific issues โดยมีจุดประสงค์เพื่อสำรวจอิทธิพลของวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานการสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ที่มีต่อมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลในการโต้แย้งที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในประเด็นทางสังคมวิทยาศาสตร์ ทำการศึกษาเป็นกรณีศึกษาโดยมีผู้เข้าร่วมเป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน ซึ่งลงทะเบียนเรียนในหลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์เบื้องต้น เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงในมุมมองของ NOS ของผู้เข้าร่วม โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับมุมมองของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้รับการจัดการเป็นแบบทดสอบก่อนและหลัง เพื่อตรวจสอบที่มาของการให้เหตุผลของนักเรียน แบบสอบถามเพื่อการตัดสินใจได้ดำเนินการในรูปแบบแบบสอบถามก่อนและหลัง คำถามการวิจัยของการศึกษาได้รับการตรวจสอบสำหรับผู้เข้าร่วมแต่ละคนและนำเสนอเพื่อรวมการเปลี่ยนแปลงในมุมมองของ NOS ของผู้เข้าร่วม การเปลี่ยนแปลงแหล่งที่มาของเหตุผลให้เหตุผลของผู้เข้าร่วม และความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองของผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับ NOS กับเหตุผลในการโต้แย้งของพวกเขาเกี่ยวกับ SSI ผลการศึกษาไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างมุมมอง NOS ที่ปรับปรุงแล้วกับการเปลี่ยนแปลงในแหล่งที่มาของเหตุผลที่ใช้ตัดสินใจในประเด็นทางสังคมและวิทยาศาสตร

4) วาเลนเต้, เมาริซิโอ และฟาเรีย (Valente, Maurício & Faria, 2018, p. 1) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Understanding the Process and Conditions That Improve Preservice Teachers' Conceptions of Nature of Science in Real Contexts โดยผ่านโครงการ Live Science ที่กำหนดแนวคิด นำไปปฏิบัติ และประเมินผล โปรแกรมนี้ดำเนินการโดยการบูรณาการ 2 แนวทางที่แตกต่างแต่เสริมเข้าด้วยกัน คือ ผู้เข้าร่วมในบริบททางวิทยาศาสตร์จริงในการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในการสัมมนาที่ตั้งใจจะแบ่งปันประสบการณ์ในการเรียนรู้และเพื่อปรับให้เข้ากับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) โดยมีนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ 4 คน เข้าร่วมในโครงการ Live Science ในบริบทการวิจัยจริง 2 แห่ง ผ่านการวิเคราะห์ประสบการณ์และบทเรียนที่เรียนรู้จากโครงการนี้ การศึกษานี้พยายามที่จะทำความเข้าใจว่าการมีส่วนร่วมในกิจกรรมตามบริบทจริงในระดับใด โดยเน้นที่แนวทางที่ชัดเจนและตอบสนองต่อ NOS สามารถนำไปสู่การพัฒนาวิชาชีพของครูก่อนวัยเรียนระดับประถมศึกษาได้ ใช้การสัมภาษณ์แบบสอบถาม การสังเกต ไดอารี่ และเทปวิดีโอสัมมนาสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการนำแนวทางที่ชัดเจนมาใช้ผ่านภาพประกอบและการสะท้อนกลับในแง่มุมเฉพาะของ NOS ภายในบริบทของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางที่มีแนวโน้มดี เมื่อพิจารณาว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่มีข้อมูลมากขึ้น ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับบุคลิกภาพ ลักษณะโดยธรรมชาติของบริบททางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivist)

1. งานวิจัยภายในประเทศ

1) จารุณี ซามาตย์ และสุมาลี ชัยเจริญ (2559, น. 192) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมกระบวนการการแก้ปัญหาและการถ่ายโยงการเรียนรู้ สำหรับนักศึกษาคอมพิวเตอร์ศึกษา พบว่า 1) กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีมีพื้นฐานเชิงทฤษฎีที่สำคัญ 3 พื้นฐาน คือ พื้นฐานด้านบริบทของการจัดการเรียนการสอน พื้นฐานด้านทฤษฎีการเรียนรู้ และพื้นฐานด้านทฤษฎีสื่อ 2) กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญ คือ (1) สถานการณ์ปัญหา (2) แหล่งการเรียนรู้ (3) เครื่องมือทางปัญญา (4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (5) ศูนย์ส่งเสริมกระบวนการการแก้ปัญหา (6) ศูนย์ฝึกถ่ายโยงการเรียนรู้ (7) กรณีใกล้เคียง (8) มุมมองการศึกษาของสังคม (9) ฐานการช่วยเหลือ (10) โค้ช และ 3) ผลการประเมิน การสังเคราะห์การออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า องค์ประกอบสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี มีความเหมาะสมในการสร้างความรู้ และส่งเสริมกระบวนการการแก้ปัญหาและการถ่ายโยงการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน

2) รักชนกชรินร์ พูลสุวรรณนธี, สาโรช โศภีรักข์, ศศิฉาย ธนะมัย และกฤตย์ตนัย ธารารัตนสุวรรณ. (2561, น. 277) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ด้วยหนังสือดิจิทัล ผลการศึกษาพบว่า 1) รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ด้วยหนังสือดิจิทัล ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ที่เรียกว่า “SAPIENT Model” ได้แก่ ขั้นเร้าความสนใจของผู้เรียน ขั้นทบทวนความรู้เดิม ขั้นกำหนดสถานการณ์ปัญหา ขั้นกิจกรรมการเรียนที่ผู้เรียนมีส่วนร่วม ขั้นผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ ขั้นนำความคิดใหม่ไปใช้ และขั้นสรุปผล มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.52 2) หนังสือดิจิทัลที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย 5 หน่วย มีคุณภาพ ด้านเนื้อหาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.67 และคุณภาพด้านการผลิตสื่อโดยรวมมีระดับ การประเมินในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.33 3) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอน อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.79

3) อัจฉรีย์ พิมพิมูล (2564, น. 219) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้บทเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย 6 โมดูล คือ (1) โมดูลผู้สอน (2) โมดูลผู้เรียน (3) โมดูลเนื้อหา (4) โมดูลการประเมินผล (5) โมดูลการติดต่อสื่อสาร และ (6) โมดูลการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) ผลการหาคุณภาพของบทเรียนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ในภาพรวมมีความเหมาะสม

อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.66 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.09) 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยบทเรียนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.52 และ ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน .60)

งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

1. งานวิจัยในประเทศ

1) นันทวัน พัวพัน (2562, น. 161-166) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารายวิชาการสอนแนวใหม่ที่ส่งเสริมความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์: การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์แบบมีส่วนร่วม ผลการวิจัย พบว่า นักศึกษาจำนวน 32 คน ร้อยละ 59.25 มีความกังวลใจว่าตนเองมีความรู้ด้านเนื้อหาไม่เพียงพอที่จะเลือกใช้วิธีสอนและเทคโนโลยีเหมาะสมกันได้ รายวิชาจึงนำเนื้อหาที่นักศึกษาไม่เข้าใจมาเป็นหัวข้อในการฝึกปฏิบัติ ช่วยให้นักศึกษามีความรู้ในเนื้อหาถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อติดตามผลภาคสนาม พบว่า นักศึกษาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยี เช่น โปรแกรม PhET ได้เหมาะกับเนื้อหาและออกแบบวิธีสอนได้เหมาะสมกับบริบท ผู้วิจัยเสนอแนะว่าจำเป็นต้องตรวจสอบความรู้เนื้อหาก่อน หากนักศึกษามีความรู้ด้านเนื้อหาที่ถูกต้องก็จะสามารถผนวกเทคโนโลยีมาส่งเสริมเนื้อหาและวิธีสอนได้ดียิ่งขึ้น และควรกำหนดให้หลักสูตรพัฒนานักศึกษาครู เน้นกิจกรรมที่บูรณาการองค์ความรู้ด้านเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีเป็นสมรรถนะหลัก ที่นักศึกษาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้เป็นไปตามเป้าหมายและตอบสนองต่อสังคม

2) สาวิตรี สิทธิชัยกานต์, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และโชติมา หนูพริก (2560, น. 1077) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์สำหรับครูระดับมัธยมศึกษา และศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตรฝึกอบรม เสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์สาหรับครูระดับมัธยมศึกษา การพัฒนาหลักสูตร ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ขั้นที่ 2 การพัฒนาหลักสูตรฉบับร่าง และตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ ขั้นที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรกับครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และขั้นที่ 4 การประเมินประสิทธิผลและปรับปรุงหลักสูตร

สรุปแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากการสืบค้นทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เมื่อนำมาสังเคราะห์และสรุปเป็นแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีประเด็นที่สังเคราะห์ได้และนำไปกำหนดแนวคิดในการวิจัยในบทที่ 1 ดังนี้

องค์ความรู้ที่ใช้ในการบูรณาการ

1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์เชิงเอกสารแล้วสังเคราะห์แนวคิดเป็นองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท นำองค์ประกอบที่ได้ไปกำหนดเป็นตัวแปรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยกำหนดเป็นตัวแปรแฝง จำนวน 4 ตัวแปร ดังนี้

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท (3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

2. แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) และมีแนวคิดที่นำไปจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้ง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านความฉลาดรู้ที่ดีขึ้น ได้แก่

1.1) ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) ประกอบด้วย

(1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบและมนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้

(2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามที่ไม่สามารถยืนยันด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์หรือมีลักษณะเป็นนามธรรม

(3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

1.2) ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

(1) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought Experiment) เป็นต้น

(2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

(3) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมานลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัด

1.3) ด้านที่ 3 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise)

(1) วิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ แยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

(2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

(3) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ ทักษะ ความเชื่อ และเจตคติของบุคคล ซึ่งส่งผลต่อมุมมองในลักษณะอัตวิสัย ดังนั้นในการทำงานวิทยาศาสตร์ จึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

3. ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีพื้นฐานมาจากแนวคิดการสร้างองค์ความรู้เชิงปัญญา (Cognitive constructivism) ตามแนวคิดของเพียเจต์ และการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social constructivism) ตามแนวคิดของวิก็อทสกี โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม 2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) และ 3) ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ โดยผู้เรียนจะนำโครงสร้างทางปัญญาเดิมมาใช้ในการทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ด้วยกระบวนการทางปัญญา ซึ่งผู้เรียนเกิดการดูดซึมและปรับสภาวะจนเกิดการปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลและเกิดมีความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ การเรียนรู้ตามหลักทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist theory) มีเงื่อนไขการเรียนรู้ คือ การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคลโดยกระบวนการลงมือกระทำ (Active process) ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่ รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการสร้างความรู้ใหม่ แนวคิดใหม่ หรือการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้จึงมีลักษณะให้ผู้เรียนสร้างความรู้จากการร่วมมือกันแก้ปัญหา โดยมีหลักการพื้นฐานสำคัญ 5 ประการ ดังนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557, น. 375-378)

1) สถานการณ์ปัญหา (Problem based) เป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา และพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ให้เข้าสู่ภาวะสมดุลโดยการดูดซึม หรือการปรับโครงสร้างทางปัญญาจนสามารถสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้หรือเกิดการเรียนรู้ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

2) แหล่งเรียนรู้ (Resource) เป็นที่รวบรวมข้อมูลเนื้อหาสารสนเทศที่ผู้เรียนใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ เช่น ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งการเรียนรู้ธรรมชาติ เป็นต้น

3) ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding) เป็นฐานสนับสนุนผู้เรียนในการแก้ปัญหาหรือการเรียนรู้ในกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ให้สำเร็จด้วยตัวเองได้ หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้ อาจเป็นคำแนะนำ แนวทาง ตลอดจนกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาหรือปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ รวมทั้งกระบวนการคิด เป็นต้น

4) การโค้ช (Coaching) ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่ผู้เรียน มุ่งเน้นการให้ผู้เรียนเกิดการรู้คิด บูรณาการสิ่งต่าง ๆ และการสร้างปัญญา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการลงมือปฏิบัติ

5) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (Collaboration) ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้อื่นเพื่อขยายมุมมองให้แก่ตนเอง การร่วมมือกันแก้ปัญหาสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการคิดไตร่ตรอง เปิดโอกาสให้ทั้งผู้เรียน ผู้สอน ได้สนทนาแสดงความคิดเห็นของตนเองกับผู้อื่น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันและปรับความคิดรวบยอดที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในขณะเรียนรู้ได้

4. การจัดการเรียนสอนแบบบูรณาการ

การบูรณาการเป็นการผสมผสานเชื่อมโยงองค์ประกอบหรือองค์ความรู้ตั้งแต่สองส่วนขึ้นไปให้การทำหน้าที่ประสานกันจนเกิดผลที่สมบูรณ์ โดยใช้กระบวนการคิดแบบองค์รวม และใช้เทคนิคที่หลากหลายเพื่อให้เกิดผลที่ดี ในด้านการเรียนการสอนแบบบูรณาการนั้นเป็นการจัดประสบการณ์ให้กับผู้เรียนเพื่อให้เกิดการนำเจตคติ ความรู้ และทักษะที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงให้เกิดการเรียนรู้แบบองค์รวม จนสามารถนำผลที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (ทิศนา แขมมณี, 2563, น. 147) ในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้ตามหลักทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเอง จนทำให้เกิดผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ในวิชาชีพได้ โดยในการวิจัยเลือกใช้รูปแบบบูรณาการแบบภายในรายวิชา โดยใช้วิธีการสอดแทรกหลักแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงสู่กระบวนการเรียนรู้ในรายวิชาที่มีบริบทเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการนำวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้หลักแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้น เช่น ภูมิปัญญาท้องถิ่น ฯลฯ นำทฤษฎีบูรณาการของเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563) มาเป็นรากฐานในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดของการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการของคิลเบนและมิลแมน (Kilbane & Milman (2014, p. 353-356) กันตภณ มะหาหมัด และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ (2558, น. 84) วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 7-9) กนกวรรณ เรืองศิริ และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2563, น. 119) เมื่อนำองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง มาสังเคราะห์รวมกับแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อสังเคราะห์เป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีองค์ประกอบการบูรณาการแสดงดังตารางที่ 2.11 และมีรายละเอียดขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน สรุปเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม 2) ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม 3) สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 4) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5) ประยุกต์ใช้ในบริบท และ 6) สะท้อนคิดและประเมินผล มีราละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.11 การสังเคราะห์องค์ประกอบเพื่อพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอน	องค์ประกอบที่ใช้บูรณาการ						ลักษณะขั้นตอนการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
	ขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎี		องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์				
	การสร้างความรู้ด้วยตนเอง	การเรียนรู้แบบบูรณาการ	เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	การแสวงหาความรู้	การประยุกต์ในบริบท	
ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม	กำหนดเป้าหมาย: นำไปสู่การเรียนรู้โดยการสำรวจและตั้งคำถามโดยทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม	กำหนดเป้าหมาย: กำหนดคำถามหรือเป้าประสงค์ในการเรียนรู้	1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) การรับรู้และตระหนัก	1) ปรากฏการณ์ใด ๆ สามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้ 2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานข้อมูล และเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่มาสนับสนุน 3) วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม	การสังเกตและการตั้งคำถาม	-	เป็นขั้นกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้จากปรากฏการณ์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทและความสนใจใฝ่รู้ของผู้เรียน ท้าทายให้ผู้เรียนเกิดคำถามในการเรียนรู้เพื่อหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้
ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์	ทบทวนประสบการณ์เดิม: กำหนดคำตอบที่เป็นไปได้โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม	วางแผนการเรียนรู้ : ปรับกรอบแนวคิด/มุมมองให้กว้างออกไปแล้วเลือกหรือออกแบบวิธีการและวางเรียนรู้ปรากฏการณ์	1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) การรับรู้และตระหนัก 3) ทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	1) กฎและทฤษฎี มีความสัมพันธ์กันแต่แตกต่างกัน 2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องผสมผสานการให้เหตุผลเชิงตรรกะข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ ควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์ จินตนาการ และการคิดสร้างสรรค์	การสืบค้น, การคิดเชิงวิทยาศาสตร์	-	เป็นขั้นทบทวนความรู้เดิมเพื่อใช้คาดเดาคำตอบโดยอาจใช้ประสบการณ์เดิม หรือทบทวนทฤษฎีที่มีอยู่มาใช้อธิบายเหตุและผลเพื่อนำไปสู่การหาข้อพิสูจน์และหาข้อเท็จจริงมาสนับสนุน

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

ขั้นตอน	องค์ประกอบที่ใช้						ลักษณะขั้นตอนการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
	ขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎี		องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์				
	การสร้างความรู้ด้วยตนเอง	การบูรณาการ	เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	การแสวงหาความรู้	การประยุกต์	
ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	สำรวจทดลอง: การแสวงหาข้อมูลใหม่เพื่อพิสูจน์	ลงมือปฏิบัติ: ปฏิบัติตามแผนของตนเอง รวบรวมข้อมูล โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะ และสนับสนุนด้านต่าง ๆ	1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) การรับรู้และตระหนัก 3) ทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	1) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีวิธีการที่หลากหลาย 2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องผสมผสานการให้เหตุผลเชิงตรรกะ ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ ควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์ จินตนาการ และการคิดสร้างสรรค์ 3) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์ 4) วิทยาศาสตร์พยายามระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง	การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	-	ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยการทดลองหรือสำรวจ เพื่อให้ได้ข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์
ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	สร้างคำอธิบาย: ปรับโครงสร้างแนวคิดเพื่อสรุปคำตอบเป็นความรู้ใหม่	-	1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) การรับรู้และตระหนัก 3) ทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	1) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องผสมผสานการให้เหตุผลเชิงตรรกะ ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ ควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์ จินตนาการ และการคิดสร้างสรรค์ 2) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์	การอธิบายทางวิทยาศาสตร์	-	ผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อตกผลึกโดยใช้ข้อสรุปและหลักฐานมาสร้างเป็นคำอธิบายที่มีเหตุผลสำหรับใช้เป็นคำตอบของคำถามที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

ขั้นตอน	องค์ประกอบที่ใช้						ลักษณะขั้นตอนการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
	ขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎี		องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์				
	การสร้างความรู้ด้วยตนเอง	การบูรณาการ	เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	การแสวงหาความรู้	การประยุกต์	
ขั้นที่ 5 นำไปประยุกต์ในบริบท	ขยายความรู้: นำความรู้ใหม่ที่ได้รับไปปรับใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์	-	1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) การรับรู้และตระหนัก 3) ทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	1) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ซับซ้อนอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมในหลายมิติทั้งในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร ซึ่งมีความบทบาทเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันและส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน 2) วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กรโดยมีความเชื่อมโยงระหว่างแขนงความรู้ 3) การทำงานวิทยาศาสตร์ต้องยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	การคิดและแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	1) การประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ 2) ตอบสนองบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 3) บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน	ขั้นผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ไปขยายสู่ประยุกต์ในบริบทต่าง ๆ เช่น การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

ขั้นตอน	องค์ประกอบที่ใช้						
	ขั้นตอนการเรียนรู้ตามทฤษฎี		องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์				ลักษณะขั้นตอนการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
	การสร้างความรู้ด้วยตนเอง	การบูรณาการ	เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	การแสวงหาความรู้	การประยุกต์	
ขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล	สะท้อนคิด: ทบทวนประสบการณ์และแนวคิดเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงตนเอง	1) สะท้อนคิดและสรุปบทเรียน: นำข้อมูลและประสบการณ์มาบูรณาการในองค์รวม นำเสนอผลงาน และร่วมกันสะท้อนคิด 2) ประเมินผลการเรียนรู้: ผู้เรียนประเมินตนเอง ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้	1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) การรับรู้และตระหนัก 3) ทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	-	-	1) ตอบสนองบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 2) บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน	1) ผู้เรียนร่วมกันทบทวนประสบการณ์ในการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลง โดยผู้สอนร่วมสะท้อนคิดเชิงสร้างสรรค์ ผู้เรียนประเมินตนเอง 2) ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แบบวัดที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

1) ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม (Set targets and questions) เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจใฝ่รู้ และนำเข้าสู่ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในบริบทรอบตัวที่ผู้เรียนสนใจ เช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติ สถานการณ์รอบตัว ภูมิปัญญาท้องถิ่น ฯลฯ แล้วจัดให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อร่วมกันเลือกและกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และนำองค์ความรู้ไปใช้จัดการเรียนสอนด้านวิทยาศาสตร์ ผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะและกระตุ้นความสนใจใฝ่รู้โดยใช้สื่อที่แสดงให้เห็นกระบวนการ เช่น ขั้นตอนการทำงานของภูมิปัญญา ฯลฯ แล้วกระตุ้นนำไปสู่การเกิดความสงสัยอยากรู้และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม สลายกรอบแนวคิดตามประสบการณ์เดิม เปิดใจกว้างรับข้อมูลใหม่จนเกิดมุมมองหรือโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเหมาะสม นำไปสู่การตั้งคำถามที่สามารถหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้

2) ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม (Review of knowledges and experiences) เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นและชี้แนะให้ผู้เรียนร่วมกันทบทวนความรู้และประสบการณ์ของตนเองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อนำมาเชื่อมโยงสู่การสร้างแนวคิดเพื่อคาดเดาคำตอบหรือกำหนดสมมติฐานที่มีเหตุผล นำมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ผู้สอนทำหน้าที่ตรวจสอบแนวคิดและชี้แนะเพิ่มเติมให้ผู้เรียนวิเคราะห์และขยายกรอบความคิดเดิม ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้และมีความตระหนักเกี่ยวกับปรากฏการณ์ แล้วบูรณาการแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อปรับมุมมองของผู้เรียนให้มีโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสร้างแนวคิดในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยให้สืบค้นความรู้ทฤษฎีเพิ่มเติมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับใช้อ้างเหตุผลหรือปรับปรุงสมมติฐานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาให้สมเหตุสมผล โดยผู้สอนอาจยกตัวอย่างกรณีศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ เปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปแนวคิดเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติของตนเอง

3) ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Investigate for evidence) เป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ วางแผน และกำหนดรายละเอียดขั้นตอนในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น สำรวจ ทดลอง รวมถึงปฏิบัติการแสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือสำหรับใช้สนับสนุนหรือยืนยันสมมติฐาน โดยผู้สอนบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่กว้างสามารถเลือกวิธีการในการสืบเสาะที่หลากหลายมาใช้ในการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งกระตุ้นชี้แนะ ให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ เช่น การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ฯลฯ เพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการปฏิบัติการสืบเสาะหาหลักฐานเชิงประจักษ์หรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ในขณะที่ผู้เรียนปฏิบัตินั้น ผู้สอนตรวจสอบและชี้แนะให้ผู้เรียนปฏิบัติตามแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง

4) ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Create a scientific explanation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่มเพื่อวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์และอภิปรายผล โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะให้ผู้เรียนตรวจสอบหลักฐานข้อมูลโดยปราศจากความลำเอียง ให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างข้อสรุปและนำหลักฐานข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาสังเคราะห์เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุผลเพื่อใช้เป็นคำตอบของคำถามที่กำหนดไว้ และตรวจสอบคำตอบของตนเอง ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์และแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสร้างกรอบความคิดใหม่เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามบริบทคำถามที่สนใจของตนเอง สอดคล้องกับหลักของเหตุและผล และตรงเจตคติหรือคำถามที่ต้องการ

5) ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ในบริบท (Apply to related contexts) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 1-4 ไปขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์อื่น ๆ หรือบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การนำไปประยุกต์สู่การสร้างกิจกรรมการเรียนการสอน การพัฒนานวัตกรรม ฯลฯ เพื่อให้เกิดประสบการณ์ที่กว้างออกไป ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย วิเคราะห์บริบท ทบทวนความรู้ ประสบการณ์ และใช้กระบวนคิดในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับบริบท พร้อมทั้งชี้แนะให้ผู้เรียนบูรณาการให้ตอบสนองกับความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้อย่างเหมาะสมและเกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

6) ขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล (Reflect and evaluate) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันทบทวนประสบการณ์ในการเรียนรู้พร้อมกับประเมินตนเองเพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ของตนเอง เช่น ความรู้ที่ได้ ทัศนะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ แนวคิดที่เกิดใหม่ สิ่งทียังมีข้อสงสัย จุดอ่อน ฯลฯ โดยผู้สอนร่วมสะท้อนคิดเชิงสร้างสรรค์ เชื่อมโยงแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวมและกระตุ้นให้ผู้เรียนตกผลึกเกิดความรู้ใหม่ที่สมบูรณ์ และเกิดแนวคิดในการนำไปปรับใช้ในการเรียนรู้เรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์โดยตามองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และเน้นประเมินตามสภาพจริงโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย ในการประเมินระหว่างเรียน และหลังเรียน

5. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ

ผู้วิจัยนำแนวคิดและทฤษฎีของจอยซ์, ไวล์ และคาลฮูน (Joyce, Weil & Calhoun, 2004, p. 49-55) ริชีย์และคณะ (Richey et al., 2011, p. 19) และทิศนา แขมมณี (2563, น. 221) สรุปเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยองค์ประกอบของรูปแบบประกอบด้วย ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ โดยพัฒนารูปแบบการสอนเชิงระบบตามแนวคิดของโดยใช้แนวคิดและวิธีการตามแนวคิด ADDIE Model (Richey et al., 2011, p. 19) ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ วิเคราะห์ (Analyze) ออกแบบ (Design) พัฒนา (Develop) นำไปใช้ (Implement) และประเมินผล (Evaluate)

จากแนวคิดผู้วิจัยนำแนวคิดดังกล่าวมากำหนดเป็นแผนการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะที่ 1 วิเคราะห์ (Analyze) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป (2) ระยะที่ 2 ออกแบบ (Design) และพัฒนา (Develop) นำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) มาบูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ให้เหมาะสมกับบริบท และ (3) ระยะที่ 3 เป็นขั้นนำไปใช้ (Implement) และประเมินผล (Evaluate) นำรูปแบบไปทดลองใช้และประเมินประสิทธิผล

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ ดำเนินการโดยใช้ระเบียบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ (2) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ และ (3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

3. ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ขั้นตอนในการวิจัยและผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและผลลัพธ์ที่ได้

ระยะที่	ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	ผลลัพธ์ที่ได้
1	การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 1.1 การศึกษาเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	1. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2. องค์ประกอบและตัวแปรบ่งชี้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์
2	การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 2.1 การยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ และเอกสารคู่มือการใช้รูปแบบ 2.3 การศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1. รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ และคู่มือการใช้ 2. แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3. แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 4. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ
3	การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 3.1 การทดลองการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ 3.2 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ	1. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนฯ 2. รูปแบบการเรียนการสอนฯ (ฉบับปรับปรุง)

ระยะที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การวิจัยในระยะที่ 1 เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze) เกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในบริบทของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์เนื้อหาแล้วสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบและพฤติกรรมบ่งชี้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป และขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis: CFA) เพื่อยืนยันองค์ประกอบและตัวแปรบ่งชี้ของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับยืนยันองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. วัตถุประสงค์

เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และตัวแปรบ่งชี้ของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

2. แหล่งข้อมูล

เอกสารวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมเอกสารตำรา รายงานวิจัย วารสารในฐานข้อมูล TCI, Thai LIS, ERIC, Semantic Scholar, Academia วิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในช่วงปี ค.ศ. 2007-2022

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ตารางบันทึกและวิเคราะห์องค์ประกอบ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความหมาย และองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษจากแหล่งข้อมูลที่กำหนด รวบรวมเอกสารได้จำนวน 8 เรื่อง (Lederman et al., 2013, p. 138-146; Fives et al., 2014, p. 553-559; Dirks & Knight, 2016, p. 242; OECD, 2017, p. 25; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561ก, น. 12; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 110; Costa et al., 2021,

p. 215-224; Suwono et al., 2022, p.7-9) นำเอกสารมาศึกษา วิเคราะห์เนื้อหา และบันทึกอย่างเป็นระบบ นำไปกำหนดความหมายและองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเอกสารโดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยวิธีการอ่าน จับประเด็น และสรุปใจความสำคัญ โดยพิจารณาคัดเลือกข้อมูลหรือแนวคิดที่ปรากฏซ้ำ ๆ ในเอกสารที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ นำประเด็นที่ได้มาตีความ ให้ความหมายของข้อมูล แล้วแนวคิดที่ได้มาจัดกลุ่มและสร้างข้อสรุป จนกระทั่งได้องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท โดยมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้

1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) การประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท (3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 1 ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 38 แห่ง จำนวน 1,689 คน (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565)

2.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 1 ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ ปีการศึกษา 2565 ชั้นปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*power (Faul et. al., 2007, p. 175-191) โดยกำหนดพารามิเตอร์จากโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทั้งหมด 12 พารามิเตอร์ ค่า Effect size เท่ากับ 0.3 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 และค่าอำนาจทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.80 ค่าองศาอิสระของตัวแบบ (df) เท่ากับ 78 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมควรมีจำนวน 405 ตัวอย่าง จากนั้นสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน โดยแยกสุ่มเลือกตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยแบ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏออกเป็น 7 พื้นที่ตามบริบท โดยสุ่มเลือกตัวแทนมหาวิทยาลัยราชภัฏให้กระจายครอบคลุมในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ 1) ภาคเหนือ 2 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 3 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ 3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 5 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี 4) ภาคกลาง 4 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 5) ภาคตะวันออก 1 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 6) ภาคตะวันตก 2 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง 7) ภาคใต้ 2 แห่ง คือ มหาวิทยาราชภัฏภูเก็ต และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา แล้วเลือกตัวอย่างจากนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ซึ่งเป็นนักศึกษาผ่านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเริ่มนำความรู้พื้นฐานต่อยอดในรายวิชาเอก ได้ตัวอย่างจำนวน 410 ตัวอย่าง ซึ่งครอบคลุมจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ และสอดคล้องกับเกณฑ์กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำของ Hair et al. (2014, p. 100) ซึ่งได้แนะนำว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันควรมีตัวอย่างขั้นต่ำอย่างน้อย 400 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 จำนวนตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่สุ่มได้จากมหาวิทยาลัยราชภัฏ 19 แห่ง

ภูมิภาค	มหาวิทยาลัยราชภัฏ	จำนวนประชากร (คน)	ตัวอย่าง	
			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ภาคเหนือ	1) เชียงใหม่	50	25	6.10
	2) อุตรดิตถ์	32	15	3.66
	รวม	62	40	9.76
2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	1) เลย	56	30	7.32
	2) อุดรธานี	89	14	3.41
	3) ชัยภูมิ	55	25	6.10
	รวม	200	69	16.83
3. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	1) บุรีรัมย์	62	24	5.85
	2) สุรินทร์	26	13	3.17
	3) มหาสารคาม	30	28	6.83
	4) อุบลราชธานี	55	23	5.61
	5) ศรีสะเกษ	58	21	5.12
	รวม	231	109	26.59
4. ภาคกลาง	1) เทพสตรี	61	22	5.37
	2) จันทรเกษม	28	17	4.15
	3) สวนสุนันทา	56	19	4.63
	4) บ้านสมเด็จเจ้าพระยา	25	23	5.61
	รวม	170	81	19.76
5. ภาคตะวันตก	1) นครปฐม	33	24	5.85
	2) หมู่บ้านจอมบึง	17	16	3.90
	รวม	50	41	10.00
6. ภาคตะวันออก	1) รำไพพรรณี	60	25	6.10
	รวม	60	25	6.10
7. ภาคใต้	1) ภูเก็ต	48	30	7.32
	2) ยะลา	70	16	3.90
	รวม	118	45	10.98
	รวมทั้งหมด	**910**	**410**	**100.00**

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ สาขาวิชา มหาวิทยาลัย และรายวิชาที่เรียนแล้ว

ตอนที่ 2 องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท จำนวน 36 ข้อ แต่ละข้อคำถามใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) ของ Likert (Likert Rating Scales) 5 ระดับ ได้แก่ 5 (มากที่สุด) 4 (มาก) 3 (ปานกลาง) 2 (น้อย) และ 1 (น้อยที่สุด)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะสำหรับการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

3.2 การสร้างและทดสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นสารสนเทศสำหรับการสังเคราะห์องค์ประกอบและพฤติกรรมบ่งชี้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

2) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อมาสังเคราะห์และกำหนดกรอบแนวคิดของตัวแปรที่ในการวิจัยและนิยามศัพท์ กำหนดโครงสร้างโมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้

3) สร้างแบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยกำหนดข้อคำถามให้ครอบคลุมตัวแปรสังเกตได้ ตัวแปรละ 3 ข้อ และใช้มาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับของ Likert (Likert rating scales) เพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลแสดงความคิดเห็น กำหนดระดับคะแนน ได้แก่ เห็นด้วยในระดับมากที่สุด (5 คะแนน) เห็นด้วยในระดับมาก (4 คะแนน) เห็นด้วยในระดับปานกลาง (3 คะแนน) เห็นด้วยในระดับน้อย (2 คะแนน) และเห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด (1 คะแนน) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 121)

4) นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้องในด้านเนื้อหา รวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่องด้านการใช้ภาษา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความถูกต้องชัดเจน

5) ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามด้านความเที่ยงตรง (Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ หรือหลักสูตรและการสอน จำนวน 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงตามนิยามที่กำหนด

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงตามนิยามที่กำหนด

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามข้อนั้นไม่สามารถวัดได้ตรงตามนิยามที่กำหนด

นำผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-objective congruency: IOC) (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551, น. 50) โดยใช้สูตร

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

โดย IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ

ΣR หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พิจารณาข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50-1.00 (Rovinelli & Hambleton, 1977, p. 49-60; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 72) หากข้อคำถามที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็นำมาปรับปรุงและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง ข้อคำถามในแบบสอบถาม มีค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถาม อยู่ในช่วง 0.80-1.00

6) ตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอมถามโดยไปทดลองใช้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน รวบรวมข้อมูลนำมาคำนวณแล้วหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิแอลฟาของครอนบาค (Alpha Cronbach coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 117) ข้อคำถามในด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.87 ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.88 ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.90 และด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.86 โดยแบบสอบถามทั้งชุดมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.96 ซึ่งข้อคำถามในแบบสอบถามแต่ละด้านมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาไม่ต่ำกว่า 0.70 ข้อคำถามจึงอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ (Nunnally, 1978, p. 174 และ Hair et. al., 2006, p. 137)

7) นำแบบสอบถามเกี่ยวองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มาปรับปรุงตามข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญให้ถูกต้องสมบูรณ์ และจัดทำเป็นเอกสารฉบับสมบูรณ์

8) นำแบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีรายละเอียดดังนี้

1) นำเสนอต่อคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับอนุญาต ตามเลขที่ COA No. BSRU-REC 660206 เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566

2) ประสานงานขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

3) ติดต่อประสานงานเพื่อส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์พร้อมเอกสารแบบสอบถาม เพื่อขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม โดยได้จัดส่งไปยังมหาวิทยาลัยราชภัฏ 19 แห่ง และกำหนดระยะเวลาในการรับแบบสอบถามคืนภายในช่วงระยะเวลา 1 เดือน

4) ประสานงานเพื่อติดตามแบบสอบถามตามระยะเวลาที่กำหนดและรวบรวมแบบสอบถามจากเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) รวบรวมแบบสอบถามที่ได้รับคืนมาตรวจสอบความถูกต้องและคัดเลือกแบบสอบถามที่มีข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ ได้แบบสอบถาม 410 ฉบับ บันทึกข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ คำนวณค่าเฉลี่ย และร้อยละ

3) นำข้อมูลคะแนนความคิดเห็นที่ได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์แยกเป็นรายด้าน โดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ในการจัดระดับความคิดเห็น ดังต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 121)

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมาก

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมากที่สุด

4) นำคะแนนระดับความคิดเห็นมาวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ได้แก่ ค่าความเบ้ ค่าความโด่งของข้อมูล

5) ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยวิเคราะห์ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity โดยพิจารณานัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับ (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2555, น. 79) และหาค่าดัชนีไกเซอร์-เมเยอร์-ออลคิน (Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy: KMO) โดยพิจารณาเกณฑ์ค่าดัชนี KMO ดังนี้ (Hair et al., 1998, p. 99)

ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	ระดับความเหมาะสม
KMO > .90	ดีมาก
.80 < KMO < .89	ดี
.70 < KMO < .79	ปานกลาง
.60 < KMO < .69	น้อย
.50 < KMO < .59	น้อยมาก
KMO < .50	ไม่เหมาะสมและไม่สามารถยอมรับได้

6) วิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) ของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis: CFA) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปลิสเรล (LISREL) โดยมีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

(1) วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's coefficient) ของตัวแปรสังเกตได้เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ในการแปลความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้การแปลความหมายของขนาดความสัมพันธ์ ดังนี้ (Hinkle; Wiersma & Jurs, 2003, p. 109 อ้างถึงใน อวยพร เรืองตระกูล, 2553. น. 218)

ขนาดความสัมพันธ์	**ความหมาย**
0.00-0.30	มีความสัมพันธ์กันต่ำมาก
0.30-0.50	มีความสัมพันธ์กันต่ำ
0.50-0.70	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.70-0.90	มีความสัมพันธ์กันสูง
0.90-1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก

(2) กำหนดโมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงและตัวแปรเพื่อสังเกตได้ตามสมมติฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path analysis) โดยหาขนาดของอิทธิพลที่ปรากฏในความสัมพันธ์เชิงเส้นและทดสอบว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่

(3) ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood: ML) โดยการทดสอบเทียบความสอดคล้องของโมเดล (Goodness of fit measures) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ใช้ค่าสถิติในการตรวจสอบ และเกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงดังตารางที่ 3.3 (Jöreskog & Sörbom, 1993, p. 122-125; พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557, น. 141) และ Schumacker & Lomax, 2016, p. 76)

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง	ค่าที่เป็นไปได้	เกณฑ์ที่ดี
ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi-square)	0 (perfect fit) to positive value (poor fit)	ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้น้อยกว่าไคสแควร์ตาราง หรือค่า p-value ต้องมากกว่า 0.05
ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ ($\chi^2_{model}/df_{model}$)	0 (perfect fit) to positive value (poor fit)	มีค่าน้อยกว่า 2.00
Goodness of Fit Index (GFI)	0 (no fit) to 1 (perfect fit)	มีค่ามากกว่า 0.95
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)	0 (no fit) to 1 (perfect fit)	มีค่ามากกว่า 0.95
Comparative Fit Index (CFI)	0 (no fit) to 1 (perfect fit)	มีค่ามากกว่า 0.95
Non-Norm Fit Index (NNFI)	0 (no fit) to 1 (perfect fit)	มีค่ามากกว่า 0.95
Norm Fit Index (NFI)	0 (no fit) to 1 (perfect fit)	มีค่ามากกว่า 0.95
Root Mean Square Residual (RMR)	0 (perfect fit) to positive value (poor fit)	มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (ขึ้นอยู่กับระดับที่นักวิจัยกำหนด)
Standardized RMR (SRMR)	0 (perfect fit) to positive value (poor fit)	<0.05
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0 (perfect fit) to positive value (poor fit)	มีค่าน้อยกว่า 0.05 หรือ 0.08
Akaike Information Criterion (AIC)	0 (perfect fit) to positive value (poor fit)	ใช้เปรียบเทียบโมเดลทางเลือก (Alternative Model) โมเดลใดมีค่า AIC น้อยกว่าจะเป็นโมเดลที่ดีกว่า

ที่มา: พูลพงศ์ สุขสว่าง (2557, น. 141) และ Schumacker & Lomax (2016. p. 76).

(3.1) ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-Square statistics) ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความสอดคล้องมีค่าเป็นศูนย์ ถ้าค่าสถิติไคสแควร์ มีค่าต่ำมากหรือยิ่งเข้าใกล้ศูนย์มากเท่าไร แสดงว่าข้อมูลโมเดลลิสเรลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

(3.2) ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of fit index: GFI) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความสอดคล้องจากโมเดลก่อนและหลังปรับโมเดลกับฟังก์ชันความสอดคล้องก่อนปรับตัวแบบ ค่า GFI หากมีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

(3.3) ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องที่ปรับแล้ว (Adjusted goodness of fit index: AGFI) ซึ่งนำ GFI มาปรับแก้และคำนึงถึงขนาดของตัวแปรและกลุ่มตัวอย่าง ค่านี้ใช้เช่นเดียวกับ GFI ค่า GFI และAGFI ที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

(3.4) ค่า RMSEA (Root mean square error of approximation) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความไม่สอดคล้องของตัวแบบที่สร้างขึ้นกับเมทริกความแปรปรวนร่วมของประชากร ค่า RMSEA ที่ใช้ได้และถือว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับตัวแบบไม่ควรเกิน 0.08

7) นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้นำเสนอในรูปแบบพรรณนา และอภิปรายเพื่อยืนยันองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป และนำองค์ประกอบที่ได้ไปพัฒนาเครื่องมือวิจัยในระยะต่อไป

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การศึกษาในระยะที่สองเป็นขั้นตอนการออกแบบ (Design : D_1) และพัฒนา (Develop) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีขั้นตอนในการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2) การพัฒนารูปแบบการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเอกสารประกอบการใช้รูปแบบ และ 3) การศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นออกแบบ (Design) หรือยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนโดยการกำหนดองค์ประกอบและรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ และการดำเนินการปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนตามข้อเสนอแนะเพื่อให้ได้ร่างรูปแบบการเรียนการสอนที่มีคุณภาพต่อไป

1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาองค์ประกอบและยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในระยะนี้ประกอบด้วย

1) ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนในหลักสูตรครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 8 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

(1) สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต หรือมีตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์

(2) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน หรือการสอนวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา

(3) มีหรือเคยมีประสบการณ์สอนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ไม่น้อยกว่า 3 ปี

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน จำนวน 5 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

(1) สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต หรือมีตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์

(2) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน หรือการสอนวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา

(3) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 10 ปีขึ้นไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ แบบประเมินคุณภาพรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ มีวิธีการสร้างและทดสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.1 แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมากำหนดประเด็นสำหรับการสัมภาษณ์

2) กำหนดจุดประสงค์และข้อคำถามสำหรับสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญตามวัตถุประสงค์นำมาสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยใช้คำถามในลักษณะปลายเปิด จำนวน 9 ข้อ ให้ครอบคลุมร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ยกร่างไว้ในขั้นตอนที่ 1 ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ให้สัมภาษณ์

ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวแนวทางการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ซึ่งประกอบด้วยคำถามดังนี้

(1) ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีลักษณะเป็นอย่างไร

(2) การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) บูรณาการสอดแทรกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นต่อการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปอย่างไร

(3) การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติอื่น ๆ ควรมีแนวทางอย่างไร

(4) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีลักษณะอย่างไร

(5) บริบทเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

(6) กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร

(7) สิ่งที่ใช้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเพื่อให้เกิดการบูรณาการที่ครบถ้วนควรมีอะไรบ้าง

(8) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ควรทำในลักษณะใดบ้าง

(9) ข้อเสนอแนะอื่นๆ

3) นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจน และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ รวมถึงความครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบสัมภาษณ์ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามด้านความเที่ยงตรง (Validity) โดยการประเมินความเหมาะสมของข้อคำถาม โดยกำหนดมาตรวัดความคิดเห็นเป็นมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน) เหมาะสมมาก (4 คะแนน) เหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน) เหมาะสมน้อย (2 คะแนน) และเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน)

5) รวบรวมข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความเหมาะสมเฉลี่ยโดยพิจารณาจากเกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบสัมภาษณ์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00-5.00 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.00-0.98 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมค่อมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 3.49 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1.00 แสดงว่าแบบสัมภาษณ์มีความสอดคล้องเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

6) นำแบบสัมภาษณ์ไปใช้ในการเก็บข้อมูล และรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำแนวคิดที่ได้มาสังเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอนต่อไป

3.2 แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่ยกร่าง การสร้างแบบประเมิน

2) ร่างแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ โดยกำหนดเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นแบบวัดซึ่งประกอบด้วยคำถามที่มีประเด็นครอบคลุมรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ กำหนดมาตรวัดเป็นมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน) เหมาะสมมาก (4 คะแนน) เหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน) เหมาะสมน้อย (2 คะแนน) และเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน) ส่วนที่ 2 เป็นส่วนปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ

3) นำแบบประเมินความเหมาะสมที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความชัดเจนของคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงเพื่อให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีบูรณาการ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยสืบค้นจากเอกสารตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมเอกสารจากฐานข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น TCI, ThaiLIS, ERIC, Semantic Scholar, Academia, วิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในช่วงปี ค.ศ. 2007-2022

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ลีเดอร์แมน (Lederman et al.,2013, p. 138-146), ไฟส์และคณะ (Fives et al., 2014, p. 553-559), เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242), องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ก, น. 12), สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110), คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) และซูวูโนและคณะ (Suwono et al., 2022, p.7-9) และค้นคว้าและศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจากนักวิชาการและองค์กรด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้แก่ สภาวิจัยแห่งชาติแห่งสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2013, p. 98-100) แมคคอมัส (McComas, 2017, p. 73-74) สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (AAAS, 1993 อ้างใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 7-10) สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 15-16) เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al., 2020, p. 35-65) อับดุลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalick & Lederman, 2023, p. 856-857) นำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1.1) ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) หมายถึง ทัศนะที่วิทยาศาสตร์มีต่อโลก ซึ่งมีแนวคิดหลักที่สำคัญ คือ

(1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปแบบและมนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้

(2) วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ โดยวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามที่ไม่สามารถยืนยันด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์หรือมีลักษณะเป็นนามธรรม

(3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน

1.2) ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นการสืบเสาะหาหลักฐานและคำอธิบายเพื่อตอบคำถามในสิ่งที่สนใจ ทั้งในระดับบุคคลและร่วมกันของกลุ่มคนที่มีความสนใจเดียวกันโดยมีการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ แต่มีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว ซึ่งมีแนวคิดหลักที่สำคัญ คือ

(1) การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought experiment) เป็นต้น

(2) การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

(3) วิทยาศาสตร์ใช้การอนุมานลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย ซึ่งการสังเกตเป็นคำอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส ส่วนการอนุมานเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการตีความข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวัด

1.3) ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ซับซ้อนอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งมีหลายมิติทั้งในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร มีแนวคิดหลักที่สำคัญ คือ

(1) วิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ แยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน

(2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน

(3) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ ทักษะ ความเชื่อ และเจตคติของบุคคล ซึ่งส่งผลต่อมุมมองในลักษณะอัตวิสัย ดังนั้นในการทำงานวิทยาศาสตร์จึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดที่สรุปได้ นำไปการบูรณาการร่วมกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เน้นการบูรณาการแบบชัดแจ้ง และการสะท้อนคิด เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้และตระหนักในระหว่างการเรียนรู้จะเกิดความสามารถในการประยุกต์ได้

2) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง แนวคิดการสร้างองค์ความรู้เชิงปัญญา (Cognitive constructivism) ตามแนวคิดของเพียเจต์ และการสร้างองค์ความรู้เชิงสังคม (Social constructivism) ตามแนวคิดของวิก็อทสกี โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม 2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) และ 3) ข้อมูลใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ โดยผู้เรียนจะนำโครงสร้างทางปัญญาเดิมมาใช้ในการทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ด้วยกระบวนการทางปัญญา ซึ่งผู้เรียนเกิดการดูดซึมและปรับสภาวะจนเกิดการปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลและเกิดมีความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105 และชนาธิป พรกุล, 2563, น. 48-49) ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมาออกแบบกิจกรรมและสื่อเพื่อใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่ ซึ่งเน้น

การเชื่อมโยงหลักธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ร่วมกับริบทหรือสถานการณ์การเรียนรู้ในรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จนกระทั่งสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาวะสมดุล หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการกำหนดให้ผู้เรียนร่วมมือกันเรียนรู้จากบริบทในสภาพจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้โดยนำหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปบูรณาการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาและเกิดการร่วมมือไปสู่การแก้ปัญหา โดยมีหลักการพื้นฐานสำคัญ 5 ประการ ดังนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557, น. 375-378)

2.1) สถานการณ์ปัญหา (Problem Based) เป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา และพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ให้เข้าสู่ภาวะสมดุลโดยการดูดซึม หรือการปรับโครงสร้างทางปัญญาจนสามารถสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้หรือเกิดการเรียนรู้ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

2.2) แหล่งเรียนรู้ (Resource) เป็นที่รวบรวมข้อมูลเนื้อหาสารสนเทศที่ผู้เรียนใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ เช่น ชุมชนการเรียนรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งการเรียนรู้ธรรมชาติ แหล่งสารสนเทศ เป็นต้น

2.3) ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding) เป็นฐานสนับสนุนผู้เรียนในการแก้ปัญหาหรือการเรียนรู้ในกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ให้สำเร็จด้วยตัวเองได้ หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้ อาจเป็นคำแนะนำ แนวทาง ตลอดจนกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา หรือปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ รวมทั้งกระบวนการคิด เป็นต้น

2.4) การโค้ช (Coaching) ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่ผู้เรียน มุ่งเน้นการให้ผู้เรียนเกิดการรู้คิด บูรณาการสิ่งต่าง ๆ และการสร้างปัญญาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการลงมือปฏิบัติ

2.5) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (Collaboration) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้อื่นเพื่อขยายมุมมองให้แก่ตนเอง การร่วมมือกันแก้ปัญหาจะสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการคิดไตร่ตรอง เป็นการเปิดโอกาสให้ทั้งผู้เรียน ผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ ได้สนทนาแสดงความคิดเห็นของตนเองกับผู้อื่น นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันและปรับความคิดรวบยอด/มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่เรียนรู้ได้

3) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบบูรณาการ นำทฤษฎีบูรณาการของเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2563, น. 44-70) มาเป็นรากฐานในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดของการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการของคิลเบนและมิลแมน (Kilbane & Milman (2014, p. 353-356) กันตภณ มะหาหมัด และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ (2558, น. 84) วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562, น. 7-9) กนกวรรณ เรืองศิริ และ

สมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2563, น. 119) กำหนดรูปแบบการบูณาการแบบแบบบูรณการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับหลักการสร้างความรู้ด้วยตนเองและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดขั้นตอนการเรียนรู้แบบบูรณาการ ออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม 2) ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม 3) สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 4) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5) ประยุกต์ใช้ในบริบท และ 6) สะท้อนคิดและประเมินผล

4) ศึกษาศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีของจอยซ์, ไวล์ และคาลฮูน (Joyce, Weil & Calhoun, 2004, p. 49-55) ริชีย์และคณะ (Richey et al., 2011, p. 19) และทิศนา แขมมณี (2563, น. 221) นำมาสรุปเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยองค์ประกอบของรูปแบบประกอบด้วย ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ 1 โดยพัฒนารูปแบบการสอนเชิงระบบตามแนวคิดของโดยใช้แนวคิดและวิธีการตามแนวคิด ADDIE Model (Richey et al., 2011, p. 19) ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ วิเคราะห์ (Analyze) ออกแบบ (Design) พัฒนา (Develop) นำไปใช้ (Implement) และประเมินผล (Evaluate) โดยนำแนวคิดดังกล่าวมากำหนดเป็น 3 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะที่ 1 วิเคราะห์ (Analyze) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป (2) ระยะที่ 2 ออกแบบ (Design) และพัฒนา (Develop) นำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) มาบูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ให้เหมาะสมกับบริบท และ (3) ระยะที่ 3 เป็นขั้นนำไปใช้ (Implement) และประเมินผล (Evaluate) นำรูปแบบไปทดลองใช้และประเมินประสิทธิผล

4.2 ศึกษาความคิดเห็นที่ได้จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 1 มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อสรุปแนวคิดสำหรับใช้เป็นแนวทางในการยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบท โดยมีแนวทางส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักศึกษาครูในมหาวิทยาลัยราชภัฏ สรุปสาระสำคัญดังนี้

1) ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ควรส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้ค้นคว้าความรู้ เห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ และความมุ่งมั่นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เน้นการไม่เชื่อโดยงมงาย และมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเปิดใจกว้าง และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

2) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เน้นส่งเสริมการค้นคว้าปรากฏการณ์รอบตัว การเปิดกว้างยอมรับข้อดีและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ และการเข้าใจวิวัฒนาการขององค์ความรู้ จัดกิจกรรมวิเคราะห์สถานการณ์ ส่งเสริมการตั้งคำถาม การเรียนรู้เชิงรุก และการอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้หลักฐานและทฤษฎี จัดกิจกรรมสะท้อนความคิดและบูรณาการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายมิติ

3) ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เน้นการสืบเสาะฝึกตั้งคำถาม ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทดลอง และส่งเสริมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน ส่งเสริมการสร้างข้อสรุปที่ถูกต้องและการอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้หลักฐานและทฤษฎี พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีเหตุผล

4) ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ เน้นการประยุกต์ความรู้เรียนรู้จากสถานการณ์ใกล้ตัว ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง สร้างความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ทั้งแง่บวกและแง่ลบ ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมและการนำความรู้ไปพัฒนาท้องถิ่น ประเทศ และสังคมโลกอย่างยั่งยืน

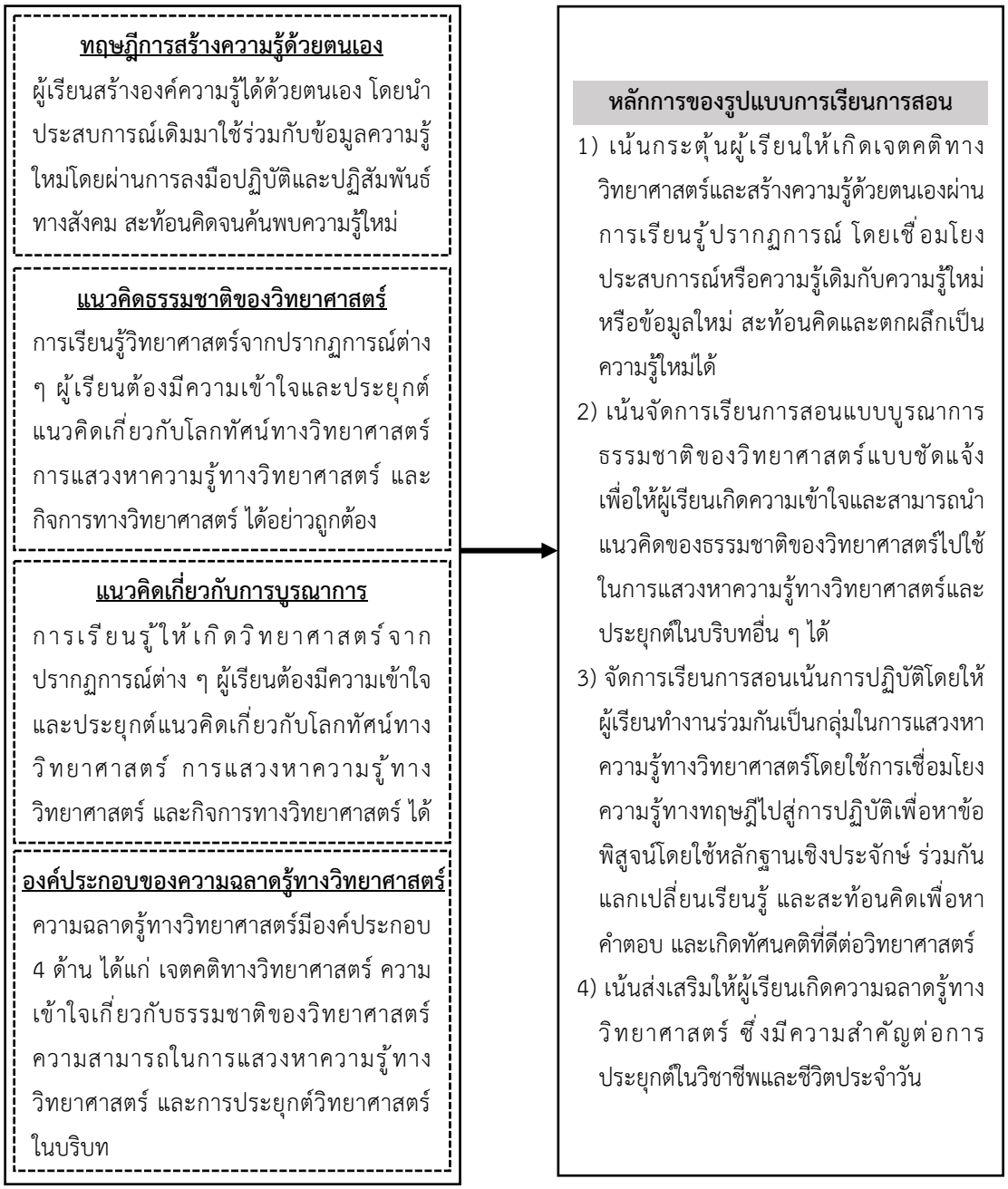
4.3 นำแนวคิดที่สังเคราะห์ได้จากเอกสารในข้อ 4.1 และแนวคิดที่สรุปได้จากข้อ 4.2 มาสร้างความสัมพันธ์และยกร่างรูปแบบการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีที่สังเคราะห์ได้ กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ซึ่งประกอบด้วย

1) ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน อธิบายที่มา ความสำคัญ ความจำเป็นของการพัฒนารูปแบบ

2) ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน สรุปสาระสำคัญของทฤษฎีและแนวคิดที่นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบ ได้แก่ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเรียนรู้แบบบูรณาการ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

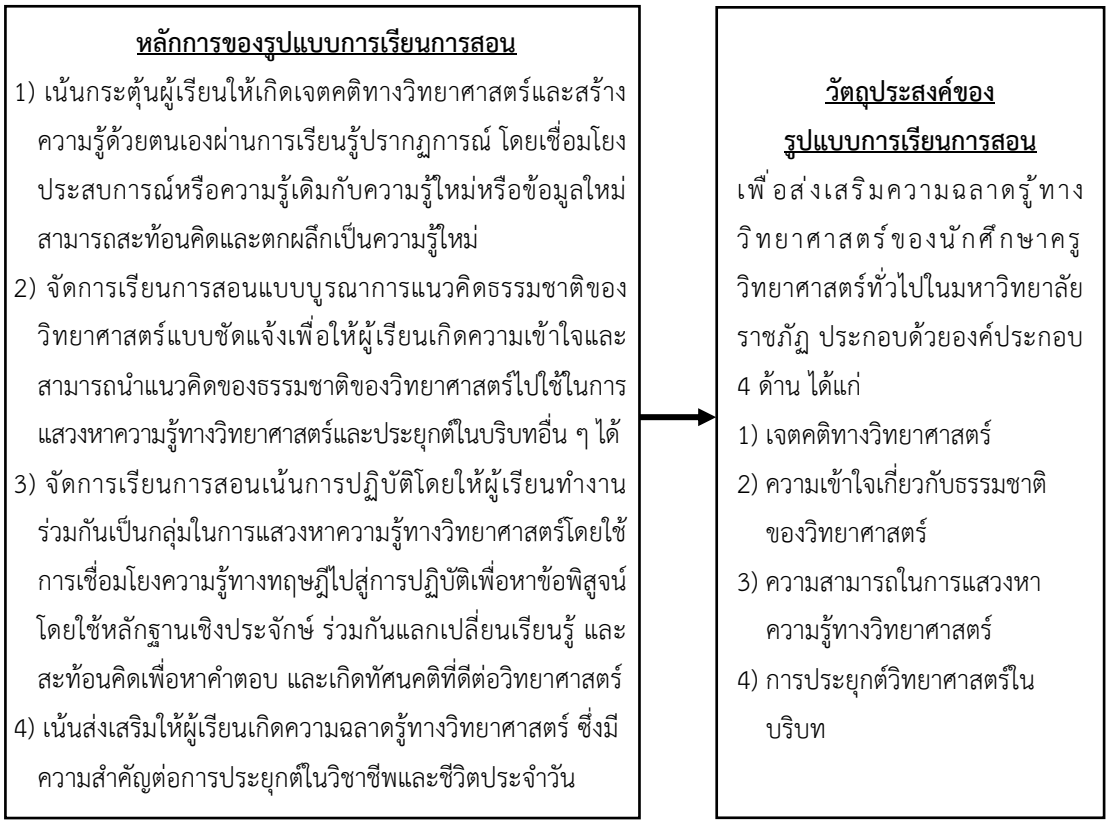
3) ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย

3.1) หลักการ ผู้วิจัยนำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเรียนรู้ แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการ และองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาบูรณาการ ร่วมกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มาสังเคราะห์เป็นหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยสรุปเป็นหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

3.2) วัตถุประสงค์ จากหลักการของรูปแบบ เมื่อนำมาสังเคราะห์เป็นวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับที่มาและบริบทที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดให้รูปแบบการเรียนการสอนมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (ภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.2 ความเชื่อมโยงของหลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน

3.3) เนื้อหา จากการศึกษาแนวคิดจากเอกสารงานวิจัย ข้อคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง และผู้เชี่ยวชาญ พบว่าเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในบริบทท้องถิ่นคือ องค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สามารถถอดความรู้และสร้างบทเรียนสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงกำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยเน้นให้ผู้เรียนนำแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปบูรณาการร่วมกับการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากภูมิปัญญาท้องถิ่น แล้วนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพต่อไป โดยเนื้อหาประกอบด้วย

(1) การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ครอบคลุมเนื้อหาความหมายและความสำคัญของการศึกษาภูมิปัญญา เป้าหมายของการศึกษาภูมิปัญญา เทคนิควิธีการในการสืบค้นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญา การวิเคราะห์ภูมิปัญญา ข้อจำกัดในการศึกษา และกิจกรรมการสืบค้นและนำเสนอ

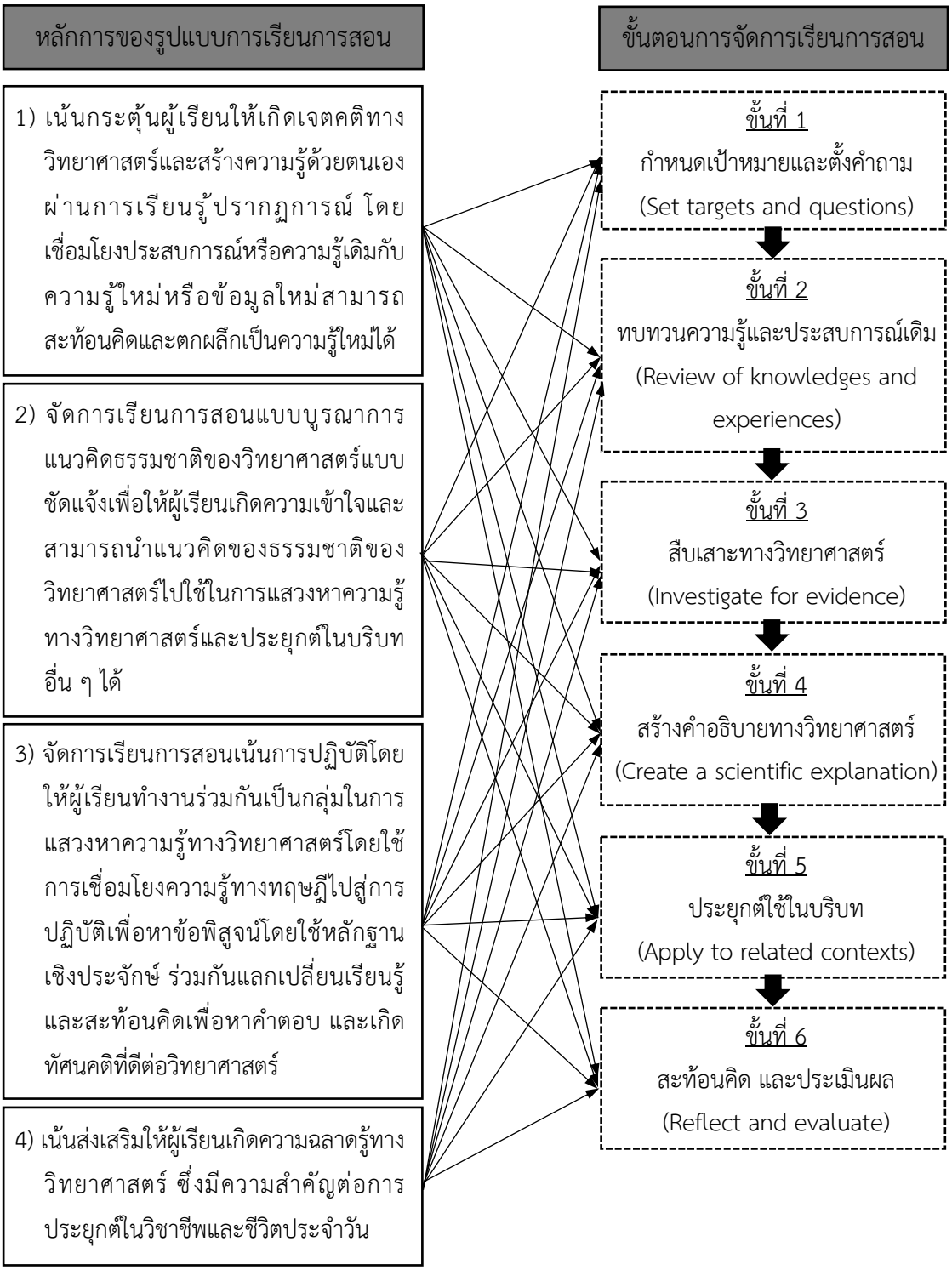
(2) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น ครอบคลุมเนื้อหาแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่น กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

(3) การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครอบคลุมเนื้อหาทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายทอดความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รูปแบบและวิธีการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นไปใช้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ปัญหาในการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้จัดการเรียนรู้ การเขียนแผนจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และกิจกรรมการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

3.4) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

จากหลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิดและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ รวมถึงความเห็นคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 1 ซึ่งได้ศึกษาไว้แล้วนำองค์ประกอบมาสังเคราะห์เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนได้ 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3.3 นำไปกำหนดรายละเอียดการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม (Set Targets and Questions) เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจใฝ่รู้ และนำเข้าสู่ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในบริบทรอบตัวที่ผู้เรียนสนใจ เช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติ สถานการณ์รอบตัว ภูมิปัญญาท้องถิ่น ฯลฯ แล้วจัดให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อร่วมกันเลือกและกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และนำองค์ความรู้ไปใช้จัดการเรียนสอนด้านวิทยาศาสตร์ ผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะและกระตุ้นความสนใจใฝ่รู้โดยใช้สื่อที่แสดงให้เห็นกระบวนการ เช่น ขั้นตอนการทำงานของภูมิปัญญา ฯลฯ แล้วกระตุ้นนำไปสู่การเกิดความสงสัยอยากรู้และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม สลายกรอบแนวคิดตามประสบการณ์เดิม เปิดใจกว้างรับข้อมูลใหม่จนเกิดมุมมองหรือโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเหมาะสม นำไปสู่การตั้งคำถามที่สามารถหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้



ภาพที่ 3.3 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

(2) ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม (Review of knowledges and experiences) เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นและชี้แนะให้ผู้เรียนร่วมกันทบทวนความรู้และประสบการณ์ของตนเองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อนำมาเชื่อมโยงสู่การสร้างแนวคิดเพื่อคาดเดาคำตอบหรือกำหนดสมมติฐานที่มีเหตุผล นำมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ผู้สอนทำหน้าที่ตรวจสอบแนวคิดและชี้แนะเพิ่มเติมให้ผู้เรียนวิเคราะห์และขยายกรอบความคิดเดิม ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้และมีความตระหนักเกี่ยวกับปรากฏการณ์ แล้วบูรณาการแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อปรับมุมมองของผู้เรียนให้มีโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสร้างแนวคิดในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยให้สืบค้นความรู้ทฤษฎีเพิ่มเติมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับใช้อ้างเหตุผลหรือปรับปรุงสมมติฐานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาให้สมเหตุสมผล โดยผู้สอนอาจยกตัวอย่างกรณีศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ เปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปแนวคิดเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติของตนเอง

(3) ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Investigate for evidence) เป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ วางแผน และกำหนดรายละเอียดขั้นตอนในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น สำรวจทดลอง รวมถึงปฏิบัติการแสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือสำหรับใช้สนับสนุนหรือยืนยันสมมติฐาน โดยผู้สอนบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่กว้างสามารถเลือกวิธีการในการสืบเสาะที่หลากหลายมาใช้ในการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งกระตุ้นชี้แนะ ให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ เช่น การเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ฯลฯ เพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการปฏิบัติการสืบเสาะหาหลักฐานเชิงประจักษ์หรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ในขณะที่ผู้เรียนปฏิบัตินั้น ผู้สอนตรวจสอบและชี้แนะให้ผู้เรียนปฏิบัติตามแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง

(4) ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Create a scientific explanation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่มเพื่อวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์และอภิปรายผล โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะให้ผู้เรียนตรวจสอบหลักฐานข้อมูลโดยปราศจากความลำเอียง ให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างข้อสรุปและนำหลักฐานข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาสังเคราะห์เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุผลเพื่อใช้เป็นคำตอบของคำถามที่กำหนดไว้และตรวจสอบคำตอบของตนเอง ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์และแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสร้างกรอบความคิดใหม่เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามบริบทคำถามที่สนใจของตนเอง สอดคล้องกับหลักของเหตุและผล และตรงเจตคติหรือคำถามที่ต้องการ

(5) ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ในบริบท (Apply to related contexts) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 1-4 ไปขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์อื่น ๆ หรือบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การนำไปประยุกต์สู่การสร้างกิจกรรมการเรียนการสอน การพัฒนานวัตกรรม ฯลฯ เพื่อให้เกิดประสบการณ์ที่กว้างออกไป ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย วิเคราะห์บริบท ทบทวนความรู้ ประสบการณ์ และใช้กระบวนคิดในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับบริบท พร้อมทั้งชี้แนะให้ผู้เรียนบูรณาการให้ตอบสนองกับความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้อย่างเหมาะสมและเกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

(6) ขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล (Reflect and Evaluate) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันทบทวนประสบการณ์ในการเรียนรู้พร้อมกับประเมินตนเองเพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ของตนเอง เช่น ความรู้ที่ได้ ทัศนะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ แนวคิดที่เกิดใหม่ สิ่งทียังมีข้อสงสัย จุดอ่อน ฯลฯ โดยผู้สอนร่วมสะท้อนคิดเชิงสร้างสรรค์ เชื่อมโยงแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวมและกระตุ้นให้ผู้เรียนตกผลึกเกิดความรู้ใหม่ที่สมบูรณ์ และเกิดแนวคิดในการนำไปปรับใช้ในการเรียนรู้เรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์โดยตามองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และเน้นประเมินตามสภาพจริงโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย ในการประเมินระหว่างเรียน และหลังเรียน

จากรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน นำไปกำหนดบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนได้ดังตารางที่ 3.4

3.5) สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ จากหลักการที่สังเคราะห์ได้ในองค์ประกอบที่หนึ่ง เมื่อนำมาสังเคราะห์เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ประกอบกับผลการศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ในระยะที่ 1 พบว่าผู้สอนต้องมีการกำหนดสื่อและสิ่งสนับสนุนที่หลากหลายสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสร้างความรู้

(1) สื่อวิดีทัศน์/คลิปวีดีโอ ใช้สื่อที่เป็นตัวอย่างของปรากฏการณ์สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือภูมิปัญญา ซึ่งมีเนื้อหาที่สามารถแสดงปรากฏการณ์เป็นขั้นตอนเพื่อให้ผู้เรียนฝึกวิเคราะห์ขั้นตอนด้วยมุมมองวิทยาศาสตร์ และบูรณาการเพื่อส่งเสริมความเข้าใจโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ขั้นตอนการทำงานของภูมิปัญญาทำน้ำตาลอ้อย และการปรับเปลี่ยนวิธีการของภูมิปัญญาตามลักษณะภูมิสังคม เป็นต้น

(2) แหล่งเรียนรู้ เป็นเหล่งเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีปรากฏอยู่ในพื้นที่ท้องถิ่น และสามารถเรียนรู้หาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น แหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งค้นคว้าเอกสารวิชาการ และงานวิจัย อาทิ Thalis, ThaiJo ฯลฯ

ตารางที่ 3.4 กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขั้นตอน	ลักษณะขั้นตอน	บทบาทของผู้เรียน	สิ่งสนับสนุน	บทบาทของผู้สอน
ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม	เป็นขั้นการกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน เกิดจากความสนใจใฝ่รู้ของผู้เรียนโดยเน้นการเรียนรู้จากบริบทที่เป็นปรากฏการณ์ สถานการณ์ หรือองค์ความรู้ที่ต้องการข้อพิสูจน์ สามารถเรียนรู้หาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้	กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้และตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สนใจ และเลือกคำถามที่สามารถเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้	1) สื่อวีดีทัศน์ 2) ตัวอย่าง 3) สถานการณ์ 4) Google Classroom	นำเข้าสู่บทเรียนโดยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ในปรากฏการณ์หรือสถานการณ์เป้าหมาย และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจได้โดยใช้วิทยาศาสตร์ และสามารถหาคำตอบได้เมื่อมีหลักฐานสนับสนุนอย่างมีเหตุผล ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่สนับสนุน
ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์	เป็นขั้นตอนการสร้างคำตอบโดยใช้ความรู้เดิม ประสบการณ์เดิม หรือทฤษฎีที่มีอยู่มาอธิบายเหตุผลที่นำไปสู่การหาข้อพิสูจน์	ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม และสืบค้นทฤษฎี จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อนำมาสร้างสมมติฐานหรือคำตอบที่มีเหตุผล รับรู้และตระหนักในบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ	1) ฐานข้อมูลออนไลน์ 2) ตำรา	ชี้แนะและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้และตระหนักในการใช้จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงเหตุผล เพื่อสืบค้นทฤษฎีสำหรับอธิบายปรากฏการณ์หรือกฎธรรมชาติ รวมถึงมีมุมมองในการสืบเสาะที่สร้างสรรค์เพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและเหมาะสม
ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	เป็นขั้นตอนลงมือปฏิบัติในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยการทดลองหรือสำรวจ เพื่อให้ได้ข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์	ออกแบบหรือเลือกวิธีการวางแผน และปฏิบัติการด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้หลักฐานข้อมูลที่น่าเชื่อถือ	1) แหล่งเรียนรู้ 2) ห้องปฏิบัติการ	ชี้แนะให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ ในการออกแบบและปฏิบัติการสืบเสาะด้วยวิธีการที่ถูกต้อง รับรู้และตระหนักในการมีเหตุและผล ไม่ลำเอียง
ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนเพื่อตกผลึกความรู้โดยใช้ข้อสรุปและหลักฐานมาสร้างเป็นคำอธิบายที่มีเหตุผล สำหรับใช้ตอบคำถามที่กำหนดไว้	นำข้อมูลเชิงประจักษ์มาสร้างข้อสรุป และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือพยากรณ์โดยอ้างเหตุและผลเชื่อมโยงทฤษฎี	1) เอกสารประกอบการสอน	ชี้แนะให้ผู้เรียนวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ในการเชื่อมโยงหลักฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีตระหนักในการมีเหตุมีผล

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะขั้นตอน	บทบาทของผู้เรียน	สิ่งสนับสนุน	บทบาทของผู้สอน
ขั้นที่ 5 นำไปประยุกต์	ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ไปขยายสู่ประยุกต์ในบริบทต่าง ๆ	นำความรู้และประสบการณ์ประยุกต์ใช้หรือแก้ปัญหาในบริบทได้อย่างสร้างสรรค์และสอดคล้องกับบริบท โดยมีความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในบริบท รวมถึงตอบสนองกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมไปสู่ความยั่งยืน	1) ใบงาน	กระตุ้นและชี้แนะให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ประยุกต์ในบริบทที่เกี่ยวข้อง โดยตอบสนองในบริบทเพื่อให้เกิดการพัฒนาสังคมให้เกิดผลที่ยั่งยืน สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
ขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล	ผู้เรียนร่วมกันทบทวนประสบการณ์ในการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลง โดยผู้สอนร่วมสะท้อนคิดเชิงสร้างสรรค์ ผู้เรียนประเมินตนเอง ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แบบวัดที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	ร่วมกันสะท้อนคิดอย่างสร้างสรรค์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความรู้และทักษะจากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต ประเมินตนเอง	1) กระดานฟลิปชาร์ต 2) กระดานแสดงความคิดเห็น	กระตุ้นผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์มาสะท้อนคิดร่วมกันด้วยทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และรู้พัฒนาการของตนเอง

(2) แหล่งเรียนรู้ เป็นเหล่งเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีปรากฏอยู่ในพื้นที่ท้องถิ่น และสามารถเรียนรู้หาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น แหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งค้นคว้าเอกสารวิชาการ และงานวิจัย อาทิ Thalis ฯลฯ

(3) ห้องปฏิบัติการและวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรเตรียมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับให้ผู้เรียนใช้ในการสำรวจ ทดลอง หรือสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะอื่น ๆ เพื่อหาหลักฐานมาสร้างคำตอบของคำถามที่สนใจได้ อาทิ เครื่องมือพื้นฐานสำหรับชั่ง ตวง วัด เครื่องแก้ว ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

(3) ห้องปฏิบัติการและวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรเตรียมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับให้ผู้เรียนใช้ในการสำรวจ ทดลอง หรือสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะอื่น ๆ เพื่อหาหลักฐานมาสร้างคำตอบของคำถามที่สนใจได้ อาทิ เครื่องมือพื้นฐานสำหรับชั่ง ตวง วัด เครื่องแก้ว ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

(4) โปรแกรมประยุกต์ สำหรับใช้สื่อสารกับผู้เรียน แลกเปลี่ยนข้อมูล และบริหารจัดการชั้นเรียน หรือจัดประชุมเพื่อชี้แนะหรือสะท้อนคิดทางออนไลน์ เช่น Google Classroom, Google Meet, MS Teams, Zoom ฯลฯ

(5) เอกสารวิชาการ หรือตำราที่เกี่ยวข้อง อาทิ คู่มือการศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่น เอกสารประกอบการสอนในรายวิชา ฯลฯ เพื่อใช้สนับสนุนผู้เรียนให้เกิดความสะดวกในการค้นคว้าความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษา

(6) สื่อสำหรับนำเสนอ เช่น PowerPoint เพื่อใช้ในการอธิบายความรู้เชิงทฤษฎีเพิ่มเติมให้กับผู้เรียนตามบริบทเนื้อหา

(7) ใบงาน หรือบทปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้เรียนมีใช้ประกอบการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน และใช้ในการประเมินผลได้ เช่น กิจกรรมการวิเคราะห์ขั้นตอนของภูมิปัญญา การเขียนแผนผังขั้นตอนพร้อมระบุทฤษฎีวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ

3.6) การวัดและประเมินผล

การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แยกออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

(1) ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน แบ่งออกเป็นช่วง คือ ช่วงคะแนน 1.00-1.49 หมายถึง น้อยมาก, ช่วงคะแนน 1.49-2.49 หมายถึง น้อย, ช่วงคะแนน 2.50-3.49 หมายถึง ปานกลาง, ช่วงคะแนน 3.50-4.49 หมายถึง ดี และช่วงคะแนน 4.50-5.00 หมายถึง ดีมาก โดยการประเมินด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ยอมรับคะแนนเฉลี่ย 3.5 (ร้อยละ 70) ขึ้นไป

(2) ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

(2.1) โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้, วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีหลักฐานใหม่สนับสนุน

(2.2) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีวิธีการที่หลากหลาย, การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น

ตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้ และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีความถูกต้อง

(2.3) กิจการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์มีบทบาทในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งแยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน, การดำเนินงานของวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ต้องปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละตัวบ่งชี้ ใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) 4 ระดับ โดยพิจารณารายละเอียดในผลงานหรือใบงาน ตามองค์ประกอบการวัด ได้แก่ มีคำตอบที่เชื่อมโยงสอดคล้องกับแนวคิดตามตัวบ่งชี้ คำตอบมีความถูกต้อง และคำตอบมีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์ ให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบย่อย องค์ประกอบละ 3 คะแนน รวมคะแนน 9 คะแนน มีเกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบย่อย ดังนี้

แสดงคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือไม่แสดง	0 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ 1 ตัวบ่งชี้	1 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้	2 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องครบทุกตัวบ่งชี้	3 คะแนน

(3) ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

(3.1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) การตั้งคำถามที่มีลักษณะปลายเกิดและมีเหตุผล, การออกแบบและปฏิบัติการการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และการรวบรวมหลักฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ได้อย่างถูกต้อง

(3.2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ การสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง, การอ้างเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้อย่างชัดเจน และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

(3.3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) สามารถใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อการเรียนรู้, สามารถใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณในการ แก้ปัญหา และประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์แก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์

เกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละตัวบ่งชี้ ใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubrics) 4 ระดับ โดยพิจารณารายละเอียดในผลงานหรือใบงาน ตามองค์ประกอบการวัด ได้แก่ มีคำตอบที่เชื่อมโยงสอดคล้องกับแนวคิดตามตัวบ่งชี้ คำตอบมีความถูกต้อง และคำตอบมีรายละเอียด

ครบถ้วนสมบูรณ์ ให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบย่อย องค์ประกอบละ 3 คะแนน รวมคะแนน 9 คะแนน มีเกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบย่อย ดังนี้

แสดงคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือไม่แสดง	0 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ 1 ตัวบ่งชี้	1 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้	2 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องครบทุกตัวบ่งชี้	3 คะแนน

มีคะแนนในองค์ประกอบย่อย องค์ประกอบละ 3 คะแนน รวม 9 คะแนน

(4) ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่

(4.1) การประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหาและตัวสินใจในบริบท ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ เลือกองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในบริบทได้อย่างถูกต้อง, สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในบริบทได้ และใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

(4.2) การตอบสนองบทบาท ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ ตอบสนองบทบาทวิทยาศาสตร์มีต่อการพัฒนาด้านเทคโนโลยี และสังคม, ตอบสนองบทบาทของเทคโนโลยีที่มีต่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ และสังคม และตอบสนองบทบาทสังคมมีต่อการตัดสินใจในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(4.3) ความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมให้เกิดความยั่งยืน ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ได้แก่ เข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์มีต่อการทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นใกล้ตัวของมนุษย์, เข้าใจบทบาทวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีที่มีต่อการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ และเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีต่อการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน

เกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละตัวบ่งชี้ ใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) 4 ระดับ โดยพิจารณารายละเอียดในผลงานหรือใบงาน ตามองค์ประกอบการวัด ได้แก่ มีคำตอบที่เชื่อมโยงสอดคล้องกับแนวคิดตามตัวบ่งชี้ คำตอบมีความถูกต้อง และคำตอบมีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์ ให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบย่อย องค์ประกอบละ 3 คะแนน รวมคะแนน 9 คะแนน มีเกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบย่อย ดังนี้

แสดงคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือไม่แสดง	0 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ 1 ตัวบ่งชี้	1 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้	2 คะแนน
แสดงคำตอบสอดคล้องครบทุกตัวบ่งชี้	3 คะแนน

มีคะแนนในองค์ประกอบย่อย องค์ประกอบละ 3 คะแนน รวม 9 คะแนน

จากการวิเคราะห์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในระยะที่ 1 พบว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) มีองค์ประกอบย่อย ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ SL = 0.87 (SA) + 0.86 (NOS) + 0.86 (SIA) + 0.81 (SAC) จากน้ำหนักองค์ประกอบเมื่อนำมาคำนวณแยกเป็นสัดส่วน คิดเป็นร้อยละของแต่ละองค์ประกอบยแกออกเป็น 1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ร้อยละ 25.40, 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ร้อยละ 25.30, 3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) ร้อยละ 25.40 และ 4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) ร้อยละ 23.90 รวมคิดเป็นร้อยละ 100.00

จากคะแนนรวมทั้งหมด 100 กำหนดเกณฑ์ประเมิน แยกเป็นช่วง ดังนี้

ช่วงคะแนน ร้อยละ 0.00-49.99 หมายถึง ต่ำมาก

ช่วงคะแนน ร้อยละ 50.00-59.99 หมายถึง ต่ำ

ช่วงคะแนน ร้อยละ 60.00-69.99 หมายถึง กลาง

ช่วงคะแนน ร้อยละ 70.00-79.99 หมายถึง สูง

ช่วงคะแนน ร้อยละ 80.00-100.00 หมายถึง สูงมาก

3.4) ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้

ผู้วิจัยนำองค์ประกอบของรู้แบบการเรียนการสอนมากำหนดเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของผู้สอน และบทบาทของผู้เรียน เพื่อให้ผู้สอนนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

4) นำร่างรูปแบบการเรียนการสอนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจน และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

5) ประสานงานติดต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อสัมภาษณ์ โดยประสานงานเพื่อขออนุญาตเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ และจัดส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์ พร้อมกับเอกสารรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ (ฉบับยกร่าง) และประเด็นคำถามให้ผู้เชี่ยวชาญ และขอนัดหมายสัมภาษณ์ทางออนไลน์หรือโทรศัพท์

6) สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างตามประเด็นคำถามและบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์

7) รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์เชิงเนื้อหาแล้วนำแยกประเด็นออกตามองค์ประกอบของรูปแบบ จัดทำตารางสรุปแนวคิด

8) นำข้อคิดเห็นในแต่ละด้านไปปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ตามประเด็นข้อเสนอแนะที่ได้รับ

9) นำรูปแบบการเรียนการสอนที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและตรวจสอบความถูกต้อง

10) นำรูปแบบการเรียนการสอนไปตรวจสอบความเหมาะสมโดยส่งให้ผู้ทรงวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และด้านการวิจัยและวัดผลการศึกษา 1 ท่าน ซึ่งจบการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการระดับผู้ช่วยศาสตราจารย์ และเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง 10 ปีขึ้นไป พิจารณาความเหมาะสม ประเมินคุณภาพขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน และให้ข้อเสนอแนะ

11) รวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญนำไปวิเคราะห์ สรุปผล และนำข้อคิดเห็นที่ได้ไปปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนให้สมบูรณ์ต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลที่ได้มาจัดการและวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยการตีความหมาย กำหนดคำสำคัญเพื่อการวิเคราะห์แยกประเด็นที่สำคัญ คัดเลือกข้อมูลที่ตรงตามวัตถุประสงค์และปรากฏซ้ำจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาจัดหมวดหมู่และจัดทำตารางสรุปข้อมูล เพื่อนำข้อสรุปที่สังเคราะห์ได้ไปใช้ปรับร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้มีความสมบูรณ์และนำรูปแบบการเรียนการสอนที่ได้ไปประเมินคุณภาพต่อไป

2) นำผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประเมินระดับเหมาะสมโดยพิจารณาจากเกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์ในการพิจารณาค่าความเหมาะสมต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1.00 จากการวิเคราะห์พบว่าคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินในแต่ละองค์ประกอบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.53-4.80 โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.40-0.80 ซึ่งค่าความเหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์ ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนจึงสามารถนำไปใช้ในการวิจัยในขั้นตอนต่อไปได้

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือสำหรับใช้ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ประเมินความเหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบความเป็นไปได้ของการนำรูปแบบไปใช้โดยการศึกษานำร่อง และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนสอนก่อนนำไปทดลองใช้จริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2) เพื่อพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. กลุ่มเป้าหมาย

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน จำนวน 5 ท่าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

(1) สำเร็จการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต หรือมีตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์

(2) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน หรือการสอนวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา

(3) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 10 ปีขึ้นไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยพัฒนาในขั้นตอนนี้ ได้แก่ 1) เครื่องมือสำหรับพัฒนากระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ และ 2) เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผล ได้แก่ แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็น มีขั้นตอนการสร้างและทดสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

1) ศึกษารายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอนแบบที่สร้างและปรับปรุงแล้วจากขั้นตอนที่ 1 รวมถึงข้อมูลที่สรุปได้จากการสัมภาษณ์และสอบถาม

2) ร่างคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน โดยมีองค์ประกอบ ได้แก่ คำแนะนำการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน บทบาทของผู้สอน บทบาทผู้เรียน กำหนดการจัดการเรียนการสอน ระยะเวลาในการใช้รูปแบบ สื่อการสอน การวัดและประเมินผล เครื่องมือที่ใช้การวัดและประเมินผล

3) ร่างแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ โดยกำหนดเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นแบบวัดซึ่งประกอบด้วยคำถามที่มีประเด็นครอบคลุมรายละเอียดของคู่มือ กำหนดมาตรวัดเป็นมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน) เหมาะสมมาก (4 คะแนน) เหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน) เหมาะสมน้อย (2 คะแนน) และเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน) ส่วนที่ 2 2 เป็นส่วนปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ

4) นำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ และแบบประเมินความหมาะสมเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความชัดเจนของคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงให้ถูกต้องและสมบูรณ์

5) นำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านกระบวนการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลักสูตรและการสอน การวัดและประเมินผล จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและพิจารณาความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้คำถามเพื่อสอบถามความคิดเห็นครอบคลุมองค์ประกอบ ได้แก่ คำแนะนำการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน บทบาทของผู้สอน บทบาทผู้เรียน กำหนดการจัดการเรียนการสอน ระยะเวลาในการใช้รูปแบบ สื่อการสอน การวัดและประเมินผล เครื่องมือที่ใช้การวัดและประเมินผล โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับของลิเคิร์ท (Likert rating scales) ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน) เหมาะสมมาก (4 คะแนน) เหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน) เหมาะสมน้อย (2 คะแนน) และเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน) โดยพิจารณาคุณภาพจากเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์ในการพิจารณาค่าความเหมาะสมต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของคู่มือการใช้นั้นใช้ได้ คือ มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้ หากมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ต้องปรับปรุงแก้ไข

3.2 แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น

การพัฒนาแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พิจารณาเงื่อนที่สำคัญ คือ 1) รายวิชาที่ใช้ในการเรียนการสอนต้องมีความเกี่ยวข้องและสามารถนำหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการบูรณาการเพื่อสร้างความรู้ใหม่ในบริบทที่กำหนดได้ และ 2) ผู้เรียนต้องมีองค์ความรู้พื้นฐานเพียงพอในการบูรณาการเพื่อสร้างความรู้ใหม่ได้ จึงควรเลือกรายวิชามีลักษณะประยุกต์ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการอธิบายหรือแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้พื้นฐานร่วมกับข้อมูลจากการปฏิบัติในบริบทสถานการณ์การเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการวิจัยเลือกรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งผู้เรียนต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานและสามารถนำหลักธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการอธิบายแนวคิดหรือความเชื่อของภูมิปัญญาให้กลายองค์ความรู้ที่เป็นเหตุเป็นผลทางวิทยาศาสตร์ได้ ในการสร้างแผนการจัดการเรียนการสอน มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป เพื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการ เพื่อนำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนการสอน

2) ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบ เพื่อนำมากำหนดโครงสร้างของแผนจัดการเรียนการสอน และกำหนดรายละเอียดของแผนให้ตรงกับรูปแบบการเรียนการสอน

3) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีการบูรณาการ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับทฤษฎีและรูปแบบการเรียนการสอน

4) ออกแบบและกำหนดเนื้อหาสาระให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและเลือกเนื้อหามีความเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลักแนวคิดมีธรรมชาติ กำหนดกรอบแนวคิดที่ผู้เรียนควรรู้และสามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์ โดยแยกเนื้อหาย่อยออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่ การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

5) กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม เพื่อการเรียนรู้ในปรากฏการณ์ในบริบทได้สอดคล้องกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์ เพื่อนำความรู้หรือทฤษฎีที่เคยรู้มาใช้ในการคาดเดาคำตอบ 3) ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อออกแบบหรือเลือกวิธีการในการพิสูจน์หาหลักฐานสำหรับยืนยันคำตอบที่คาดเดาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ 4) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างข้อสรุปโดยนำหลักฐานมาใช้ร่วมกับเหตุผลเชิงทฤษฎีในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5) ขั้นนำไปใช้ในบริบท เพื่อสร้างนำความรู้และสมรรถนะที่ได้ไปใช้ในบริบทที่สนใจและขยายประสบการณ์ให้เกิดความรู้ที่กว้างออกไป 6) ขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล เพื่อปรับมุมมองประสบการณ์ให้เกิดความรู้ใหม่และประเมินความก้าวหน้า

(6) สร้างแผนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประกอบด้วยแผน จำนวน 3 แผน

(6.1) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 7.5 ชั่วโมง

(6.2) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 ชั่วโมง

(6.3) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 ชั่วโมง

7) นำแผนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ รวมถึงความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนการสอนครอบคลุมตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาไว้จากระยะที่ 2

8) นำแผนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านกระบวนการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลักสูตรและการสอน การวัดและประเมินผล จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและพิจารณาความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้คำถามเพื่อสอบถามความคิดเห็นครอบคลุมองค์ประกอบ ได้แก่ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) เนื้อหา (4) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท และขั้นสะท้อนคิดและ

ประเมินผล (5) สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และ (6) การวัดและประเมินผล โดยแบบประเมินความเหมาะสมใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ของ Likert (Likert rating scales) ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน) เหมาะสมมาก (4 คะแนน) เหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน) เหมาะสมน้อย (2 คะแนน) และเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน) โดยพิจารณาคุณภาพจากเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์ในการพิจารณาค่าความเหมาะสมต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของแผนนั้นใช้ได้ คือ มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้ หากมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ต้องปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแผนจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์รายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ปรับปรุงสมบูรณ์แล้วไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3 แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วัดองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จากตำรา วารสาร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ รวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และสังเคราะห์เป็นแนวคิดและองค์ประกอบสำหรับใช้สร้างเครื่องมือวัดสำหรับการวิจัย

(2) ศึกษาวัตถุประสงค์การเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่กำหนดไว้ในตามแผนการจัดการเรียนการสอน ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น รวมถึงเนื้อหาที่ใช้เป็นบริบทในการเรียนการสอน เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดคำถามให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และบริบทเนื้อหา

(3) ออกแบบและสร้างแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ กำหนดคำถามให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ที่ยืนยันได้ในระยะที่ 1 โดยใช้ข้อสอบแบบผสม ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ และคำถาม ซึ่งใช้คำถาม 2 ลักษณะผสมกัน คือ 1) คำถามเชิงปรนัย 4 ตัวเลือก และ 2) คำถามเชิงอัตนัย เพื่อให้ผู้ตอบคำถามที่สอดคล้องกับบริบทสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

(4) นำแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้อง ความชัดเจน และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ รวมถึงความครอบคลุมของข้อคำถามตามวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ หลักสูตรและการสอน การวัดและประเมินผล จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องและตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องของคำถามกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสามารถวัดองค์ประกอบที่กำหนด

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามสามารถวัดองค์ประกอบที่กำหนด

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสามารถวัดองค์ประกอบที่กำหนด

6) รวบรวมข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด (Item-objective congruency: IOC) (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551, น. 50) โดยใช้สูตร

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

โดย IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ

ΣR หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พิจารณาข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50-1.00 (Rovinelli & Hambleton, 1977, p. 49-60; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 72) หากข้อคำถามที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็นำมาปรับปรุงและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง ข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถาม อยู่ในช่วง 0.80-1.00

(7) นำแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบค่าความยากง่าย (พิจารณาค่าที่อยู่ระหว่าง 0.20-0.80) และค่าอำนาจจำแนก (พิจารณาอำนาจจำแนกที่ค่า 0.20 ขึ้นไป) โดยแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คำถามมีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40-.67 มีค่าอำนาจจำแนก 0.28-0.57 ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คำถามมีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.45-0.70 มีค่าอำนาจจำแนก 0.21-0.64 ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท คำถามมีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.55-0.78 มีอำนาจจำแนก 0.27-0.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

(8) คำนวณแล้วหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากคำถามแต่ละข้อมีคะแนนไม่เท่ากันจึงใช้วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิแอลฟ่าของครอนบาค (Alpha Cronbach coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 117) พบว่าแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.86 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นมีค่าสูงกว่า 0.70 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

(9) ปรับปรุงแบบวัดความฉลาดรู้ให้สมบูรณ์ เพื่อนำแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.4 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วัดองค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้ไปใช้คำนวณคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมกับคะแนนที่ได้จากการวัดองค์ประกอบด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ที่ได้จากแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีจากตำรา วารสาร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในประเทศและต่างประเทศ รวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์เนื้อหา และสังเคราะห์เป็นแนวคิดและองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์สำหรับใช้สร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย

2) กำหนดองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่สังเคราะห์และวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันที่ได้จากระยะที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย ความสนใจใฝ่รู้ทางวิทยาศาสตร์ การรับรู้และความตระหนักทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

3) กำหนดคำถามเพื่อใช้สอบถามพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบที่กำหนด จำนวนองค์ประกอบละ 9 ข้อ ใช้มาตรวัดแบบประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท โดยกำหนดเกณฑ์การให้ค่าน้ำหนักคะแนน ได้แก่ เห็นด้วยมากที่สุด (5 คะแนน)

เห็นด้วยมาก (4 คะแนน) เห็นด้วยระดับปานกลาง (3 คะแนน) เห็นด้วยระดับน้อย (2 คะแนน) และเห็นด้วยระดับน้อยที่สุด (1 คะแนน)

4) นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้อง ความชัดเจน และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ รวมถึงความครอบคลุมของข้อคำถามตามวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องและตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสามารถวัดองค์ประกอบที่กำหนด

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามสามารถวัดองค์ประกอบที่กำหนด

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสามารถวัดองค์ประกอบที่กำหนด

6) รวบรวมข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-objective congruency, น. IOC) (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551, น. 50) โดยใช้สูตร

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

โดย IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ

ΣR หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พิจารณาข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50-1.00 (Rovinelli & Hambleton, 1977, p. 49-60; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 72) หากข้อคำถามที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็นำมาปรับปรุงและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง พบว่าคำถามที่ได้มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ในช่วง 0.80-1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

(7) นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (พิจารณาอำนาจจำแนกที่ค่า 0.20 ขึ้นไป) โดยแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความสนใจใฝ่รู้ มีค่าอำนาจจำแนก 0.51-0.76 ด้านการรับรู้และความตระหนัก มีค่าอำนาจจำแนก 0.30-0.72 ด้านทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ มีอำนาจจำแนก 0.49-0.77 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

(8) หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิแอลฟ่าของครอนบาค (Alpha Cronbach coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 117) พบว่าแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.884 โดยด้านความสนใจใฝ่รู้ มีค่าความเชื่อมั่น 0.90 ด้านการรับรู้และความตระหนัก มีค่าความเชื่อมั่น 0.87 ด้านทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น 0.87 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นมีค่าสูงกว่า 0.70 ขึ้นไป อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แบบวัดเจตคติดังกล่าวจึงสามารถในไปใช้ในการวิจัยได้

(9) นำข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.5 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

1) ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดเห็นและการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นจากเอกสารวิชาการและงานวิจัยต่าง ๆ

2) กำหนดกรอบเนื้อหา แนวคิดและขอบข่ายโครงสร้างของคำถาม โดยกำหนดขอบเขตของประเด็นคำถาม ให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ได้แก่ องค์ประกอบด้านเนื้อหา ด้านขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน และด้านการวัดและประเมินผล ประกอบด้วยคำถาม 2 ลักษณะ คือ คำถามที่ใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท โดยกำหนดเกณฑ์การให้ค่าน้ำหนักคะแนน ได้แก่ เห็นด้วยมากที่สุด (5 คะแนน) เห็นด้วยมาก (4 คะแนน) เห็นด้วยระดับปานกลาง (3 คะแนน) เห็นด้วยระดับน้อย (2 คะแนน) และเห็นด้วยระดับน้อยที่สุด (1 คะแนน) และคำถามปลายเปิดเพื่อให้แสดงความคิดโดยอิสระ กำหนดเกณฑ์ยอมรับความคิดเห็นของผู้เรียนโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจากคำถามแต่ละข้อ หากข้อใดมีค่าเฉลี่ยในระดับเห็นด้วยมากถึงเห็นด้วยมากที่สุด จึงจะถือว่าผู้เรียนเห็นด้วยกับกับคำถามนั้น ๆ ซึ่งกำหนดช่วงของค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50–5.00 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50–4.49 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50–3.49 แปลความว่ามีความรู้สึกเห็นด้วยปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50–2.49 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.49 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยน้อยที่สุด

3) นำแบบวัดความคิดเห็นให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบวัดความคิดเห็นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องและตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามสามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามสามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์

5) คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด (Item-objective of congruency: IOC) (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551, น. 50) โดยใช้สูตร

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

โดย IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ

ΣR หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พิจารณาข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50-1.00 (Rovinelli & Hambleton, 1977, p. 49-60; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 72) หากข้อคำถามที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็นำมาปรับปรุงและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง คำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.60-1.00

(6) นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (พิจารณาอำนาจจำแนกที่ค่า 0.20 ขึ้นไป) พบว่า ด้านเนื้อหามีค่าอำนาจจำแนก 0.45-0.72 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มีค่าอำนาจจำแนก 0.45-0.92 ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน มีค่าอำนาจจำแนก 0.41-0.67 และด้านการวัดและประเมินผล มีค่าอำนาจจำแนก 0.23-0.72 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

(7) หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามความคิดเห็น โดยใช้วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิแอลฟ่าของครอนบาค (Alpha Cronbach coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 117) พบว่าแบบสอบถามความคิดเห็น มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.95 โดยด้านเนื้อหา มีค่าความเชื่อมั่น 0.88 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มีค่าความเชื่อมั่น 0.96 ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ มีค่าความเชื่อมั่น 0.71 และด้านการวัดและประเมินผล มีค่าความเชื่อมั่น 0.86 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นมีค่าสูงกว่า 0.70 ขึ้นไป อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด สามารถในไปใช้ในการวิจัยได้

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

การดำเนินงานในขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนการนำรูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลอง (Try out) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและความเป็นได้ในการนำไปใช้ มีรายละเอียดดังนี้

1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. กลุ่มเป้าหมาย

เนื่องจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนั้นมีบริบทที่แตกต่าง และมีรายวิชาที่เปิดสอนในช่วงระยะเวลาการวิจัยที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงเลือกนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ปีการศึกษา 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ เป็นผู้เข้าร่วมการวิจัย และเนื่องจากข้อกำหนดด้านจริยธรรมการวิจัยนั้นไม่บังคับการเข้าร่วมจึงมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวนจำกัด ด้วยข้อจำกัดนี้ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้โดยพิจารณาระดับผลสัมฤทธิ์ก่อนการทดลองแล้วแยกออกเป็นกลุ่มสูง (n=3) กลุ่มกลาง (n=3) และกลุ่มต่ำ (n=3) รวมจำนวน 9 คน เหมาะสมสำหรับการดำเนินการการศึกษาแบบเข้มข้นซึ่งผู้สอนต้องใช้ระยะเวลามากในการกำกับและชี้แนะผู้เรียน และการวิจัยระยะนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ในวงกว้าง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) นำรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ คู่มือการใช้รูปแบบ แผนการจัดการเรียนการสอน และแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาและปรับปรุงแล้วมาทดลองใช้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน มาจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอน ใช้ระยะเวลา 31.5 ชั่วโมง เก็บคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนในแต่ละแผน สังเกตและบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองในระหว่างเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ตามแผน จึงทำการวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

2) รวบรวมคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนมาคำนวณหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน (E_1/E_2) เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (E_1/E_2=75/75)

3) รวบรวมข้อมูลพฤติกรรมที่สังเกตได้จากขั้นเรียน นำมาวิเคราะห์จุดอ่อน เพื่อนำมาหาสาเหตุและปรับปรุงให้เกิดเหมาะสมและสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) นำผลคะแนนการวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนแต่ละแผนมาคำนวณเป็นร้อยละ แล้วหาค่าเฉลี่ยรายแผน นำคะแนนที่ได้จากการวัดแต่ละแผนมาหาค่าเฉลี่ยเป็นคะแนนระหว่างเรียน (E_1) และนำผลการวัดความฉลาดรู้หลังเรียนมาคำนวณเป็นร้อยละของคะแนนหลังเรียน (E_2) โดยใช้สูตร (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น.10-11) ดังนี้

1.1) สูตรการหาค่า E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \text{ หรือ } \frac{\bar{X}}{A} \times 100$$

N คือ จำนวนผู้เรียน

เมื่อ $\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียน ทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

1.2) สูตรการหาค่า E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$$E_1 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \text{ หรือ } \frac{\bar{F}}{B} \times 100$$

เมื่อ $\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการทดสอบหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของผลการสอบหลังเรียนครบทุกแผน

N คือ จำนวนผู้เรียน

2) นำค่าประสิทธิภาพของรูปแบบที่คำนวณได้ไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (E_1/E_2 = 75/75)

3) นำข้อสังเกตที่ได้ระหว่างจัดการเรียนการสอนมาปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารคู่มือการใช้ให้สมบูรณ์

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การดำเนินงานในระยะที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยทำการศึกษา 1) เปรียบเทียบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) ศึกษาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมหาวิทยาลัยราชภัฏ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ในการดำเนินงานมีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

1. วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏ 38 แห่ง จำนวน 1,689 คน (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565)

2.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปีการศึกษา 2566 ชั้นปีที่ 3 ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ การกำหนดขนาดตัวอย่างพิจารณาจากลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันของ

กลุ่มตัวอย่าง ลักษณะเชิงคุณภาพของการทดลองที่ต้องการปฏิสัมพันธ์และการสังเกตอย่างใกล้ชิด และบริบทและทรัพยากรที่มีสนับสนุน และเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วม ได้แก่ (1) เป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (2) ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น (3) สมัครใจเข้าร่วมโครงการและเข้าร่วมกิจกรรม เกินร้อยละ 80 และ (4) พร้อมเข้ารับการประเมินก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งมีจำนวน 21 คน กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีคุณลักษณะตรงตามเงื่อนไข จึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของมหาวิทยาลัยราชภัฏได้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเก็บข้อมูล เป็นเครื่องมือที่ได้ทดสอบคุณภาพและปรับปรุงแล้ว จากระยะที่ 2 ได้แก่

1) เครื่องมือสำหรับใช้พัฒนากระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ จำนวน 3 แผน ได้แก่

1.1) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 7.5 ชั่วโมง

1.2) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 ชั่วโมง

1.3) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 ชั่วโมง

2) เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผล ได้แก่ แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำหนดเป็นการวิจัยก่อนการทดลอง (Pre-Experimental Research) แบบการทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนหลังการทดลอง (One Group, Pretest-Posttest Design) (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556, น. 120-123)

ตารางที่ 3.5 แบบแผนการวิจัย

Pretest	Treatment	Posttest
O_1	X	O_2

หมายเหตุ O_1 หมายถึง การวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

X หมายถึง การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

O_2 หมายถึง การวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ขั้นตอนในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

1) ประชุมชี้แจงทำความเข้าใจเบื้องต้นร่วมกันและขอความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์

2) ทดสอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น รวบรวมแบบทดสอบนำไปตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบที่ได้จากแบบวัด และสัมภาษณ์เพิ่มเติมในกรณีที่ผู้ตอบใช้คำตอบที่คลุมเครือไม่ชัดเจนตรวจให้คะแนน บันทึกผลและวิเคราะห์เบื้องต้น

3) ดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏกับกลุ่มตัวอย่าง ตามโครงสร้างและตารางเวลาที่กำหนดไว้ จำนวน 3 แผน ได้แก่

(1) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้ระยะเวลา 7.5 ชั่วโมง

(2) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

(3) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

4) ทดสอบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่สร้างขึ้น รวบรวมข้อมูลจากแบบวัดไปตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบที่ได้จากแบบวัด และสัมภาษณ์เพิ่มเติมในกรณีที่ผู้ตอบใช้คำตอบที่คลุมเครือไม่ชัดเจนตรวจให้คะแนน บันทึกผล และวิเคราะห์เบื้องต้น

5) รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การเปรียบเทียบคความแตกต่างของความฉลาดทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน การเปรียบเทียบผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และคำนวณหาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

6) สอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นำไปวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบที่ควรปรับปรุง

7) นำเสนอผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาพัฒนาการของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียด ดังนี้

1) นำคะแนนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์มาแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

2) ตรวจให้คะแนนด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) รวบรวมคะแนนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) จากแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ นำมาคำนวณคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป (SL) โดยใช้สมการซึ่งได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระยะที่ 1 ดังนี้

$$SL = 0.87\,(SA) + 0.86\,(SIA) + 0.86\,(NOS) + 0.81\,(SAC)$$

4) นำคะแนนที่คำนวณได้มาประเมินผลรายบุคคล โดยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

ร้อยละ 80.00 ขึ้นไป	หมายถึง	ดีเยี่ยม
ร้อยละ 70.00-79.99	หมายถึง	ดี
ร้อยละ 60.00-69.99	หมายถึง	พอใช้
ร้อยละ 50.00-59.99	หมายถึง	ผ่าน
ต่ำกว่าร้อยละ 50	หมายถึง	ดีเยี่ยม

5) เปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทีแบบไม่อิสระ (Dependent samples t-test) (บุญชม ศรีสะอาด, *2556,* น. 133-134) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t = สถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D = ผลต่างของคะแนน

n = จำนวนตัวอย่าง

6) เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) (กมลวรรณ ตังธนกานนท์, 2558, น. 93) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}-\mu}{\frac{S.D.}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ t = สถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ = ค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบ

S.D. = ผลต่างของคะแนน

n = จำนวนประชากร

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. แหล่งข้อมูล

1) ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

2) ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

3) ความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิผล ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ และความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ผลประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาข้อดีข้อด้อยขององค์ประกอบของรูปแบบและการปรับปรุงรูปแบบให้มีความสมบูรณ์ ประเมินระดับเหมาะสมโดยพิจารณาจากเกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ ค่าความเหมาะสมต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 (ระดับมาก) ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1.00

2) วิเคราะห์ประสิทธิผลจากการทดลองใช้รูปแบบ โดยพิจารณาความแตกต่างของคะแนนก่อนการจัดการเรียนการสอน และหลังการจัดการการเรียนการสอน ใช้วิธีการวิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และการวิเคราะห์สถิติแบบที นำผลที่มาอธิบายเชิงพรรณนาและสรุป โดยพิจารณายอมรับประสิทธิผลจากการทดลองใช้รูปแบบ คือ ความแตกต่างของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และคะแนนหลังเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75 ขึ้นไป

3) ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ โดยนำระดับความคิดเห็นที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และนำมาวิเคราะห์ประสิทผลที่เกิดกับผู้เรียน นำผลที่มาอธิบายเชิงพรรณนาและสรุปพิจารณาผลด้านความคิดเห็นของนักศึกษาจากค่าเฉลี่ย ซึ่งกำหนดช่วงของค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50–5.00 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50–4.49 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50–3.49 แปลความว่ามีความรู้สึกเห็นด้วยปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50–2.49 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.49 แปลความว่า มีความรู้สึกเห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์ในการพิจารณา คือ คะแนนความคิดเห็นของนักศึกษา ต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 (ระดับเห็นด้วยมาก) ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1.00

4) นำข้อมูลที่เป็นประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน ความคิดเห็นของผู้เรียนหลังการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ (2) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ และ (3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แยกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย

n	หมายถึง	จำนวนตัวอย่าง
$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)
S.D.	หมายถึง	ค่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Coefficient of variation)
SA	หมายถึง	เจตคติทางวิทยาศาสตร์
NOS	หมายถึง	ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
SIA	หมายถึง	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
SAC	หมายถึง	การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
SA1	หมายถึง	ความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
SA2	หมายถึง	การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์
SA3	หมายถึง	ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์
NOS1	หมายถึง	ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
NOS2	หมายถึง	ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
NOS3	หมายถึง	ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์
SIA1	หมายถึง	ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

SIA2	หมายถึง	ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล
SIA3	หมายถึง	ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
SAC1	หมายถึง	การประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท
SAC2	หมายถึง	การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เหมาะสมตามบริบท
SAC3	หมายถึง	ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง
Max	หมายถึง	ค่าสูงสุด
Min	หมายถึง	ค่าต่ำสุด
C.V.	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของตัวแปร
Sk	หมายถึง	ค่าความเบ้
Ku	หมายถึง	ค่าความโด่ง
χ^2	หมายถึง	ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนประเภทค่าสถิติไค-สแควร์
df	หมายถึง	องศาอิสระ
P	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
R	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
R^2	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การทำนาย
GFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว
CFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ
RMR	หมายถึง	ค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ
RMSEA	หมายถึง	รากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ
CR	หมายถึง	ค่าความเที่ยงเชิงโครงสร้าง
AVE	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย
***	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ($P<0.001$)
**	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($P<0.01$)
*	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P<0.05$)
ns	หมายถึง	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย แยกออกเป็นหัวข้อดังนี้

ผลการศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาค้นคว้าแนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ลีเดอร์แมน (Lederman et al.,2013, p. 138-146), ไฟส์และคณะ (Fives et al.,2014, p. 553-559), เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242), องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ก, น. 12), สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110), คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) และ Suwono et al. (2022, p.7-9) โดยวิเคราะห์เชิงเอกสารแล้วสังเคราะห์แนวคิดเป็นองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท นำองค์ประกอบที่ได้ไปกำหนดเป็นตัวแปรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยกำหนดเป็นตัวแปรแฝง จำนวน 4 ตัวแปร ดังนี้

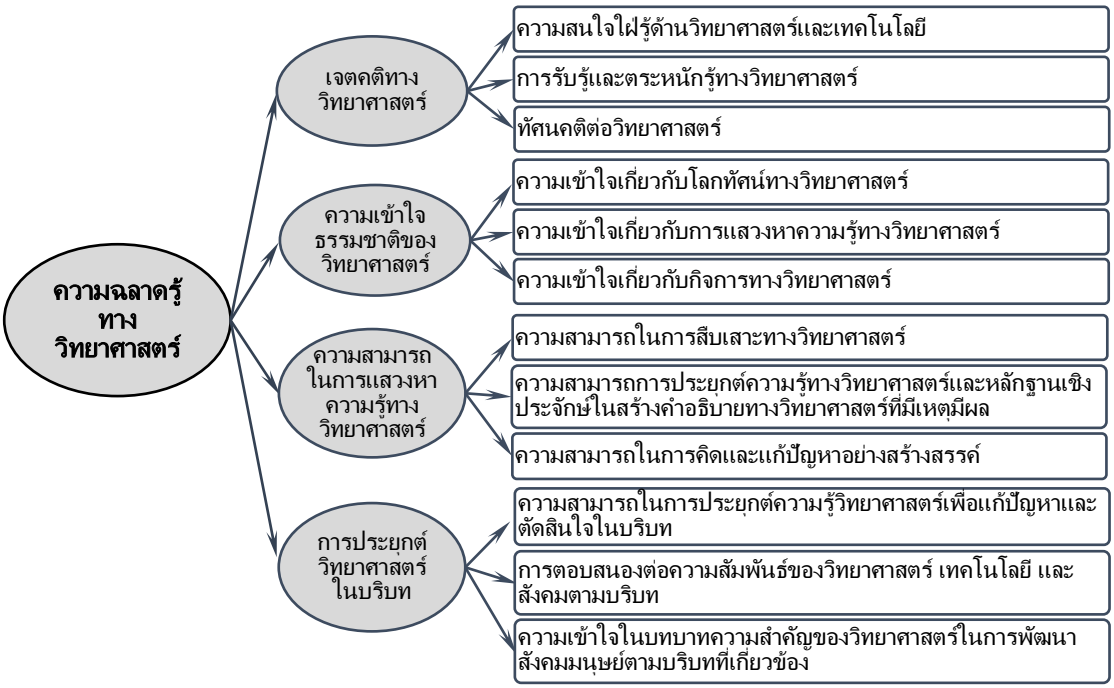
1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล และ 3) ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท 2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท และ 3) ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

จากตัวแปรองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยได้นำไปสร้างโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น สำหรับนำไปใช้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis) ของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดโมเดลนี้ให้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่สองกับองค์ประกอบอันดับที่หนึ่งซึ่งเป็นตัวแปรแฝง ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท และพฤติกรรมบ่งชี้ซึ่งเป็นตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงทั้งสี่ตัวแปร (ภาพที่ 4.1) จากนั้นจึงนำตัวแปรสังเกตได้ไปสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป



ภาพที่ 4.1 โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง

จากแบบสอบถามที่รวบรวมได้จากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 2 ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 19 แห่ง มีกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 410 ราย เมื่อนำมาแจกแจงความถี่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะทั่วไปแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

รายการ	ประเภท	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ	1. ชาย	71	17.32
	2. หญิง	339	82.68
	รวม	410	100.00
2. สาขาที่เรียน	1. วิทยาศาสตร์ทั่วไป	396	96.59
	2. เคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป	4	0.98
	3. ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป	6	1.45
	4. ฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป	4	0.98
	รวม	410	100.00
วิชาเรียนผ่านแล้ว	1. ฟิสิกส์	410	100.00
	2. เคมี	410	100.00
	3. ชีววิทยา	410	100.00
	4. คณิตศาสตร์	353	86.10
	5. วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ	290	70.73
	6. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	291	70.98

จากตารางที่ 4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด มีจำนวน 410 ตัวอย่าง จำแนกตามเพศ แยกเป็นเพศชาย 71 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 17.32) เพศหญิง จำนวน 339 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 82.68) เมื่อจำแนกตามสาขาวิชาที่เรียน พบว่าเป็นนักศึกษาที่เรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 396 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 96.59) รองลงไปเป็นสาขาชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป 6 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 1.46) สาขาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป 4 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 0.98) และสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 4 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 0.98) แสดงดังตารางที่ 4.1 ในด้านพื้นฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดผ่านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (เคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์) แล้ว ซึ่งลักษณะตัวอย่างสอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการศึกษา นอกจากนั้น

กลุ่มส่วนใหญ่ได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์ วิชาธรรมชาติและการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ ร้อยละ 86.10, 70.98 และ 70.73 ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลที่กำหนด เมื่อนำไปสร้างเครื่องมือใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งใช้คำถามที่ครอบคลุมองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้จากเอกสารงานวิจัยวารสาร และเอกสารวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกำหนดไว้เป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ผลคะแนนความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างมีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยแสดงดังตารางผนวกที่ ง.1

1) ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.67) โดยประเด็นคำถามที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความอยากรู้เห็นในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ รองลงไปได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มใจ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักในความสำคัญของหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์

2) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.65) โดยประเด็นคำถามที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงลักษณะสำคัญและกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่าในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้

3) ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.28, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.67) โดยประเด็นคำถามที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการออกแบบหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์ อาทิ การทดลอง การสำรวจ ฯลฯ รองลงไป ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถ

ในมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในตัดสินใจแก้ปัญหา และนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์

4) ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25, S.D.= 0.65) โดยประเด็นคำถามที่มีคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทอย่างถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ รองลงไป ได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการนำวิทยาศาสตร์ไปทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทรอบตัว (และนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ

เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.67) และองค์ประกอบย่อยแต่ละด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกองค์ประกอบ ซึ่งบ่งชี้ถึงมุมมองของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เห็นถึงความสำคัญของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้ในวิชาชีพ

ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรสังเกตได้ซึ่งเป็นตัวแปรบ่งชี้เกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ที่รวบรวบได้จากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) รวมถึงลักษณะการกระจาย และการแจกแจงของตัวแปรแต่ละตัว ได้แก่ ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) พิสัย (Range) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดล ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมลิสเรล (LISREL 12.0) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Secondary confirmatory factor analysis) เพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของโมเดลว่าหลักฐานเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องตรงตามที่นักวิจัยได้สังเคราะห์จากแนวคิดที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมหรือไม่ (ไชยันต์ สกุลศรีประเสริฐ, 2556, น. 1-13) โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

โมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีตัวบ่งชี้ทั้งหมด 12 ตัวแปร โดยมีตัวแปรแฝง 4 ตัวแปร คือ 1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) 2) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) 3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) และ 4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) ศึกษาลักษณะการกระจายและการแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัว พบว่าระดับความคิดเห็นที่ได้จากแบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.25, S.D.= 0.51) โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ตารางผนวกที่ ง.2)

ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) พบว่าระดับความคิดเห็นด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.27, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51) ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกเป็นองค์ประกอบย่อย พบว่า ด้านความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (SA1) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ด้านการรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SA2) และด้านทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ (SA3) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) ของตัวแปร พบว่าตัวแปรมีการกระจายไม่ต่างกันมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 11.93-12.21 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Sk) ของตัวแปรพบว่า ตัวแปรทุกตัวมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้เป็นลบ) แสดงว่าข้อมูลของตัวแปรทุกตัวสูงกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Ku) พบว่าตัวแปรทุกตัวมีโค้งการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะต่ำกว่าโค้งปกติ (ค่าความโด่งต่ำกว่า 0) แสดงว่าตัวแปรด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีการกระจายของข้อมูลมาก

ในด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) พบว่าคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ (NOS3) และด้านความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (NOS1) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) ของตัวแปร พบว่าตัวแปรมีการกระจายไม่ต่างกันมากโดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 10.366-11.845 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Sk) ของตัวแปร พบว่าตัวแปรทุกตัวมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้เป็นลบ) แสดงว่าข้อมูลของตัวแปรทุกตัวสูงกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Ku) พบว่าตัวแปรด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทุกตัวแปรมีโค้งการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะสูงกว่าโค้งปกติ (ค่าความโด่งน้อยกว่า 0) แสดงว่าตัวแปรด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีการกระจายของข้อมูลมาก

ในด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.28, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.53) ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (SIA3) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (SIA1) และความสามารถการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (SIA2) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) ของตัวแปร พบว่า ตัวแปรมีการกระจายไม่ต่างกันมากโดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 11.98-12.73 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Sk) ของตัวแปร พบว่าตัวแปรทุกตัวมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้เป็นลบ) แสดงว่า ข้อมูลของตัวแปรทุกตัวสูงกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Ku) พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีโค้งการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะต่ำกว่าโค้งปกติ (ค่าความโด่งต่ำกว่า 0) แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีการกระจายของข้อมูลมาก

ในด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท พบว่าคะแนนความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.19, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.53) ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าตัวแปรด้านการประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (SAC1) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านการตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท (SAC2) และด้านความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง (SAC3) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) ของตัวแปร พบว่าตัวแปรมีการกระจายไม่ต่างกันมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 12.87-13.11 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Sk) ของตัวแปร พบว่าตัวแปรทุกตัวมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้เป็นลบ) แสดงว่าข้อมูลของตัวแปรทุกตัวสูงกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Ku) พบว่าตัวแปรทุกตัวมีโค้งการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะต่ำกว่าโค้งปกติ (ค่าความโด่งต่ำกว่า 0) แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีการกระจายของข้อมูลมาก

ในภาพรวมของตัวแปรพบว่าข้อมูลตัวแปรมีการกระจายตัวร้อยละ 10.37-12.97 ซึ่งข้อมูลของตัวแปรทั้งหมดมีค่าความเบ้เป็นลบหรือเบ้ซ้ายเล็กน้อย (ค่าตัวแปรมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย) และมีค่าความโด่งเป็นลบหรือต่ำกว่าโค้งปกติเล็กน้อย (มีการกระจายของข้อมูลมาก) ซึ่ง โดยทั่วไปค่าความเบ้ควรอยู่ระหว่าง -2 ถึง +2 และค่าความโด่งควรอยู่ระหว่าง -7 ถึง +7และข้อมูลที่มีจำนวน 200 ตัวอย่างขึ้นไป ค่าความเบ้และความโด่งที่วิเคราะห์ได้นั้นมีผลกระทบน้อยต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Hair et a*l.*, 2014, p. 75) ดังนั้นค่าที่คำนวณได้จึงมีค่าความเบ้และค่าความโด่งไม่สูงเกินไปจนละเมิดข้อจำกัดของวิเคราะห์องค์ประกอบ ข้อมูลตัวแปรที่ได้จึงสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้เพื่อให้สร้างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ในการวิเคราะห์โมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

เนื่องจากข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อนำค่าสถิติไปทดสอบสมมติฐานนั้นต้องเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมากพอที่จะแสดงให้เห็นว่าตัวแปรมีองค์ประกอบร่วมกัน ดังนั้นในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงใช้วิธีตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) โดยการวิเคราะห์ให้ได้เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบว่ามีค่าแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าน้อยหรือมีค่าใกล้ศูนย์ก็ชี้ว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันน้อย แสดงว่าเมทริกซ์นั้นไม่มีองค์ประกอบร่วมกัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องนำเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไปวิเคราะห์องค์ประกอบ แล้ววิเคราะห์ค่าสถิติค่าสถิติ Bartlett’s test of sphericity และค่าดัชนีไกเซอร์เมเยอร์–ออลคิน (Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy: KMO) เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบหรือไม่

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ พบว่าตัวแปรที่บ่งชี้องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป (SL) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในพิสัยตั้งแต่ .48 ถึง .88 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์ทางบวกขนาดต่ำถึงขนาดสูง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุดคือ ด้านการตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท (SAC2) กับด้านความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง (SAC3) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันต่ำสุด คือ ความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (SA1) กับด้านการประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (SAC1) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett’s test of sphericity พบว่า มีค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 4,361.63 ที่ความน่าจะเป็น .00 ($p < .01$) แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และมีผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin measure of sample adequacy (KMO) มีค่าเท่ากับ .92 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กันมากพอ และตัวแปรที่บ่งชี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่เกิน .90 ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้ มีผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตัวแปร	SA1	SA2	SA3	NOS1	NOS2	NOS3	SIA1	SIA2	SIA3	SAC1	SAC2	SAC3
SA1	1											
SA2	.81**	1										
SA3	.73**	.79**	1									
NOS1	.52**	.55**	.58**	1								
NOS2	.49**	.51**	.54**	.75**	1							
NOS3	.55**	.60**	.59**	.73**	.73**	1						
SIA1	.60**	.62**	.61**	.51**	.55**	.59**	1					
SIA2	.57**	.59**	.56**	.50**	.54**	.56**	.79**	1				
SIA3	.57**	.61**	.58**	.49**	.50**	.59**	.70**	.76**	1			
SAC1	.48**	.52**	.51**	.60**	.56**	.54**	.55**	.56**	.51**	1		
SAC2	.52**	.57**	.57**	.59**	.55**	.61**	.56**	.59**	.59**	.81**	1	
SAC3	.55**	.56**	.55**	.61**	.54**	.60**	.58**	.58**	.58**	.79**	.88**	1
Mean	**4.29**	**4.27**	**4.27**	**4.22**	**4.29**	**4.24**	**4.27**	**4.26**	**4.30**	**4.21**	**4.20**	**4.17**
S.D.	**0.51**	**0.52**	**0.51**	**0.50**	**0.45**	**0.49**	**0.53**	**0.54**	**0.52**	**0.51**	**0.55**	**0.54**

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy = .92

Bartlett's test of sphericity = 4,361.63, df = 66, p = .00

หมายเหตุ: **p < .01; n = 410

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้ด้านความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (SA1) ด้านการรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SA2) และด้านทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ (SA3) พบว่าตัวแปรบ่งชี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในพิสัยตั้งแต่ .73 ถึง .81 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์ทางบวกขนาดสูง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุด คือ ความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (SA1) กับการรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SA2) (ตารางผนวกที่ ง.3) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett’s test of sphericity พบว่ามีค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 857.77 ที่ความน่าจะเป็น .00 (p< .01) แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และมีผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin measure of sample adequacy (KMO) มีค่าเท่ากับ .75 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กันมากพอในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ด้านความเข้าในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (NOS1) ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NOS2) และด้านความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ (NOS3) พบว่าตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในพิสัยตั้งแต่ .73 ถึง .75 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์ทางบวกขนาดสูง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุด คือ ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (NOS1) กับด้านความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NOS2) (ตารางผนวกที่ ง.4) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity พบว่า มีค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 709.34 ที่ความน่าจะเป็น .005 ($p < .01$) แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และมีผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin measure of sample adequacy (KMO) มีค่าเท่ากับ .75 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กันมากพอในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (SIA1) ด้านความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (SIA2) และด้านความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (SIA3) พบว่าตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในพิสัยตั้งแต่ .70 ถึง .79 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์ทางบวกขนาดปานกลางถึงสูง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุด คือ ด้านความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (SIA1) กับด้านความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล (SIA2) (ตารางภาคผนวกที่ ง.5) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity พบว่า มีค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 779.48 ที่ความน่าจะเป็น .00 ($p < .01$) แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และมีผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sample Adequacy (KMO) มีค่าเท่ากับ .74 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กันมากพอในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้ด้านการประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (SAC1) ด้านการตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เหมาะสมตามบริบท (SAC2) และด้านความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง (SAC3) พบว่าตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในพิสัยตั้งแต่ .79 ถึง .88

โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์ทางบวกขนาดสูง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุด คือ ด้านการตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เหมาะสมตามบริบท (SAC2) และด้านความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง (SAC3) (ตารางผนวกที่ ง. 6) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity พบว่า มีค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 1073.29 ที่ความน่าจะเป็น .00 ($p < .01$) แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และมีผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin measure of sample adequacy (KMO) มีค่าเท่ากับ .75 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กันมากพอในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป

3. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ของโมเดลองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์องค์ประกอบการวัด ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis: CFA) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ด้วยโปรแกรมลิสเรล 12.0 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีผลการวิเคราะห์แสดงดังนี้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โมเดลที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่สองกับองค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาตร์ (NOS) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.2 โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาได้จากค่าไค–สแควร์ (χ^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 55.05 ซึ่งแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ความน่าจะเป็น (P) เท่ากับ 0.10 และองศาอิสระ (df) เท่ากับ 43 โดยมีค่าไคว์สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) เท่ากับ 1.28 มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ .989 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ .961 มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.997 มีค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ (RMR) เท่ากับ .005 และมีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.026 ซึ่งค่าสถิติที่ได้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ก. การวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตได้

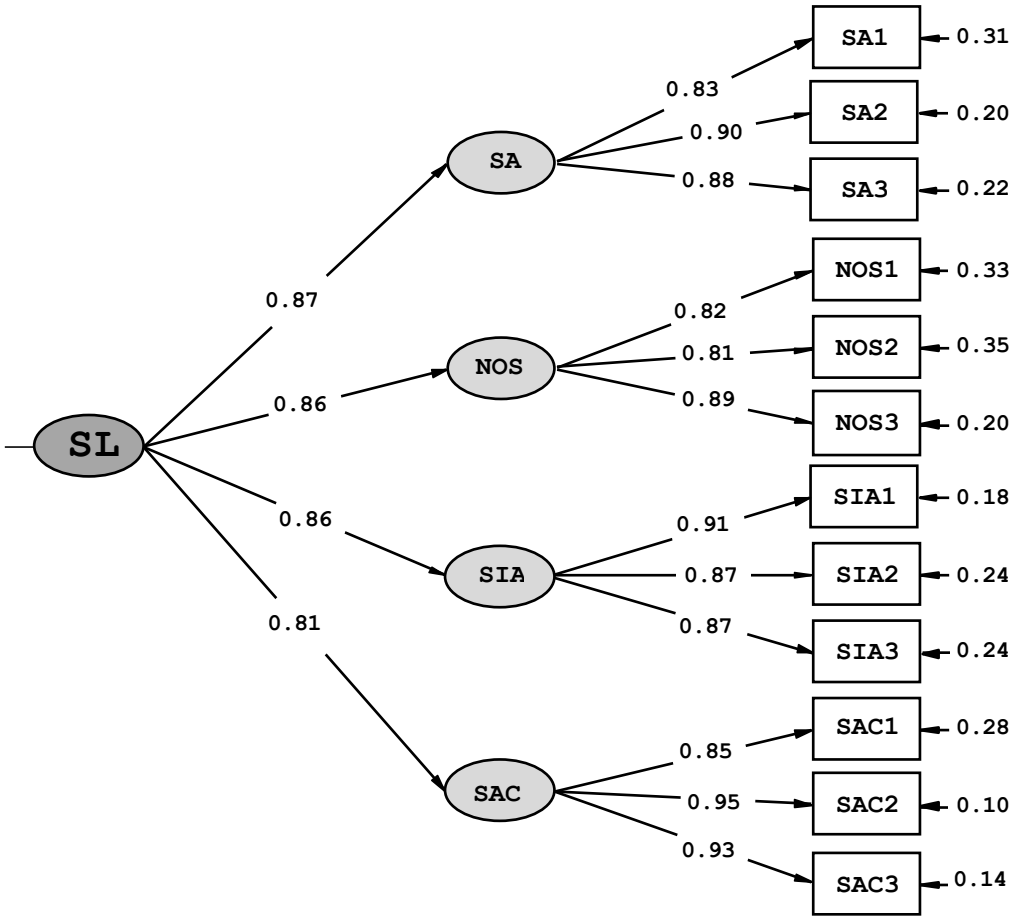
ตัวแปรสังเกตได้	น้ำหนักองค์ประกอบ			t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
	β_i	b_i	SE			
1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA)						
SA1	0.83	0.43	-	-	0.69	0.33
SA2	0.90	0.47	0.02	25.67**	0.80	0.65
SA3	0.88	0.45	0.02	19.91**	0.78	0.69
2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS)						
NOS1	0.82	0.41	-	-	0.67	0.43
NOS2	0.81	0.36	0.02	21.24**	0.66	0.44
NOS3	0.89	0.44	0.02	19.40**	0.80	0.88
3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA)						
SIA1	0.91	0.48	-	-	0.82	0.85
SIA2	0.87	0.47	0.02	22.81**	0.76	0.32
SIA3	0.87	0.45	0.02	21.13**	0.77	0.69
4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC)						
SAC1	0.85	0.43	-	-	0.73	0.31
SAC2	0.95	0.52	0.02	27.31**	0.90	0.87
SAC3	0.93	0.50	0.02	26.40**	0.86	0.61

ข. การวิเคราะห์ตัวแปรแฝง

ตัวแปรแฝง	น้ำหนักองค์ประกอบ			t	R^2	AVE	CR	MSV	ASV
	β_i	b_i	SE						
SA	0.87	0.25	0.04	6.90**	0.75	0.76	0.90	0.56	0.53
NOS	0.86	0.26	0.04	6.87**	0.74	0.71	0.88		
SIA	0.86	0.25	0.04	7.07**	0.75	0.78	0.92		
SAC	0.81	0.34	0.04	9.17**	0.662	0.83	0.94		

χ^2 = 55.05, df = 43, p = .10, GFI = .979, AGFI = .961, CFI= 0.997 RMR = .005, RMSEA = .026

หมายเหตุ ** หมายถึง $p < .01$



ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานของทั้ง 4 องค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทั้งหมด และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยองค์ประกอบมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการบ่งชี้ถึงความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) คือ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ซึ่งมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.87 รองลงมาคือ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ซึ่งมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.86 และ 0.86 ส่วนด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) เป็นองค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.81 โดยองค์ประกอบองค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) มีความแปรปรวนร่วมกันกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) ประมาณร้อยละ 90.40, 87.90, 91.50 และ 93.50 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงเชิงโครงสร้าง (Construct Reliability: CR) ของตัวแปรแฝง พบว่าองค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) มีค่าความเที่ยงเชิงโครงสร้าง (CR) เท่ากับ 0.90, 0.88, 0.92, 0.94 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.50 แสดงว่าค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝงทุกตัวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (Average variance extracted: AVE) เท่ากับ 0.758, 0.71, 0.78, และ 0.83 ตามลำดับ ซึ่ง ค่า AVE ของทุกตัวแปรมีค่ามากกว่า 0.60 และมากกว่าค่าความแปรปรวนร่วมกำลังสองสูงสุด (Maximum shared squared variance: MSV) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.56 และมีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนร่วมกำลังสองเฉลี่ย (Average shared Squared Variance: ASV) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.53 ผลที่ได้แสดงว่าการวัดตัวแปรสังเกตนั้นสามารถแยกออกจากตัวแปรแฝงอื่นได้อย่างชัดเจน (Hair et al., 2006, p. 777-779)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง และน้ำหนักองค์ประกอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) เกิดจากองค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) เป็นอันดับแรก รองลงมาคือ องค์ประกอบด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SIA) องค์ประกอบด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาตร์ (NOS) และองค์ประกอบด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (SAC) ตามลำดับ และเนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองไม่รายงานค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำหรับบ่งชี้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปทั้งสี่องค์ประกอบมาสร้างสเกลองค์ประกอบตัวบ่งชี้แทนค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ โดยสามารถเขียนสมการโครงสร้างตัวบ่งชี้ได้ดังสมการ

$$SL = 0.87\,(SA) + 0.086\,(SIA) + 0.86\,(NOS) + 0.81\,(SAC)$$

สรุปได้ว่า องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ 12 ตัวบ่งชี้ โดยมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2=55.05, p= 0.10, df=43, χ^2/df=1.28, GFI=0.979, AGFI=0.961, RMR=0.005 และ RMSEA=0.026) ซึ่งยืนยันว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

3. ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล และความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4. การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วย ความสามารถในการประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท (2) การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท และความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การดำเนินงานวิจัยในระยะที่สอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมาชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์โดยการวิเคราะห์เอกสารรายงานทางวิชาการ บทความวิจัย รวมถึงความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มาสังเคราะห์และสรุปแนวคิดเพื่อนำไปใช้ยกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ให้สอดคคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้แบบบูรณาการ มีผลการศึกษาดังนี้

ร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏที่ยกร่างขึ้น ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

1. ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน

ปัจจุบันสังคมโลกดำเนินอยู่ในช่วงที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงพลิกผันทั่วโลก (สุรพงษ์ มาลี, 2562, p. 8-9) ประเทศต่าง ๆ จึงมุ่งเน้นพัฒนาพลเมืองให้เป็นผู้ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเรียนรู้และปรับตัวให้ทันกับสถานการณ์รอบตัว สามารถรับรู้และตัดสินใจประเด็นปัญหาในบริบทสังคมที่ได้รับผลกระทบจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556, น. 137) ประเทศไทยประสบปัญหาผู้เรียน

มีข้อจำกัดด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามผลการประเมิน PISA 2018 (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2563, น. 14) ความฉลาดรู้ของครูวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาความฉลาดรู้ของผู้เรียน และปัจจุบันยังคงพบว่าครูวิทยาศาสตร์ยังคงมีข้อจำกัดด้านการสอนและนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้หลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏต้องพัฒนาการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ร่วมกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมเจตคติ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ และการประยุกต์ใช้ในบริบทท้องถิ่น (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2563, น. 4) รูปแบบนี้ช่วยเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์สามารถจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับความต้องการของสังคมและบริบทท้องถิ่นในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรการสอบแบบบูรณาการ

3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย

3.1 หลักการ

1) เน้นกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการเรียนรู้ปรากฏการณ์

2) เน้นบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

3) เน้นจัดการเรียนการสอนเน้นการปฏิบัติโดยให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4) เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการประยุกต์ในวิชาชีพและชีวิตประจำวัน

3.2 วัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ 1) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3) ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท

3.3 เนื้อหา ใช้บริบทเนื้อหารายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาสาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งมีเนื้อหาบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3..4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

1) ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม (Target: Setting targets and asking questions) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายและคำถามในการเรียนรู้ในสถานการณ์เรียนรู้ตามบริบท โดยผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และตั้งคำถามให้สอดคล้องกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2) ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม (Review: Assessing knowledge and experiences) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนสืบค้นและทบทวนองค์ความรู้เพื่อกำหนดสมมติฐานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาโดยอ้างอิงเหตุผลเชิงทฤษฎีที่เหมาะสม โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะให้ผู้เรียนตรวจสอบองค์ความรู้ที่ใช้อ้างอิงเหตุผลในการตอบคำถาม

3) ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Inquire: Carrying out scientific inquiries) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบ วางแผน และทดลองเพื่อแสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับใช้พิสูจน์สมมติฐาน ผู้สอนทางหน้าที่เตรียมสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของการปฏิบัติในขั้นตอนต่าง ๆ และชี้แนะให้ถูกต้องตามหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Construct: Formulating scientific explanations) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำหลักฐานมาสร้างข้อสรุป โดยเชื่อมโยงหลักฐานอย่างมีเหตุและผล และสร้างคำอธิบายโดยใช้หลักทฤษฎีต่าง ๆ ในการอธิบายอย่างมีเหตุผล ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์ รวมถึงชี้แนะให้ผู้เรียนตรวจสอบหลักฐานและเหตุผลที่ถูกต้องตามหลักธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

5) ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท (Apply: Implementing science in contexts) เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำคำตอบหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ หรือสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป ผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะ กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์เพื่อหาแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทนั้น ๆ

6) ขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล (Reflect and evaluate: Engaging in reflective learning experiences and assessing results) เป็นขั้นที่ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์และสะท้อนคิดร่วมกันเพื่อประเมินการเรียนรู้ตนเอง ผู้สอนทำหน้าที่ร่วมสะท้อนคิดและชี้แนะจุดแข็งจุดอ่อนและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้

3.5 สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อวิดีทัศน์/คลิปวีดีโอ แหล่งเรียนรู้ อาทิ แหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งค้นคว้าเอกสารวิชาการ ฯลฯ ห้องปฏิบัติการและวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ โปรแกรมประยุกต์ เอกสารวิชาการ หรือตำราที่เกี่ยวข้อง สื่อสำหรับนำเสนอ เช่น PowerPoint เพื่อใช้ในการอธิบายความรู้เชิงทฤษฎีเพิ่มเติมให้กับผู้เรียนตามบริบทเนื้อหา ใบงาน

3.6 การวัดและประเมินผล วัดของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท

4. การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ ประกอบด้วย แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของผู้สอน บทบาทของผู้เรียน

ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ปรับปรุงตามข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแล้ว เมื่อนำไปตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ มีผลการประเมินความเหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนในภาพรวม

การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน แยกตามส่วนประกอบ มีผลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ สรุปแยกตามส่วนประกอบ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. ที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน	4.75	0.54	2	มากที่สุด
2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน	4.70	0.46	3	มากที่สุด
3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน	4.67	0.50	4	มากที่สุด
4. การนำรูปแบบไปใช้	4.75	0.43	1	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.69**	**0.50**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.4 พบว่าความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ย 4.69 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกส่วนประกอบของรูปแบบ ออกเป็น 4 ส่วน พบว่าส่วนประกอบที่มีคะแนนสูงสุด ได้แก่ การนำรูปแบบไปใช้ รองลงไปได้แก่ ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน และองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตามลำดับ ซึ่งทุกส่วนประกอบของรูปแบบมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด

2. ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน

ผลการประเมินความเหมาะสมของที่มาของรูปแบบการสอน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลประเมินความเหมาะสมของที่มาของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. ความเป็นมาและความสำคัญแสดงถึงความต้องการที่ของการพัฒนารูปแบบที่ชัดเจน	4.80	0.40	1	มากที่สุด
2. แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสอดคล้องกับที่มาและความสำคัญ	4.80	0.40	1	มากที่สุด
3. การจัดเรียงลำดับความคิดเพื่ออธิบายความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบแสดงให้เห็นภาพรวมที่ชัดเจน	4.60	0.80	2	มากที่สุด
4. ใช้ภาษาในการเรียบเรียงความเป็นมาของรูปแบบได้อย่างเหมาะสม เข้าใจง่าย	4.80	0.40	1	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.75**	**0.54**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลคะแนนด้านความเหมาะสมของสาระในที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.75 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด โดยประเด็นที่มีผลคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ ความเป็นมาและความสำคัญแสดงถึงความต้องการที่ของการพัฒนารูปแบบที่ชัดเจน แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสอดคล้องกับที่มาและความสำคัญ และใช้ภาษาในการเรียบเรียงความเป็นมาของรูปแบบได้อย่างเหมาะสม เข้าใจง่าย โดยมีประเด็นที่มีผลคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่น ได้แก่ การจัดเรียงลำดับความคิดเพื่ออธิบายความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบแสดงให้เห็นภาพรวมที่ชัดเจน จากคะแนนที่ได้ผู้วิจัยจึงนำไปปรับปรุงรายละเอียดให้มีลำดับความคิดที่กระชับและชัดเจนมากขึ้น ทุกส่วนประกอบด้านที่มาของรูปแบบการเรียนการสอนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด

2.3 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน

ผลการประเมินด้านแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน มีผลแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลประเมินความเหมาะสมของแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. นำทฤษฎีมาใช้กำหนดแนวคิดในการพัฒนารูปแบบได้สอดคล้องและชัดเจน	4.80	0.40	1	มากที่สุด
2. นำแนวคิดมาใช้ในการพัฒนารูปแบบได้ครอบคลุมครบถ้วน	4.60	0.49	2	มากที่สุด
3. แนวคิดและทฤษฎีมีความเชื่อมโยงชัดเจน	4.60	0.49	2	มากที่สุด
4. อธิบายแนวคิดต่าง ๆ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย มีความเหมาะสม	4.80	0.40	1	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.70**	**0.46**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.6 พบว่า คะแนนความเหมาะสมด้านแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.70 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด โดยประเด็นการพิจารณาที่มีผลคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ นำทฤษฎีมาใช้กำหนดแนวคิดในการพัฒนารูปแบบได้สอดคล้อง และชัดเจน และอธิบายแนวคิดต่าง ๆ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย มีความเหมาะสม โดยประเด็นที่มีคะแนนต่ำที่สุดได้แก่ นำแนวคิดมาใช้ในการพัฒนารูปแบบได้ครอบคลุมครบถ้วน และแนวคิดและทฤษฎีมีความเชื่อมโยงชัดเจน

2.4 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

ผลการประเมินองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน พบว่าองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 6 องค์ประกอบ เท่ากับ 4.67 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบที่มี ได้แก่ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (ทั้งในส่วนขั้นตอนและลักษณะของขั้นตอน) มีผลคะแนนสูงที่สุด และมีคะแนนเท่ากัน องค์ประกอบที่มีคะแนนต่ำที่สุดได้แก่ ด้านการวัดและและประเมินผล รองลงไป ได้แก่ หลักการของรูปแบบ และสื่อและสิ่งสนับสนุน เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบ มีผลสรุปดังนี้ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
			ลำดับ		
	$\bar{X}$	S.D.	รายการ	องค์ประกอบ	แปลผล
1. หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน	**4.53**	**0.50**		**2**	มากที่สุด
1) สามารถนำหลักการของรูปแบบไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเป็นรูปธรรมได้	4.60	0.49	1		มากที่สุด
2) หลักการของรูปแบบมีความสัมพันธ์กับแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้พัฒนารูปแบบ	4.40	0.49	2		มาก
3) หลักการของรูปแบบ เรียบเรียง และจัดลำดับอย่างเหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.60	0.49	1		มากที่สุด
2. วัตถุประสงค์	**4.80**	**0.40**		**1**	มากที่สุด
1) มุ่งเน้นส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2) วัตถุประสงค์มีความชัดเจน ครอบคลุมองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.80	0.40	1		มากที่สุด
3. เนื้อหา	**4.80**	**0.40**		**1**	มากที่สุด
1) เนื้อหาสาระที่กำหนด มีความสอดคล้องเหมาะสม กับแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่กำหนด	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2) เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้	4.80	0.40	1		มากที่สุด
3) เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.80	0.40	1		มากที่สุด
4. ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	**4.80**	**0.40**		1	มากที่สุด
1) ขั้นตอน					
1.1) ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม	4.80	0.40	1		มากที่สุด
1.2) ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม	4.80	0.40	1		มากที่สุด
1.3) ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	4.80	0.40	1		มากที่สุด
1.4) ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	4.80	0.40	1		มากที่สุด
1.5) ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในบริบท	4.80	0.40	1		มากที่สุด
1.6) ขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล	4.80	0.40	1		มากที่สุด

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ		แปลผล
			รายการ	องค์ประกอบ	
2) ลักษณะของรูปแบบ					
2.1) ลำดับการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2.2) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองในบริบทตามสภาพจริง และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2.3) ส่งเสริมการบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2.4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดบูรณาการเชิงสร้างสรรค์	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2.5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ และได้นำองค์ความรู้ใหม่มาประยุกต์ใช้ตามสภาพจริง	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2.6) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดจากการลงมือปฏิบัติจริง และสรุปองค์ความรู้ใหม่ร่วมกัน	4.80	0.40	1		มากที่สุด
5. สื่อและสิ่งสนับสนุน	**4.53**	**0.50**		**2**	มากที่สุด
1) สื่อที่ใช้มีความหลากหลายและสัมพันธ์อย่างสอดคล้องกับองค์ประกอบในแต่ละขั้นตอน	4.60	0.49	1		มากที่สุด
2) แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	0.49	2		มาก
3) มีระบบสนับสนุนและการชี้แนะผู้เรียนที่หลากหลาย	4.60	0.49	1		มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	**4.30**	**0.64**		**3**	มาก
1) มีเกณฑ์การวัดและประเมินผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม และครบทุกด้าน	4.20	0.75	3		มาก
2) การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.20	0.40	2		มาก
3) เครื่องมือการวัดและประเมินผลสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้ประเมินตนเองได้	4.20	0.75	3		มาก
4) ผลการประเมินสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาต่อยอดได้	4.60	0.49	1		มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.67**	**0.50**	**-**	**-**	**มากที่สุด**

1) หลักการ พบว่าองค์ประกอบด้านหลักการ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.75 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.43 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ สามารถนำหลักการของรูปแบบไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเป็นรูปธรรมได้ และหลักการของรูปแบบ เรียบเรียง และจัดลำดับอย่างเหมาะสมและเข้าใจง่าย บทบาทผู้เรียนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้ ส่วนประเด็นหลักการของรูปแบบมีความสัมพันธ์กับแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้พัฒนารูปแบบ มีคะแนนต่ำกว่ารายการอื่น อย่างไรก็ตามทุกรายการประเมินมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด

2) วัตถุประสงค์ พบว่าองค์ประกอบด้านวัตถุประสงค์ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.80 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด โดยรายการประเมินทุกรายการมีคะแนนเท่ากันและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ได้แก่ มุ่งเน้นส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และวัตถุประสงค์มีความชัดเจน ครอบคลุมองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) เนื้อหา พบว่าองค์ประกอบด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.80 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด โดยรายการประเมินทุกรายการมีคะแนนเท่ากันและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ได้แก่ เนื้อหาสาระที่กำหนด มีความสอดคล้องเหมาะสม กับแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่กำหนด เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ และเนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้เรียน

4) ด้านขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.80 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด แยกประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ขั้นตอน และลักษณะของรูปแบบ โดยรายการประเมินทั้งสองด้าน มีผลการประเมินเท่ากันในทุกรายการ ในด้านขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในบริบท และขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล ส่วนด้านลักษณะของรูปแบบ ได้แก่ ลำดับการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองในบริบทตามสภาพจริง และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่งเสริมการบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ และได้นำองค์ความรู้ใหม่มาประยุกต์ใช้ตามสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดจากการลงมือ ปฏิบัติจริง และสรุปองค์ความรู้ใหม่ร่วมกัน

5) ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.53 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ข้อที่ได้คะแนนสูงสุด ได้แก่ สื่อที่ใช้มีความหลากหลายและสัมพันธ์อย่างสอดคล้องกับองค์ประกอบในแต่ละขั้นตอน รองลงไป ได้แก่ มีระบบสนับสนุนและการชี้แนะผู้เรียนที่หลากหลาย ส่วนข้อที่ได้ผลคะแนนต่ำ ได้แก่ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

6) ด้านการวัดและประเมินผล มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.30 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.64 อยู่ในเกณฑ์มาก ข้อที่ได้คะแนนสูงสุดได้แก่ ผลการประเมินสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาต่อยอดได้มีคะแนนสูงสุด ส่วนข้อที่ได้ผลคะแนนต่ำ ได้แก่ การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและครอบคลุมวัตถุประสงค์ มีเกณฑ์การวัดและประเมินผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมและครบทุกด้าน และเครื่องมือการวัดและประเมินผลสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้ประเมินตนเองได้

2.5 การนำรูปแบบไปใช้

ผลการประเมินความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้ แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. แนวทางการนำรูปแบบไปใช้เรียงลำดับได้อย่างชัดเจนและสามารถนำไปใช้ได้จริง	4.60	0.49	3	มากที่สุด
2. เขียนแนวทางการนำรูปแบบไปใช้ได้อย่างเป็นขั้นตอนที่มีคุณภาพ ไม่ซับซ้อน ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงได้	4.60	0.49	3	มากที่สุด
3. บทบาทผู้สอนมีความเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้	4.80	0.40	2	มากที่สุด
4. บทบาทผู้เรียนมีความเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้	5.00	0.00	1	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.75**	**0.43**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.8 พบว่าด้านการนำรูปแบบไปใช้ โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.75 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.43 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ บทบาทผู้เรียนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้ รองลงไปได้แก่ บทบาทผู้สอนมีความเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้ โดยในประเด็นการเขียนแนวทางการนำรูปแบบไปใช้ได้อย่างเป็นขั้นตอนที่มีคุณภาพ ไม่ซับซ้อน ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ และแนวทางการนำรูปแบบไปใช้เรียงลำดับได้อย่างชัดเจนและสามารถนำไปใช้ได้จริง มีคะแนนต่ำกว่ารายการอื่น อย่างไรก็ตามทุกรายการประเมินมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด

จากผลการประเมินสรุปได้ว่าคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (มากกว่า 3.50) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่ำกว่า 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ผลการประเมินคุณภาพของเอกสารคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

การประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ เอกสารคู่มือการใช้รูปแบบ และแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีผลการประเมินดังนี้

1. เอกสารคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนการสอนมาพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถประกอบด้วยสาระสำคัญดังนี้

1) คำแนะนำการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย การเตรียมการก่อนนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ ระหว่างการใช้รูปแบบการเรียนการสอน และหลักการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้

2) จุดประสงค์ของคู่มือ เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับผู้สอนใช้ในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3) กำหนดการจัดการเรียนการสอน จัดการเรียนการสอนตามเนื้อหา 3 เรื่อง ได้แก่ การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4) ระยะเวลาในการใช้รูปแบบ เวลาที่ใช้ในชั้นเรียน 31.5 ชั่วโมง

5) กิจกรรมการเรียนการสอน เสนอนั้นตอนและเทคนิคการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยมีขั้นตอน 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ในบริบท และขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล

6) สื่อและสิ่งสนับสนุน ใช้สื่อและสิ่งสนับสนุนที่หลากหลายและสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่ สื่อวิดีทัศน์/คลิปวีดีโอ แหล่งเรียนรู้ อาทิ แหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งค้นคว้าเอกสารวิชาการ ฯลฯ ห้องปฏิบัติการและวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ โปรแกรมประยุกต์ เอกสารวิชาการ หรือตำราที่เกี่ยวข้อง สื่อสำหรับนำเสนอ เช่น PowerPoint เพื่อใช้ในการอธิบายความรู้เชิงทฤษฎีเพิ่มเติมให้กับผู้เรียนตามบริบทเนื้อหา ใบงาน หรือบทปฏิบัติการ

7) บทบาทของผู้สอน เน้นเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ และโค้ชให้การชี้แนะในกระบวนการเรียนรู้แก่ผู้เรียน

8) บทบาทของผู้เรียน เน้นปฏิบัติการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง

9) การวัดและประเมินผล การวัดของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท โดยแยกการวัดและประเมินตามองค์ประกอบ

ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบและประเมินผลความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีผลแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. รายละเอียดของคู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจน เหมาะสม ใช้ภาษา ที่เข้าใจง่าย และสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้ได้	4.20	0.40	4	มาก
2. คำแนะนำในการใช้เอกสารคู่มือรูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีความกระชับ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย สื่อให้เป็นความสำคัญของรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับผู้ใช้	4.60	0.49	2	มากที่สุด
3. วัตถุประสงค์ของคู่มือรูปแบบมีความชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ครอบคลุม และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้	4.20	0.75	5	มาก
4. คู่มือระบุเกี่ยวกับรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน ครอบคลุม และสามารถนำไปพัฒนาผู้เรียนได้จริง	4.60	0.49	2	มากที่สุด
5. รายละเอียดของบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน และขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนมีความชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้	4.40	0.49	3	มาก
6. รายละเอียดของแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และขั้นตอนการพัฒนามีความชัดเจน ครอบคลุม สามารถพัฒนาผู้เรียนได้จริง	4.80	0.40	1	มากที่สุด
7. ตารางกำหนดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับการปฏิบัติจริง	4.20	0.40	4	มาก
8. ระยะเวลาในการใช้รูปแบบมีความเหมาะสม และเพียงพอต่อการปฏิบัติตามกระบวนการเรียนรู้	4.80	0.40	1	มากที่สุด
9. ระบุรายละเอียดของสื่อการสอนได้ครบถ้วน	4.20	0.40	4	มาก
10. แนวทางการวัดและประเมินผลมีความชัดเจน ไม่ซับซ้อน สะดวกต่อการวัดและประเมินผล	4.00	0.63	6	มาก
เฉลี่ยทุกรายการ	**4.40**	**0.57**		**มาก**

จากตารางที่ 4.9 พบว่ารายละเอียดของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน มีผลคะแนนประเมินความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.57) เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อ พบว่ามีผลประเมินระดับมากที่สุด 4 รายการ ได้แก่ รายละเอียดของแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และขั้นตอนการพัฒนามีความชัดเจน ครอบคลุม สามารถพัฒนาผู้เรียนได้จริง (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40) ระยะเวลาในการใช้รูปแบบมีความเหมาะสม และเพียงพอต่อการปฏิบัติตามกระบวนการเรียนรู้ (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40) คำแนะนำในการใช้เอกสารคู่มือรูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีความกระชับ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย สื่อให้เป็นความสำคัญของรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับผู้ใช้ (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49) และคู่มือระบุเกี่ยวกับรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน ครอบคลุม และสามารถนำไปพัฒนาผู้เรียนได้จริง (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49) ผลการประเมินระดับดี 6 รายการ ได้แก่ รายละเอียดของบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน และขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนมีความชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้ (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49 รายละเอียดของคู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจน เหมาะสม ใช้ภาษา ที่เข้าใจง่าย และสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้ได้ (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40) วัตถุประสงค์ของคู่มือรูปแบบมีความชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ครอบคลุม และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้ (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.75) ตารางกำหนดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับการปฏิบัติจริง (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40) ระบุรายละเอียดของสื่อการสอนได้ครบถ้วน (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.40) และแนวทางการวัดและประเมินผลมีความชัดเจน ไม่ซับซ้อนสะดวกต่อการวัดและประเมินผล (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.63)

จากผลการประเมินสรุปได้ว่าคุณภาพของคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (มากกว่า 3.50) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่ำกว่า 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบและประเมินผลความเหมาะสมของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีผลสรุปแยกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ด้านการกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน และด้านองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน มีผลการประเมินความเหมาะสมแยกรายการดังนี้

2.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน

มีผลการประเมินด้านการกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านการกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. กำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนได้ครอบคลุม ครบถ้วน และสอดคล้องกับรูปแบบ	4.80	0.40	2	มากที่สุด
2. องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีลำดับขั้นตอนที่หมาะสม	5.00	0.00	1	มากที่สุด
3. องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน	4.80	0.40	2	มากที่สุด
4. เรียบเรียงรายละเอียดขั้นตอนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายมีความเหมาะสม เข้าใจง่าย	5.00	0.00	1	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.90**	**0.30**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.11 พบว่าการกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4.90 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยประเด็นที่มีผลคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีลำดับขั้นตอนที่หมาะสม และและเรียบเรียงรายละเอียดขั้นตอนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายมีความเหมาะสม ประเด็นที่มีผลคะแนนต่ำที่สุด ได้แก่ กำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนได้ครอบคลุม ครบถ้วน และสอดคล้องกับรูปแบบ และองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน

2.2 องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน

ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ		แปลผล
			รายการ	องค์ประกอบ	
1. สาระสำคัญ	**5.00**	**0.00**		**1**	**มากที่สุด**
1) สาระสำคัญมีขอบเขตเนื้อหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	1		มากที่สุด
2) สาระสำคัญมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับขั้นตอนวิธีการในการพัฒนาผู้เรียน	5.00	0.00	1		มากที่สุด
2. จุดประสงค์	**4.73**	**0.44**		**3**	**มากที่สุด**
1) มีจุดประสงค์ที่ความสอดคล้องสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2) แสดงเจตนาหรือสิ่งที่มุ่งหวังในการพัฒนาผู้เรียนที่ชัดเจน	4.60	0.49	2		มากที่สุด
3) สามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลและวัดได้	4.80	0.40	1		มากที่สุด
3. ด้านเนื้อหา	**4.60**	**0.49**		**4**	**มากที่สุด**
1) เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.49	1		มากที่สุด
2) เนื้อหามีความถูกต้อง เข้าใจง่าย ครบถ้วน ชัดเจน	4.60	0.49	1		มากที่สุด
3) การเรียงลำดับเนื้อหามีความชัดเจน	4.60	0.49	1		มากที่สุด
4) เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้	4.60	0.49	1		มากที่สุด
4 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน	**4.91**	**0.28**		**2**	**มากที่สุด**
1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ที่เกิดในบริบทที่สอดคล้องกับวิชาชีพ	4.80	0.40	2		มากที่สุด
2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการทบทวนวิเคราะห์ความรู้เดิม ศึกษาค้นคว้าสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย	5.00	0.00	1		มากที่สุด
3) บูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดแจ้งและครบถ้วนเหมาะสม	4.80	0.40	2		มากที่สุด
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์-สังเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ฯลฯ	5.00	0.00	1		มากที่สุด

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ		แปลผล
			รายการ	องค์ประกอบ	
5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนคิด เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง	5.00	0.00	1		มากที่สุด
6) จัดให้มีชี้แนะและสนับสนุนตามความต้องการของผู้เรียน	5.00	0.00	1		มากที่สุด
7) ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่เกี่ยวข้องได้อย่างสอดคล้อง	4.80	0.40	2		มากที่สุด
5. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้	**4.73**	**0.44**		**3**	**มากที่สุด**
1) การใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.40	1		มากที่สุด
2) แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.40	1		มากที่สุด
3) มีระบบสนับสนุนและชี้แนะโดยใช้สื่อที่หลากหลาย	4.60	0.49	2		มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	**4.12**	**0.52**		**5**	**มากที่สุด**
1) การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน เหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์	4.20	0.75	2		มากที่สุด
2) วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	4.20	0.40	1		มากที่สุด
3) การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ	4.20	0.40	1		มากที่สุด
4) มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	3.80	0.40	3		มากที่สุด
5) ใช้เครื่องมือวัดในการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม	4.20	0.40	1		มากที่สุด
เฉลี่ยทุกรายการ	**4.66**	**0.51**			มากที่สุด

จากตารางที่ 4.11 พบว่าองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน มีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 6 องค์ประกอบ โดยรวมเท่ากับ 4.66 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบที่มีคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ สาระสำคัญ รองลงไปได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ และสื่อและแหล่งเรียนรู้ โดยองค์ประกอบที่มีคะแนนต่ำที่สุดได้แก่ ด้านการวัดและและประเมินผล และด้านเนื้อหา มีผลแยกองค์ประกอบ สรุปดังนี้

1) สาระสำคัญ พบว่าองค์ประกอบด้านสาระสำคัญ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 5.00 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.00 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ สาระสำคัญมีขอบเขตเนื้อหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับขั้นตอนวิธีการในการพัฒนาผู้เรียน โดยรายการประเมินทุกรายการมีคะแนนเท่ากันและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด

2) วัตถุประสงค์ พบว่าองค์ประกอบด้านวัตถุประสงค์ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.73 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ มีจุดประสงค์ที่ความสอดคล้องสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน และสามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลและวัดได้ ประเด็นที่มีผลคะแนนต่ำที่สุด ได้แก่ แสดงเจตนาหรือสิ่งที่มุ่งหวังในการพัฒนาผู้เรียนที่ชัดเจน โดยรายการประเมินทุกรายการมีคะแนนเท่ากันและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ได้แก่ มุ่งเน้นส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และวัตถุประสงค์มีความชัดเจน ครอบคลุมองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) เนื้อหา พบว่าองค์ประกอบด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.60 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการประเมินทุกรายการมีคะแนนสูงที่สุดและมีคะแนนเท่ากัน ได้แก่ เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหามีความถูกต้อง เข้าใจง่าย ครบถ้วน ชัดเจน การเรียงลำดับเนื้อหามีความชัดเจน และเนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้

4) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่าองค์ประกอบด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.91 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28 มีความเหมาะสมอยู่ในมากที่สุด โดยรายการประเมินที่มีคะแนนสูงที่สุดและมีคะแนนเท่ากัน ได้แก่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการทบทวนวิเคราะห์ความรู้เดิม ศึกษาค้นคว้า สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์-สังเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนคิด เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง และจัดให้มีชี้แนะและสนับสนุนตามความต้องการของผู้เรียน รายการประเมินมีคะแนนต่ำที่สุด ได้แก่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ที่เกิดในบริบทที่สอดคล้องกับวิชาชีพ บูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดแจ้งและครบถ้วนเหมาะสม และส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่เกี่ยวข้องได้อย่างสอดคล้อง

5) ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.73 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44 อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ประเด็นที่ได้คะแนนสูงสุด ได้แก่ การใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และแหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ รองลงไป ได้แก่ มีระบบสนับสนุนและชี้แนะโดยใช้สื่อที่หลากหลาย ซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุด

6) ด้านการวัดและประเมินผล มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.12 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.52 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ประเด็นที่ได้คะแนนสูงสุด ได้แก่ วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ และใช้เครื่องมือวัดในการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมประเด็นที่มีคะแนนต่ำที่สุด ได้แก่ มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม

จากผลประเมินสรุปได้ว่าแผนการเรียนการสอน มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (มากกว่า 3.50) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่ำกว่า 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

เมื่อนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยเลือกนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ กลุ่มเก่ง (มีเกรดเฉลี่ย 3.7-4.0) จำนวน 3 คน กลุ่มปานกลาง (มีเกรดเฉลี่ย 3.4-3.6) จำนวน 3 คน และกลุ่มอ่อน (มีเกรดเฉลี่ย ต่ำกว่า 3.3) จำนวน 3 คน รวมจำนวน 9 คน เพื่อศึกษาสภาพปัญหาจากการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ศึกษาเป็นไปได้ รวมถึงประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น โดยใช้แผนการจัดการเรียนการสอน จำนวน 3 แผน ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 7.5 ชั่วโมง 2) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 ชั่วโมง และ 3) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยระหว่างเรียนในแผนที่ 1 แผนที่ 2 และแผนที่ 3 มีผลแสดงดังตารางที่ 4.12 มีผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

กลุ่มทดสอบ (n=9)	คะแนนระหว่างเรียน				คะแนนหลังเรียน
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	เฉลี่ย	
1	81.37	80.86	77.56	79.93	80.41
2	79.34	76.29	76.29	77.31	78.25
3	78.84	81.29	81.29	80.48	80.05
4	77.56	77.56	73.83	76.32	75.15
5	77.56	80.10	76.29	77.98	75.04
6	76.29	78.83	75.10	76.74	74.37
7	77.56	78.83	75.10	77.16	72.12
8	75.10	75.10	73.83	74.67	72.21
9	75.10	75.10	72.56	74.25	68.48
$\bar{X}$	**77.64**	**78.22**	**75.76**	**77.20**	**75.12**
S.D.	**2.03**	**2.35**	**2.58**	**2.09**	**3.94**
E_1/E_2	E_1=77.20				E_2=75.12

1. ผู้เรียนที่เรียนผ่านการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยระหว่างเรียนในแผนที่ 1 แผนที่ 2 และแผนที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 77.64, 78.22 และ 75.76 ตามลำดับ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน ร้อยละ 77.20 หลังเรียนมีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 75.12 ซึ่งคิดค่าประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน (E_1/E_2) เท่ากับ 77.20/75.12 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (E_1/E_2 = 75/75)

2. ในระหว่างการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองพบข้อสังเกตที่สำคัญและต้องนำไปปรับปรุงให้รูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่

2.1 กลุ่มทดลองจำนวนหนึ่งยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ผู้เรียนต้องนำไปใช้ในการตั้งคำถามเพื่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับบริบท เมื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังเรียนแต่ละแผน ก็ยังคงมีคะแนนในส่วนนี้ในระดับที่ต่ำกว่าส่วนอื่น ๆ ผู้สอนจึงต้องปรับรายละเอียดของแผนให้มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ชัดแจ้งและเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยใช้เวลาในการทบทวนความเข้าใจและโค้ชเพื่อสร้างความเข้าใจเพิ่มขึ้น และใช้สื่อการสอนที่สามารถแสดงปรากฏการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและมีโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ตลอดจนมีการโค้ชให้ผู้เรียนทบทวนแนวคิดเป็นระยะ

ระหว่างการเรียนในแต่ละขั้นตอน เพื่อสร้างความตระหนักรู้ถึงบทบาทของแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อชี้แนะให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

2.2 ผู้เรียนบางส่วนมีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ ส่งผลให้ผู้สอนต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนมากขึ้นเพื่อทบทวนความรู้ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมแหล่งเรียนรู้สำหรับการค้นคว้าทางทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่สะดวก เช่น ตำรา ฐานข้อมูล ฯลฯ

ตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การดำเนินงานในระยะที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยทำการศึกษาผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน รวมถึงผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน และความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ในการดำเนินงานมีผลสรุปได้ดังนี้

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน ผลการประเมินแสดงคะแนนความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนเฉลี่ยในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.69 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50) เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบของรูปแบบ พบว่าองค์ประกอบของรูปแบบการสอนทุกองค์ประกอบมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด โดยองค์ประกอบที่มีผลคะแนนสูงสุด ได้แก่ ด้านการนำรูปแบบไปใช้ รองลงไป ได้แก่ ด้านที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ด้านทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาแยกออกเป็นตามรายการประเมิน พบว่าการประเมินความเหมาะสมแต่ละรายการมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20–5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ระหว่าง 0.00 – 0.80 ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อนำรูปแบบไปทดสอบใช้กับกลุ่มทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ พบว่าในการประเมินภาพรวมรูปแบบการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพ 77.20/75.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิผลต่อไป

ตารางที่ 4.13 ผลสรุปการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนเฉลี่ยตามองค์ประกอบ

รายการ	ระดับคะแนนความเหมาะสม		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน	4.75	0.54	มากที่สุด
2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน	4.70	0.46	มากที่สุด
3. องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.68	0.50	มากที่สุด
3.1 หลักการ	4.53	0.50	มากที่สุด
3.2 วัตถุประสงค์	4.80	0.40	มากที่สุด
3.3 เนื้อหา	4.80	0.40	มากที่สุด
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	4.80	0.40	มากที่สุด
3.5 สื่อและสิ่งสนับสนุน	4.53	0.50	มากที่สุด
3.6 การวัดและประเมินผล	4.30	0.64	มาก
4. การนำรูปแบบไปใช้	4.75	0.43	มากที่สุด
เฉลี่ยทุกรายการ	**4.69**	**0.49**	**มากที่สุด**

ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนรู้ผ่านการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีผลคะแนนจากการทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ (n=21)

องค์ประกอบ	k	คะแนนก่อนเรียน		คะแนนหลังเรียน		t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
SA	15	11.45	1.50	12.53	1.40	6.6131*	.000
NOS	13	7.26	1.65	9.36	1.32	6.0842*	.000
SIA	13	6.64	1.48	9.21	1.79	7.2289*	.000
SAC	13	8.05	1.25	9.69	1.59	5.1908*	.000
SL	**100**	**61.30**	**7.27**	**75.25**	**6.54**	**14.4055***	**.000**

หมายเหตุ $p<.05$, $t_{\alpha=.05,\ df=20} = 2.0860$

จากตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติทีแบบไม่อิสระ (t-test for dependent samples) มีผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

1. การเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

จากการเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบ พบว่าผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ โดยแยกออกตามองค์ประกอบได้ ดังนี้

1) ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีคะแนนก่อนเรียนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 11.45 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.50 หลังเรียนมีคะแนนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 12.53 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.40 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบทีแบบไม่อิสระ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

2) ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีคะแนนก่อนเรียนด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 7.26 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.65 หลังเรียนมีคะแนนด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 9.36 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.32 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบทีแบบไม่อิสระ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

3) ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีคะแนนก่อนเรียนด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 6.64 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.48 หลังเรียนมีคะแนนด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย เท่ากับ 9.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.79 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบทีแบบไม่อิสระ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

4) องค์ประกอบด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีคะแนนด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบทก่อนเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 7.80 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.46 หลังเรียนมีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 9.36 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.91 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบทีแบบไม่อิสระ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

เมื่อนำคะแนนจากการวัดทุกองค์ประกอบมาคำนวณโดยใช้สมการความสัมพันธ์ขององค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคิดเป็นร้อยละเพื่อนำมาประเมินผล พบว่าคะแนนที่ได้จากการคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน มีผลดังตารางผนวกที่ ง.5 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและ

หลังเรียน พบว่าก่อนเรียน กลุ่มตัวอย่าง (n=21) มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับพอใช้ (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 61.30, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.27) หลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง (n=21) มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับดี (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 75.25, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.54) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบทีแบบไม่อิสระ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

2. การเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์

ผลการเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ กับเกณฑ์ร้อยละ 75 (คะแนนเต็ม 100 คะแนน)

การวัด	จำนวนตัวอย่าง (n)	คะแนน		t	p
		$\bar{X}$	S.D.		
เกณฑ์ 75%	21	75.00	0.00	0.1741^{ns}	0.4318
หลังเรียน	21	75.25	6.54		

หมายเหตุ $p<.05$, $t_{\alpha=.05,\ df=20} = 2.0860$

จากตารางที่ 4.15 พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย ($\bar{x}$) หลังเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก (คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 75.25, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.54) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่าคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีค่าแตกต่างกับเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่าผลจากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เข้าร่วมทดสอง จำนวน 21 คน มีผลคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และมีคะแนนหลังเรียนอยู่ในระดับสูง เป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75

3. ความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการเรียนผ่านรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

จากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาสาระ ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน และด้านการวัดและประเมิน มีผลสรุปแยกด้าน แสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ระดับความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. ด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา	4.36	0.50	1	มาก
2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน	4.32	0.50	3	มาก
3. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.23	0.68	4	มาก
4. ด้านการวัดและประเมินผล	4.35	0.53	2	มาก
ค่าเฉลี่ยทุกด้าน	**4.32**	**0.54**		**มาก**

จากตารางที่ 4.16 สรุปได้ว่าความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54 อยู่ในระดับมาก โดยคะแนนในด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาคะแนนความคิดเห็นแยกรายการในแต่ละด้าน มีผลแสดงได้ดังตารางที่ 4.17-4.20 โดยมีผลสรุปได้ดังนี้

1. ด้าน สาระสำคัญ/เนื้อหา

ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ระดับความคิดเห็นด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทที่นักศึกษามีความสนใจ	4.38	0.58	2	มาก
2. สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทได้ถูกต้องและครบถ้วน	4.29	0.45	4	มาก
3. การเรียงลำดับเนื้อหามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบท	4.43	0.49	1	มาก
4. การบูรณาการสาระสำคัญของรายวิชาร่วมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีลักษณะชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.33	0.47	3	มาก
เฉลี่ย	**4.36**	**0.50**		**มาก**

จากตารางที่ 4.17 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อเนื้อหาสาระเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.36 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50 ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยทุกรายการประเมินมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก รายการที่มีคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ การเรียงลำดับเนื้อหามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบท รองลงไป ได้แก่ สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทที่นักศึกษามีความสนใจ การบูรณาการสาระสำคัญของรายวิชาร่วมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีลักษณะชัดเจนและเข้าใจง่าย ตามลำดับ โดยประเด็นสาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทได้ถูกต้องและครบถ้วน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด

2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนการสอนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. ส่งเสริมเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์	4.33	0.47	4	มาก
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	4.38	0.72	3	มาก
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์ร่วมกับการศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง	4.48	0.50	2	มาก
4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมาย และวางแผนการเรียนรู้ด้วยตัวเอง	4.38	0.49	3	มาก
5. ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง	4.19	0.39	6	มาก
6. ส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วม	4.19	0.39	6	มาก
7. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์	4.33	0.47	4	มาก
8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงสร้างสรรค์	4.05	0.58	7	มาก
9. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเชิงบูรณาการ	4.24	0.43	5	มาก
10. ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล	4.52	0.50	1	มากที่สุด
11. ให้การชี้แนะผู้เรียนเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีที่หลากหลาย	4.38	0.49	3	มาก
12. กระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ	4.33	0.47	4	มาก
13. กระตุ้นผู้เรียนให้ตระหนักต่อบทบาทวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในบริบทรอบตัวอยู่เสมอ	4.33	0.47	4	มาก
14. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและบริบทที่เกี่ยวข้อง	4.24	0.43	5	มาก
15. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเวลา	4.38	0.49	3	มาก
เฉลี่ย	**4.32**	**0.50**		**มาก**

จากตารางที่ 4.18 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50 ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยรายการที่มีระดับคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล รองลงไป ได้แก่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์ร่วมกับการศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง รายการที่มีระดับคะแนนต่ำที่สุด ได้แก่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วม

3. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้

ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. ใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.10	0.61	3	มาก
2. สนับสนุนอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเรียนรู้ เช่น อุปกรณ์ทดลอง อุปกรณ์ ให้แก่ผู้เรียน	4.10	0.81	3	มาก
3. แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมและเข้าถึงได้ง่าย	4.19	0.66	2	มาก
4. สนับสนุนผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าที่น่าเชื่อถือ เช่น ฐานข้อมูลออนไลน์ ฯลฯ	4.52	0.50	1	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.23**	**0.68**		**มาก**

จากตารางที่ 4.19 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นด้านสื่อและการสนับสนุน เฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 อยู่ในระดับมาก โดยรายการที่มีระดับคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ สนับสนุนผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าที่น่าเชื่อถือ เช่น ฐานข้อมูลออนไลน์ ฯลฯ ฯลฯ รองลงไป ได้แก่ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมและเข้าถึงได้ง่าย สนับสนุนอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเรียนรู้ เช่น อุปกรณ์ทดลอง ให้แก่ผู้เรียน และใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

4. ด้านการวัดและประเมินผล

ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านการวัดและประเมินผลของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยด้านการวัดและประเมินผลของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 (n=21) ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

รายการ	ระดับความคิดเห็น			
	$\bar{X}$	S.D.	ลำดับ	แปลผล
1. มีการวัดและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน	4.19	0.66	5	มาก
2. วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	4.33	0.47	4	มาก
3. การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ	4.52	0.50	1	มากที่สุด
4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	4.38	0.49	3	มาก
5. มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	4.43	0.47	2	มาก
เฉลี่ย	**4.35**	**0.53**		มาก

จากตารางที่ 4.20 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อการวัดและประเมิน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับมาก โดยรายการที่มีระดับคะแนนสูงที่สุด ได้แก่ การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ รองลงไป ได้แก่ มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล รายการที่มีระดับคะแนนต่ำที่สุด ได้แก่ การวัดและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย

สรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีความคิดเห็นต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยคะแนนความคิดเห็นที่มากที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบด้านเนื้อหาสาระ รองลงไปได้แก่ ด้านการวัดและประเมิน ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน

สรุปประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

1. ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน ผลการประเมินแสดงคะแนนความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนเฉลี่ยในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.69, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50) เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบของรูปแบบพบว่าองค์ประกอบของรูปแบบการสอนทุกองค์ประกอบมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด โดยองค์ประกอบที่มีผลคะแนนสูงสุด ได้แก่ ด้านการนำรูปแบบไปใช้ (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.75, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.43) รองลงไป ได้แก่ ด้านที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.54) ด้านทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 และองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50) เมื่อพิจารณาแยกออกเป็นตามรายการประเมินพบว่าการประเมินความเหมาะสมแต่ละรายการมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20–5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.00 – 0.80 ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อนำรูปแบบไปทดสอบใช้กับกลุ่มทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ พบว่าในการประเมินภาพรวมรูปแบบการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพ 77.20/75.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปได้

2. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

2.1 การเปรียบเทียบผลการเรียนก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

จากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอน คู่มือการใช้รูปแบบ แผนการจัดการเรียนการสอน แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ เมื่อนำผลคะแนนมาเปรียบคะแนนที่ได้จากการวัดก่อนและหลังเรียน เมื่อวัดแยกออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ มีความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 61.30 หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 75.25 ซึ่งมีผลคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ พบว่าคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียน

การสอนแบบแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ นั้นมีประสิทธิผลที่ดี มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

2.2 ความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ฯ

จากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ พบว่ากลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เข้าร่วมทดลองมีความคิดเห็นต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ เฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.32, S.D.= 0.54) โดยด้านที่มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบด้านเนื้อหาสาระ รองลงไปได้แก่ ด้านการวัดและประเมิน ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน โดยคะแนนความคิดเห็นทุกรายการมีค่าสูงกว่า 3.5 ซึ่งเป็นเกณฑ์ยอมรับว่ารูปแบบการเรียนการเรียนการสอนนั้นสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปได้

สรุปประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน พบว่าหลังเรียนนักศึกษามีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนในระดับมาก ซึ่งบ่งชี้ว่ารูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิผลดีและสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏ ดำเนินการวิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบวิจัยและพัฒนา โดยวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ตามแนวคิด ADDIE Model จากการดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า

1. องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ 12 ตัวบ่งชี้ โดยมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2=55.05, p= 0.10, df=43, χ^2/df=1.28, GFI=0.979, AGFI=0.961, RMR=0.005 และ RMSEA=0.026) ซึ่งยืนยันว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วย เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท

2. รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1. ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน 2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน 3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และ 4. การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ขั้น

สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท และขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.69, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50) ซึ่งผลการประเมินความหมาะสมทุกรายการ มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน พบว่า ภาพรวมมีประสิทธิภาพ 77.20/75.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

3. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน พบว่าหลังเรียนนักศึกษามีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนในระดับมาก ซึ่งบ่งชี้ว่ารูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิผลดีและสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้

อภิปรายผล

1. การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

จากข้อมูลที่ได้การสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 410 คน เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SL) พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เป็นไปตามสมมติฐาน โดยพิจารณาจากค่าไค–สแควร์ (χ^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 55.05 ซึ่งบ่งชี้ว่าข้อมูลมีความแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ความน่าจะเป็น (P) เท่ากับ 0.10 และองศาอิสระ (df) เท่ากับ 43 โดยมีค่าไคว์สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) เท่ากับ 1.28 มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.979 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.961 มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.997 มีค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ (RMR) เท่ากับ 0.005 และมีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.026 ซึ่งค่าสถิติที่ได้เป็นค่าที่ยอมรับได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และสามารถใช้ยืนยันว่าองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีองค์ประกอบหลักและตัวบ่งชี้หลัก ประกอบด้วย

1) องค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความสนใจใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การรับรู้และความตระหนักรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ ลักษณะขององค์ประกอบมีความสอดคล้องกับแนวคิดของลีเดอร์แมน (Lederman et al.,2013, p. 138-146), ไฟส์และคณะ (Fives et al.,2014, p. 553-559), เดิร์กส์และไนท์ (Dirks &

Knight, 2016, p. 242), องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2017, p. 25) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ก, น. 12), สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562, น. 110), คอสตาและคณะ (Costa et al., 2021, p. 215-224) และซูวูโนและคณะ (Suwono et al., 2022, p.7-9) เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลในการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้มีแรงขับทำให้เกิดการตั้งคำถามและแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

2) องค์ประกอบด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้มนุษย์เข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรรมชาติสามารถอธิบายได้โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้วิทยาศาสตร์ที่มนุษย์ค้นพบเกิดจากค้นพบความจริงและใช้หลักฐานอ้างอิง นำมาอธิบายเหตุผล ส่งผลให้ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามกิจกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ในบริบทต่าง ๆ ตามยุคสมัย มนุษย์จึงมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบความรู้ร่วมกันเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่มนุษย์ ทั้งในระดับบุคคล ระดับสังคม และระดับโลก (NRC, 2013, p. 98-100; McComas, 2017, 73-74; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 7-10; Lederman et al., 2020, p. 35-65; Abd-El-Khalick & Lederman, 2023, p. 856-857) สามารถนำแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปบูรณาการเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ใช้ในการตัดสินใจ รวมถึงเข้าใจในค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ได้ (Costa et al., 2021, น. 215-224) โดยความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมีความสำคัญในระดับสูงต่อการเรียนรู้และการสอนวิทยาศาสตร์ มีอิทธิผลให้ผู้เรียนเกิดมุมมองต่อปรากฏการณ์ตามหลักปรัชญาวิทยาศาสตร์และนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและทำให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมได้ (Lederman et al., 2014, p. 65-85)

3) องค์ประกอบด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง โดยการคำถามและสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ นำไปออกแบบวิธีการและลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำหลักฐานมาสร้างความคิดรวบยอดเป็นข้อสรุปและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุผล (Holbrook & Rannikmae, 2007, p. 1356-1359; Yore et al., 2007, p. 568-569; Lederman et al., 2013, p. 138-146; OECD, 2017, p.22; Dirks & Knight, 2016, p. 242; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2562, น. 110;

Costa et al., 2021, p. 215-224) สามารถทำความเข้าใจแนวคิดใหญ่ (Big ideas) ของวิทยาศาสตร์ได้ (Yore et al., 2007, p. 568-569) รวมถึงใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจได้ (Lederman et al., 2013, p. 138-146; Dirks & Knight, 2016, p. 242; สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2562, น. 110; Costa et al., 2021, p. 215-224) องค์ประกอบด้านนี้มีความสำคัญต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในบริบทรอบตัวเพื่อเพิ่มพูนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และนำไปประยุกต์ใช้ส่งเสริมพัฒนาผู้เรียนในอนาคตได้

4) องค์ประกอบด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ประกอบด้วย ความสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมตามบริบท และความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง โดยนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ต้องมีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอและถูกต้อง ครอบคลุมทฤษฎี กฎ หลักการ ความคิดรวบยอด และข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง (Lederman et al., 2013, p. 138-146; OECD, 2017, p. 25; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; Costa et al., 2021, p. 215-224) สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ตีความหรืออธิบายปรากฏการณ์ในบริบทรอบตัวได้ ตลอดจนสามารถนำไปใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ได้อย่างเหมาะสม เข้าใจและตอบสนองต่อสถานการณ์รอบตัวตามบริบทความเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เป็นอย่างดี ทั้งในระดับบุคคล ระดับสังคม และระดับโลก (Holbrook & Rannikmae, 2007, p. 1356-1359; Yore et al., 2007, p. 568-569; Fives et al., 2014 :553-559; Lederman et al., 2013, p. 138-146; OECD, 2017, p. 25; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 21; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562, น. 110; Costa et al., 2021, p. 215-224;) รวมถึงสามารถออกแบบเทคโนโลยีได้ (Yore et al., 2007, p. 568-569)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง แสดงให้เห็นว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบทั้งสี่ในรูปคะแนนมาตรฐานมีค่าเป็นบวกทั้งหมด และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปทั้งสี่องค์ประกอบมาสร้างสเกลองค์ประกอบตัวบ่งชี้แทนค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ สามารถเขียนสมการโครงสร้างของตัวบ่งชี้ได้ดังสมการ

$$SL = 0.87\,(SA) + 0.86\,(SIA) + 0.86\,(NOS) + 0.81\,(SAC)$$

น้ำหนักองค์ประกอบที่ได้บ่งชี้ถึงความสำคัญขององค์ประกอบที่แตกต่างกันเล็กน้อย ค่าน้ำหนักองค์ประกอบสะท้อนความสำคัญขององค์ประกอบและระดับความจำเป็นในการส่งเสริมความ

ฉลาดรู้ โดยด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SA) มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงไป ได้แก่ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่าองค์ประกอบครอบคลุมและสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ OECD (2019, p. 97-103) และ Next Generation Science Standards (NRC, 2013, p. 1-4) แต่น้ำหนักความสำคัญแต่ละด้านที่แตกต่างกัน โดยเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีน้ำหนักสูงสุด (0.87) สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นความสำคัญของแรงจูงใจและเจตคติเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ (Deci & Ryan, 2000, p. 227-268) ซึ่งสะท้อนวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบเอเชียที่เน้นแรงจูงใจและทัศนคติเป็นพื้นฐาน (Chiu & McBride-Chang, 2006, p. 1302-1318) ซึ่งสอดคล้องกับบริบทการศึกษาของไทย ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้มีน้ำหนักใกล้เคียงกับด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นความสำคัญของทักษะการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ในบริบทการผลิตครู ส่วนด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบทซึ่งมีน้ำหนักรองลงไปแต่มีค่าแตกต่างไม่มากนัก แสดงให้เห็นบทบาทขององค์ประกอบทั้งสองที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้จริงในบริบท สมการดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สามารถนำไปคำนวณหาคะแนนความฉลาดทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ได้ต่อไป

2. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

จากวิเคราะห์เชิงเอกสารและงานวิจัยและนำแนวคิดมายกร่างรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ซึ่งประกอบด้วย ตอนที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน ตอนที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตอนที่ 3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน สื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ เมื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ ซึ่งอภิปรายผลได้นี้

1) รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบได้พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบโดยใช้แนวคิดและวิธีการตามแนวคิด ADDIE Model (Richey et al., 2011, p. 19) โดยในระยะที่ 1 เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze) องค์ประกอบเชิงยืนยันของความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เพื่อผลที่ได้ไปกำหนดองค์ประกอบสำคัญสำหรับการบูรณาการเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนและแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ระยะที่ 2 เป็นขั้นออกแบบ (Design) และพัฒนา (Develop) โดยการวิเคราะห์สภาพการจัดการเรียนการสอนในบริบทหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปใน

มหาวิทยาลัยราชภัฏ แล้วนำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) มากำหนดเป็นโครงสร้างหลักของกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสอน แล้วบูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แล้วพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ให้เหมาะสมกับบริบท ส่วนในระยะที่ 3 เป็นขั้นนำไปใช้ (Implement) และประเมินผล (Evaluate) เพื่อนำรูปแบบไปทดลองใช้และประเมินประสิทธิผล ซึ่งในการยกร่างและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนั้นมีการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและนำข้อคิดเห็นมาปรับปรุงให้มีคุณภาพจนการเรียนการสอนมีความสอดคล้องเหมาะสมในระดับมาก

2) ขั้นตอนการเรียนการสอน ได้ออกแบบให้บูรณาการองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องได้สอดคล้องเหมาะสมกับหลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1) ขั้นกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ในขั้นนี้ผู้เรียนต้องกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้จากปรากฏการณ์ที่หาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้ และคำถามที่ต้องการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม เช่น มีความสนใจใฝ่รู้ การรับรู้ ฯลฯ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 150) และมีมุมมองหรือโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ในขั้นนี้จึงเน้นการใช้ปรากฏการณ์ที่สามารถหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้ มาเป็นสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้เกิดความสนใจใฝ่รู้ โดยสถานการณ์ทำให้เกิดการเสียสมดุลทางปัญญาและเกิดคำถาม (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105 และชนาธิป พรกุล, 2563, น. 48-49) ผู้เรียนเกิดการรับรู้และมีความสนใจใฝ่รู้ โดยผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ปรากฏการณ์ใด ๆ ในโลกนั้น สามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้ หากสามารถหาหลักฐานยืนยันได้ ฯลฯ (Lederman et al., 2013, p. 498-503; McComas, 2020, p. 35-65) ลักษณะการบูรณาการสอดคล้องกับแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ต้องการคือ คำถามที่ผู้เรียนสามารถหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง

2.2) ขั้นทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมมาใช้ในการคาดเดาคำตอบของคำถามที่กำหนดไว้จากขั้นตอนตั้งคำถาม ในขั้นนี้ได้บูรณาการสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งเน้นให้ผู้เรียนใช้โครงสร้างสติปัญญาเดิมมาใช้ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ด้วยกระบวนการทางปัญญา (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105 และชนาธิป พรกุล, 2563, น. 48-49) อย่างไรก็ตามในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ความรู้และประสบการณ์ที่นำมาใช้จึงทบทวนเพื่อตรวจสอบว่ามีข้อมูลหรือความรู้ใดที่ต้องสืบเสาะหาเพิ่มเติมเพื่อนำมาใช้อธิบายตอบคำถามให้ถูกต้อง ผู้สอนจึงต้องบูรณาการองค์ประกอบด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือ การรับรู้และความตระหนักทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 150) ร่วมกับแนวคิดธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มีหน้าที่อธิบายกฎหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ฯลฯ (Lederman et al., 2013, p. 498-503; McComas, 2020, p. 35-65) เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างมีเหตุมีผล ในขั้นนี้ผู้เรียนจะเริ่มใช้กระบวนการดูดซึมข้อมูลใหม่เพื่อใช้ปรับสมดุลและเกิดความเข้าใจเบื้องต้น จนได้ผลลัพธ์ที่สำคัญ คือ สมมติฐานหรือคำตอบที่คาดเดาจากทฤษฎี

2.3) ขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยการทดลองหรือสำรวจหาหลักฐานเพื่อยืนยันคำตอบที่คาดเดา และอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุมีผล ในขั้นนี้ผู้เรียนต้องพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการเก็บข้อมูล เพื่อนำไปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ในขั้นนี้จึงเน้นบูรณาการแนวคิดแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนต้องชี้แนะผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการเลือกวิธีการสืบเสาะการสร้างคำตอบที่มีแหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ข, น. 21) และสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562ข, น. 111) ซึ่งเสนอให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลหลักฐานมาโต้แย้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้ และสอดคล้องกับแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติ และรับรู้ข้อมูลใหม่ด้วยกระบวนการทางปัญญา ซึ่งผู้เรียนจะเกิดการดูดซึมทางปัญญาและกำลังปรับสภาวะให้เกิดการปรับตัวสู่สภาะสมดุล (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105 และชนาธิป พรกุล, 2563, น. 48-49) โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะให้เกิดการบูรณาการเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และทำหน้าที่เตรียมสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ กำกับและตรวจสอบความถูกต้องของผลการเรียนรู้และชี้แนะให้ปรับแก้ โดยผลลัพธ์ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ หลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับใช้ยืนยันคำตอบ

2.4) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนสร้างคำตอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อสรุปหรือคำตอบที่ปรับปรุงแล้ว หลักของเหตุและผลที่ใช้อธิบายและหลักฐานที่ใช้ยืนยันเหตุและผล โดยเขียนออกมาเป็นความคิดรวบยอดที่ใช้สำหรับตอบคำถาม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เดิร์กส์และไนท์ (Dirks & Knight, 2016, p. 242) กล่าวว่าผู้เรียนควรสร้างคำอธิบายโดยการใช้สื่อธรรมชาติหรือที่ออกแบบเอง ใช้ระบบ ปรากฏการณ์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในบริบทที่เหมาะสม กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนสอดคล้องกับแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนจะเกิดการปรับสภาวะจนเกิดการปรับตัวสู่สภาวะสมดุลและเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้แล้วตกผลึกกลายเป็นความรู้ใหม่ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105 และชนาธิป พรกุล, 2563, น. 48-49) โดยผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะและตรวจสอบผลลัพธ์ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างมีเหตุผล

2.5) ขั้นประยุกต์ใช้ในบริบท เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความคิดรวบยอดที่ได้จากขั้นสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และขั้นอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ตามบริบทที่เกี่ยวข้องตามบาทบาทหน้าที่ ซึ่งในที่นี้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป สามารถนำไปใช้สร้างบทเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ หรือพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนในอนาคตได้ ในขั้นนี้ผู้สอนต้องชี้แนะให้เกิดบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจประโยชน์และข้อจำกัดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบบูรณาการให้ผู้เรียนขยายกรอบความคิดให้กว้างออก รับรู้ข้อมูลใหม่ตามบริบท แล้วสร้างชิ้นงานจากองค์ความรู้และประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ตามบริบท (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2563, น. 32-41) ซึ่งผู้เรียนจะใช้กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ ความสามารถในการประยุกต์องค์ความรู้วิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมกับบริบท

2.6) ขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล เป็นขั้นที่ผู้เรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อให้เกิดการตกผลึกความรู้ใหม่ที่ครบถ้วน รวมถึงตรวจสอบประเมินตนเองเพื่อนำไปปรับปรุงในการเรียนรู้ครั้งต่อไป สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและการบูรณาการ ผลลัพธ์ที่สำคัญในขั้นนี้ คือ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท

3) การเมื่อนำไปทดสอบกับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติการเรียนรู้ตามขั้นตอนด้วยตนเอง โดยในแต่ละขั้นตอนผู้สอนได้ชี้แนะให้เชื่อมโยงแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดแทรกในแต่ละขั้นตอนให้สอดคล้องกับกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากการสังเกตพฤติกรรมพบว่าระหว่างการจัดการสอนผู้เรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี กล่าวคือ มีความสนใจใฝ่รู้และมีการรับรู้และตระหนักในการเรียนรู้ที่ดีและต่อเนื่อง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี อย่างไรก็ตาม พบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปส่วนหนึ่งยังมีโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนจึงมีมุมมองต่อปรากฏการณ์ที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิด และนำไปสู่การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ในกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถามได้ไม่ชัดเจน ในขั้นการทบทวนความรู้และประสบการณ์ ผู้วิจัยปรับกิจกรรมโดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดที่หลากหลาย เช่น ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมโดยศึกษาขั้นตอนของภูมิปัญญา นำมาวิเคราะห์และใช้เขียนเป็นแผนผังหรือโมเดลขั้นตอน ให้ผู้เรียนอธิบายเชื่อมโยงแต่ละขั้นตอนกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นผู้สอนจึงโค้ชให้ผู้เรียนเกิดมุมมอง

ตามทฤษฎีแล้วตั้งคำถาม และคาดเดาคำตอบอย่างมีเหตุผล ฯลฯ ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดและบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้เกิดแนวคิดที่ชัดเจนขึ้น การใช้หลักการบูรณาการทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองร่วมกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะสอดคล้องกันส่งผลให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดี และรูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์

3. การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เมื่อนำรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง วัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และประเมินประสิทธิผลที่เกิดขึ้น พบว่า

1) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ75) เป็นไปตามสมมติฐาน ผลการทดสอบดังกล่าวบ่งชี้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีประสิทธิผลที่ดี มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้ ประสิทธิผลของรูปแบบที่ดีอาจเป็นผลมาจากการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นเน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง การเรียนรู้เกิดขึ้นผ่านกระบวนการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในขั้นทบทวนความรู้ กระบวนการ Assimilation และ Accommodation ในขั้นสืบเสาะและสร้างคำอธิบาย และการ Equilibration ในขั้นสะท้อนคิดและประเมินผล (Piaget, 1977, p. 165-198; สุมาลี ชัยเจริญ, 2554, น. 105-120) ประกอบกับผู้สอนทำหน้าที่โค้ชชี้แนะให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ โดยจัดให้เรียนรู้แบบร่วมมือในกลุ่มขนาดเล็ก และการใช้เครื่องมือทางปัญญา (Intellectual tools) ในการแสวงหาความรู้ (Vygotsky, 1978, p. 84-91; Wood et al., 1976, p. 89-100) การจัดลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ช่วยลดภาระทางปัญญา การใช้สื่อและกิจกรรมที่เหมาะสมป้องกัน Cognitive Overload และการบูรณาการแนวคิดอย่างเป็นระบบเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ (Sweller, 2011, p. 37-76) ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการลงมือปฏิบัติและคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิผล รวมทั้งรูปแบบการเรียนการสอนได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความเหมาะสม รวมถึงนำไปใช้ทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และตรวจสอบประสิทธิภาพเพื่อนำข้อสังเกตมาปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนให้ดีขึ้น เมื่อนำไปทดลองใช้จริงพบว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ที่กำหนดไว้ กล่าวคือ ในระหว่างเรียนผู้เรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดี สามารถนำแนวคิด

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปเชื่อมโยงสู่การตั้งคำถามและแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นได้ และสามารถแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับใช้ในสถานศึกษาได้ ลักษณะพฤติกรรมระหว่างเรียนสอดคล้องกับหลักแนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ ผู้เรียนนำประสบการณ์ความรู้เกิดที่มีไปใช้ตั้งคำถาม และอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบท คาดเดาคำตอบเพื่อนำไปสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อทดลองให้เกิดประสบการณ์ใหม่จนได้ข้อมูลหลักฐานไปใช้พิสูจน์ ตกผลึกจนได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความรู้ใหม่ที่เกิดกับผู้เรียน จากผลคะแนนแยกตามองค์ประกอบจะเห็นได้ว่าผู้เรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกองค์ประกอบ หากพิจารณาจากค่าสถิติที่คำนวณได้ (t-value) จะพบว่าแต่ละองค์ประกอบมีค่าสถติที่ความแตกต่างกัน โดยด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค่าสถิติที่สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบทตามลำดับ ค่าสถิติดังกล่าวสะท้อนให้เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอน บ่งชี้ว่าการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ที่สร้างขึ้นส่งผลให้เกิดความแตกต่างในด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนมากกว่าด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท สอดคล้องกับแนวคิดของบลูม (Bloom, 1984, p. 4-7) ว่าทักษะการปฏิบัติมักให้ผลการเรียนรู้ที่ชัดเจนกว่าความเข้าใจเชิงแนวคิดเพียงอย่างเดียว การฝึกปฏิบัติตรงในขั้นสืบเสาะจึงทำให้เห็นผลชัดเจนที่สุด เป็นไปตามหลักการ Learning by doing ของดิวอี้ (Dewey, 1938, p. 13-50) ในภาพรวมพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ มีผลให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น จากก่อนเรียนที่มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง หลังจากการเรียนการสอนพบว่าผู้เรียนมีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่ผสมผสานทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม และพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิผล ประสิทธิผลที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยที่นำทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไปใช้ในการศึกษาวิจัยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี เช่น สวียา สุรมณี, ธรัช อารีราษฎร์, วรปภา อารีราษฎร์ (2559, น. 941) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยอาศัยสถานการณ์จำลองวิชาเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 85/85 มีประสิทธิผล และผู้เรียนมีความคงทนทางการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนด อัจฉรีย์ พิมพิมูล (2564, น. 219) ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานตามแนวคิด

คอนสตรัคติวิสต์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่ามีประสิทธิผลดี Yuh Anchunda & Kaewurai (2021, p. 287) ได้รายงานว่ารูปแบบการสอนตามแนวคิดการออกแบบการสอนและทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการวางแผนการสอนและพัฒนาสื่อการสอนของนักศึกษาครู และมีความสามารถในการวางแผนการสอนและพัฒนาสื่อการสอนสูงกว่าเกณฑ์ 80%

2. ความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เมื่อสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ พบว่ากลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปให้คะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.32, S.D.= 0.54) โดยองค์ประกอบด้านเนื้อหาสาระมีระดับคะแนนสูงที่สุด รองลงไปได้แก่ ด้านการวัดและประเมิน ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน ตามลำดับ คะแนนประเมินแต่ละรายการมีค่าเฉลี่ยกระจายอยู่ในช่วง 4.05-4.52 (มีค่าสูงกว่า 3.50) และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกระจายอยู่ช่วง 0.39-0.81 (ไม่เกิน 1) ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จึงสะท้อนให้เห็นว่านักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ จึงบ่งชี้ได้ว่าสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์

1.1 องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ได้สังเคราะห์ขึ้นและยืนยันองค์ประกอบเชิงยืนยันกับกลุ่มตัวอย่างในบริบทมหาวิทยาลัยราชภัฏ ดังนั้นอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ สามารถนำองค์ประกอบไปใช้กำหนดมาตรฐานความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Learning Outcomes) ของหลักสูตรครูวิทยาศาสตร์และพัฒนาระบบการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ติดตามคุณภาพนักศึกษาครูให้สอดคล้องและเหมาะสมได้

1.2 ผู้อาจารย์ผู้สอนในมหาวิทยาลัยราชภัฏควรบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรายวิชาต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้นักศึกษาของหลักสูตรครูวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ

1.3 อาจารย์ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ขั้น คือ กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม สืบเสาะ

ทางวิทยาศาสตร์ สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประยุกต์ใช้ในบริบท และสะท้อนคิดและประเมินผล) ไปใช้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง โดยอาจใช้ปรากฏการณ์และภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นสถานการณ์การเรียนรู้ที่สามารถเข้าถึงได้จริงในแต่ละพื้นที่ และจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มขนาดเล็ก (4-5 คน) เพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนทุกคน

1.4 การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรศึกษาและเตรียมความพร้อมด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนนำรูปแบบไปใช้ โดยใช้บทบาทเป็นโค้ช หรือผู้ชี้แนะ (ผู้อำนวยการเรียนรู้) มากกว่าการบรรยายเพียงอย่างเดียว และจัดสรรเวลาเรียนที่เพียงพอสำหรับขั้นตอนการสะท้อนคิดและประเมินผล

1.5 การประยุกต์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดประสิทธิผลที่ดี อาจารย์ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมด้านความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานให้กับผู้เรียน รวมถึงกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ทรงภูมิปัญญาซึ่งมีลักษณะเป็นความรู้แบบองค์รวม การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของภูมิปัญญา อาจต้องใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ หลายทฤษฎี เช่น การทำขลุ่ย ต้องใช้ทฤษฎีทางวัสดุศาสตร์ ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง ความรู้เกี่ยวกับชนิดของไม้ ฯลฯ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปจึงต้องมีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเพียงพอ หากขาดความพร้อมจะส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนต้องใช้ระยะเวลานานขึ้นเพื่อศึกษาและชี้แนะเพิ่มเติม

1.6 หลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ จัดอบรมพัฒนาอาจารย์ด้านแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ รวมถึงสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนนอกสถานที่เพื่อเข้าถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

1.7 ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนไปปรับใช้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏอื่นๆ โดยคำนึงถึงบริบทและอัตลักษณ์ของแต่ละสถาบัน และพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสำหรับอาจารย์ในสถาบันต่าง ๆ ตลอดจนสร้างเครือข่ายการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างอาจารย์ผู้สอนที่ใช้รูปแบบนี้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบของความฉลาดที่มีผลต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในองค์รวม หรือนำไปศึกษาทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีปัจจัยเกี่ยวกับระดับชั้นเรียน เพศ บริบทพื้นที่ เพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรเหล่านั้น และนำมาผลและข้อสังเกตมาปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรพัฒนาแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มาตรฐานสำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษาที่เหมาะสมกับบริบทไทย

2.2 ควรพัฒนาแบบการพัฒนาแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับระดับอุดมศึกษา ปัจจุบันยังขาดแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานสำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา การวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยส่วนใหญ่มักใช้แบบวัดที่ดัดแปลงมาจากแนวคิดของ PISA ซึ่งออกแบบสำหรับนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งอาจไม่เหมาะสมสำหรับบริบทของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา ในการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในการบูรณาการสร้างรูปแบบการเรียนการสอน และสร้างแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์รู้สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป อย่างไรก็ตามแบบวัดนี้ยังมีข้อจำกัดที่การทดสอบคุณภาพของแบบวัดนั้นผู้วิจัยทำในบริบทกลุ่มนักศึกษาที่ไม่กว้างขวาง การวัดในบริบทที่แตกต่างกันอาจต้องนำไปปรับให้เหมาะสมกับบริบท นักวิชาการที่เกี่ยวข้องควรมีการวิจัยพัฒนาแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ตรวจสอบสมรรถนะของนักศึกษาในระดับอุคมศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการติดตามคุณภาพของนักศึกษาและนำข้อด้อยไปพัฒนาการเรียนการสอนมีเป็นมาตรฐานในลักษณะเดียวกัน

3) ควรมีการศึกษาทดลองนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ศึกษาและปรับใช้ให้เหมาะสมกับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะอัตลักษณ์ของนักศึกษาและเนื้อหาในหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีความแตกต่างกันตามบริบท

4) ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ ไปทดลองใช้ในบริบทรายวิชาอื่น ๆ ที่มีลักษณะเนื้อหาที่สามารถส่งเสริมให้เกิดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรผลิตครู และศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนและปรับใช้ให้เหมะสมกับบริบท

บรรณานุกรม

<u>ภาษาไทย</u>

กนกวรรณ เรืองศิริ และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล. (2563). การพัฒนารูปแบบการสอนเชิงบูรณาการศาสตร์ P-PIADA เรื่อง การวิเคราะห์โครงข่ายสื่อสาร สำหรับการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า. **Journal of Education and Innovation, 24**(3), 97–102.

กมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2558). **ระเบียบวิธีสถิติทางการศึกษา**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรกัญญา ราชพลสิทธิ์. (2561). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูภาษาไทยเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2565). **จำนวนนักศึกษารวม.** สืบค้นจาก https://info.mhesi.go.th/stat_std_all.php

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). **สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (พิมพ์ครั้งที่ 1)**. โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

_____. (2551). **ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กันตภณ มะหาหมัด และพูลศักดิ์ โกษียาภรณ์. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะวิชาชีพสำหรับการเรียนการสอนด้านเทคนิคศึกษา : กรณีศึกษา แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. **วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. 7**(2), 74-91.

กุศลิน มุสิกุล. (2551). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. **ครูวิทยาศาสตร์, 15**(1), 66-71.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2563). **การคิดเชิงบูรณาการ** (พิมพ์ครั้งที่ 9). ซัคเซส.

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. (2562). **หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (คบ. 4 ปี)**. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

คมกฤช พรหมฉิน. (2560). **การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันภาวะผู้นำเชิงกลยุทธ์ในศตวรรษที่ 21 ของผู้บริหารสถานศึกษา.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

จเร ลวนางกูร, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และไสว ฟักขาว. (2562). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการคิดขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. **วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 13**(1), 11-22.

จารุณี ซามาตย์ และสุมาลี ชัยเจริญ. (2559). การสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมกระบวนการการแก้ปัญหาและการถ่ายโยงการเรียนรู้ สำหรับนักศึกษาคอมพิวเตอร์ศึกษา. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 7**(1), 192-201.

จิระวัฒน์ โต๊ะชาลี. (2561). **การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA***).* [วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

จุติพร อัศวโสวรรณ, วัฒนา มัคคสมัน ปรีชา เนาว์เย็นผล และสุมาลี กาญจนชาตรี. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**, 5(3), 81-95.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2557). **สารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์.** ศูนย์หนังสือสุโขทัยธรรมาธิราช.

ฉันทนา วิริยะเวชกุล. (2559). **เทคนิคการสอนสำหรับครู** (พิมพ์ครั้งที่ 3). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนาธิป พรกุล. (2561). **กระบวนการสร้างความรู้ของครู กรณีการสอนบูรณาการ.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชรินทร์ทิพย์. หิรัญนุเคราะห์ และมณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ. (2563). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นผ่านเครือข่ายสังคมค้าขายออนไลน์ ใน The 16th National Conference on Computing and Information Technology : NCCIT2020, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, 14-15 เมษายน 2563, 572-577

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. **วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 5**(1), 7-20.

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 27**(2), 21-31.

ไชยันต์ สกุลศรีประเสริฐ. (2556). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน. **วารสารจิตวิทยาคลินิก, 44**(1), 1-16.

ณพัฐอร บัวฉุน, นฤมล ยุตาคม และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2559). สภาพการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. **วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 11**(2), 97-109

ดนัย ไทยมี และจีระวรรณ เกษสิงห์. (2558). มุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53** (น. 243-251). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงนคร การนา และสุราษฎร์ พรมจันทร์. (2558). รูปแบบการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการสอนสำหรับนักศึกษาครูช่าง ใน **การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8** (หน้า 283-288). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ทรงศักดิ์ ภู่สีอ่อน. (2551). **การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย.** ประสานการพิมพ์

ทัศนีย์ พุฒนอก, ปรียา บุญญสิริ และสุปรียา ตรีวิจิตรเกษม. (2555), ความเข้าใจธรรมชาติของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. **วารสาร Graduate Research Conference, 10**(12), 911-922.

ทิศนา แขมมณี. (2563). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ** (พิมพ์ครั้งที่ 23). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระพร อุวรรณโณ. (2561). เจตคติ ใน **สารานุกรมศึกษาศาสตร์** เล่มที่ 53 (หน้า 38-45)**. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2555). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน. **วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, 2**(1), 68-74.

นพักษร สังวาลเพ็ชร์, ชาตรี ฝ่ายคำตา และอภิสิฏฐ์ ศงสะเสน. (2560). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอม. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8**(2), 1-26.

นวพร ชลารักษ์. (2558). บทบาทของครูกับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21. **วารสารมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, 9**(1), 64-71.

นัทธพงศ์ ส่งอำไพ, วิมล สำราญวานิช, ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ. (2560). แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 13**(1), 41-61.

นันทวัน พัวพัน. (2562). **การพัฒนารายวิชาการสอนแนวใหม่ที่ส่งเสริมความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ : การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์แบบมีส่วนร่วม.** ดุษฎีนิพนธ์หลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บรรณรักษ์ คุ้มรักษา และปริศนา รักบำรุง. (2563). การศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ผ่าน กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน. **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 35**(1), 48-56.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). **การวิจัยเบื้องต้น** (พิมพ์ครั้งที่ 9). สุวีริยาสาส์น

บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2565). การวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณทางการศึกษา: สรุปผังความคิดรวบยอด. **ครุศาสตร์สาร, 16**(2), 60-72.

บุปผาชาติ ทัฬหิกรณ์. (2540***). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างความรู้***. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). **วิจัยการเรียนการสอน** (พิมพ์ครั้งที่2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราโมทย์ จันทร์เรือง. (2553). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการทักษะการคิดและสร้างสรรค์ความรู้. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 21**(1), 27-38.

พระมหานรินทร์ สุมโน. (2560). การบูรณาการการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยในศตวรรษที่ 21. **วารสารศึกษาศาสตร์ มมร., 5**(1), 109-121.

พิมพ์พิรัญ ปัญโญ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53**. (หน้า 71-79). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557). **สอนเขียนแผนบูรณาการบนฐานเด็กเป็นสำคัญ** (พิมพ์ครั้งที่ 4). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์. (2557). การประเมินการรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ในรายวิชาอุตุนิยมวิทยาการเกษตร ใน **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พูลพงศ์ สุขสว่าง. (2557). หลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 6**(2), 136-145.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2564). การสร้างแบบประเมินคุณลักษณะและทักษะตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิอุดมศึกษา. ใน **การจัดการเรียนรู้และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิอุดมศึกษา สาขาวิชาพยาบาลศาสตร์.** สืบค้นจาก https://nurse.ratchathani.ac.th/images/km/doc/unit3.pdf

ภาริณี สุวรรณศรี และประสาท เนืองเฉลิม. (2562). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 1**(1), 20-25.

มารุต พัฒผล. (2553). **หน่วยการเรียนรู้บูรณาการอิงมาตรฐานและการประเมินผลระดับชั้นเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มาลินี คำศรีแก้ว ไชยบัง, สุพจน์ สอนวงแก้ว และรุ่งนภา สังสอาด . (2562). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการสอนแบบบ่งชี้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สำหรับครูสอนวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 6.** สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2555). **หลักสถิติวิจัยและการใช้โปรแกรม SPSS.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวธิดา คำปวน. (2560). การบูรณาการ: เส้นทางแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **วารสารการบริหารและนิเทศการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 8**(1), 25-38.

โยติกา ชัยวงษา, พรทิพย์ อติชาติ และจีระพรรณ สุขศรีงาม (2561). การรับรู้เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และปรัชญาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์และนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สอนสาขาวิชาและเพศต่างกันในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 29**(3), 113-129.

รสริน อะปะหัง, สมชาย วรกิจเกษมสกุล, ชาติชาย ม่วงปฐม และศรีสุรางค์ ทีนะกุล. (2558). การพัฒนายุทธศาสตร์การจัดการการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยบูรณาการทฤษฎีการสร้างความรู้และทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6. **วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 12**(58), 79-92.

รักชนกชรินร์ พูลสุวรรณนธี, สาโรช โศภีรักข์, ศศิฉาย ธนะมัย และกฤตย์ตนัย ธารารัตนสุวรรณ. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ด้วยหนังสือดิจิทัล เพื่อส่งเสริมการอ่านออกเสียงภาษาไทย สำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 9**(3), 277-286.

รัตนะ บัวสนธ์. 2552. **วิจัยเชิงคุณภาพทางการศึกษา**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรซวรรณา เซพโฆลาม และขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์. (2564). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 16**(2), 276-286.

ลือชา ลดาชาติ และกาญจนา มหาลี. (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7**(2), 284-310.

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2561). จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษาและการออกแบบ. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20**(1), 246-260.

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกูล. (2555). การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 4**(2), 73-90.

ลือชา ลดาชาติ, ลฎาภา สุทธกูล และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2556). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศไทย. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 34**(2), 269-282.

ลือชา ลดาชาติ. (2560). นิสิตครูชีววิทยาเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านต่าง ๆ อย่างไร?. **วารสารธรรมศาสตร์, 36**(1), 26-44.

วลิดา อุ่นเรือน. (2563). **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้ตามสภาพจริง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลสำหรับนักศึกษาครู.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2563). สมรรถนะเด็กไทยในยุคโลกพลิกผัน (VUCA World). **คุรุสภาวิทยาจารย์, 1**(1), 8-18.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2562). **การบูรณาการอย่างสร้างสรรค์ (Creative Integration).** ศูนย์ผู้นำนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2547). **พัฒนาหลักสูตรและการสอน - มิติใหม่.** โอเดียนสโตร์

วีระพันธ์ เจริญลิขิตกวิน และนิพัทธา ชัยกิจ. (2563). ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 20**(2), 154-165.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). **ทฤษฎีการประเมิน** (พิมพ์ครั้งที่ 6). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงัด อุทรานันท์. (2525). **การจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ.** คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรมวิชาการ

_____. (2555). **การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.** ซีเอ็ดยูเคชัน.

_____. (2560ก). **ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

_____. (2560ข). **กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015.** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

_____. (2561ก). **คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2561ข). **ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ศึกษา.** อจท.

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

สวียา สุรมณี, ธรัช อารีราษฎร์, วรปภา อารีราษฎร์. (2559). รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยอาศัยสถานการณ์จำลองวิชาเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 10**(ฉบับพิเศษ), 941-956.

สาวิตรี สิทธิชัยกานต์, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และโชติมา หนูพริก. (2560). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ บูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์สำหรับครูระดับมัธยมศึกษา. **Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, 10**(2), 1077-1088.

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2563). **พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547**. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2556). **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 7 รอบ 5 ธันวาคม 2554** (พิมพ์ครั้งที่ 2). นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.

_____. (2562). **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ชุดความฉลาดรู้ (Literacy) ฉบับราชบัณฑิตยสภา.** อรุณการพิมพ์

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้.** สกศ.

สำราญ กำจัดภัย (2562). รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาครูในการเตรียมฝึกปฏิบัติการสอนโดยใช้การเสริมสร้างพลังและการจัดการเรียนรู้เชิงรุก: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. **วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิชญทรรศน์, 14**(1), 151-161.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2555). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 14**(3), 119-124.

_____. (2556). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ (ตอนที่ 2). **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 15**(2), 137-142.

สุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย. (2559). **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. ดุษฎีนิพนธ์หลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุภมาส อังศุโชติ , สมถวิล วิจิตรวรรณา และรัชชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. (2551). **สถิติการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์: เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL.** มิสชั่นมีเดีย

สุภัทร สายรัตนอินทร์. (2558). การสำรวจความเข้าใจด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กรณีศึกษานักศึกษาชั้นปีที่สี่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 สาขาศึกษาศาสตร์.** (น. 305-312). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2554). **เทคโนโลยีการศึกษา : หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.** คลังนานาวิทยา.

_____. (2557). **การออกแบบการสอน หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.** สาขาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรพงษ์ มาลี. (2562). การพลิกโฉม" สู่ "องค์กรที่พร้อมปรับเปลี่ยน" ใน "ยุคการเปลี่ยนแปลงที่พลิกผัน". **OCSC e-Journal, 61**(2), 8-10.

สุรยศ ทรัพย์ประกอบ, ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2560). ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาเฉพาะเรื่องธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์. **Kasetsart Journal of Social Sciences, 38**, 704-716

สุริยะ วงศ์คงคาเทพ. (2550). **แนวคิดการสอนแบบบูรณาการ ใน การพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ.** สถาบันบรมราชชนก กระทรวงสาธารณสุข

สุวิมล ว่องวาณิช. (2549). **การปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน** (พิมพ์ครั้งที่ 10). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แสงทอง บุญยิ่ง. (2556). **การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ร่วมกันบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบ.** วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อวยพร เรืองตระกูล. (2553). **สถิติประยุกต์ทางพฤติกรรมศาสตร์ 1**. ภาควิจัยและจิตวิทยาการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉรีย์ พิมพิมูล. (2564). การพัฒนาบทเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. **วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 15**(1), 219-234.

อัญชลี ด้วงต้อย และอัมรินทร์ อินทร์อยู่. (2557). การสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ใน **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 6**, 30-31 พฤษภาคม 2557 เล่มที่ 1 (น.277-285). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, สุรพล วิเศษสรรค์ และเฉลิมพล กาญจนวรินทร์. (2558). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความสามารถในการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์. **วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม), 36**, 308-321.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2553). **หลักการสอน** (ฉบับปรับปรุง). โอเดียนสโตร์

<u>ภาษาต่างประเทศ</u>

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education, 22**(7), 665-701.

_____. (2023). Research on teaching, learning, and assessment of nature of science. Norman G. Lederman, Dana L. Zeidler, & Judith S. Lederman (Ed.). **Handbook of research on science education volume III**. (p.850-898). Taylor & Francis.

Agustiani, E. D., Rustaman, N., & Wulan, A. R. (2020). Elementary School Teachers' Scientific Competence and Their Teaching Experiences. **Journal Basicedu, 4**(2), 306–313.

Ajzen, I. (2005). **Attitudes, personality, and behavior** (2nd ed.). Open University Press.

_____. (2020). The theory of planned behavior: Frequently asked questions. **Human Behavior and Emerging Technologies**, 2(4), 314-324.

Akerson, V. L. Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching, 37**, 295-317.

Akerson, V. L. Morrison, J. A. & Mcduffie, A. R. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching, 43**(2), 194-213.

Al Sultan, A., Henson, H. J., & Fadde, P. J. (2018). Pre-service elementary teachers' scientific literacy and self-efficacy in teaching science***. IAFOR Journal of Education, 6***(1), 25–41.

Albarracín, D., & Zanna, M. P. (2018). **Handbook of attitudes**. Routledge.

Allen, M. (2014). **Misconceptions in primary science**. McGraw-Hill Education.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2022). **Benchmarks Online: The Nature of Science**. [online]. Available from: http://www.project 2061.org/ publications/bsl/online/index.php?chapter=1.

Babbie, E. R. (2016). **The practice of social research** (14th ed.). Cengage Learning.

Barber, M., & Mourshed, M. (2007). **How the World's Best-Performing School Systems Come out on Top**. The Free Press.

Barkley, B. T. (2006). **Integrated Project Management**. McGraw-Hill.

Bilican, K. (2018). Analysis of pre-service science teachers' understanding of nature of science and proposed arguments on socio-scientific issues. International **Journal of Research in Education and Science (IJRES), 4**(2), 420-435.

Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. **Educational Researcher, 13**(6), 4-16.

Bohner, G., & Dickel, N. (2011). Attitudes and attitude change. **Annual Review of Psychology**, 62, 391-417.

BouJaoude, S. (2002). Balance of scientific literacy themes in science curricula: The case of Lebanon. **International Journal of Science Education, 24**(2), 139–156.

_____. (2015). Scientific literacy. In R. Gunstone (ed.), **Encyclopedia of science education** (pp. 944-947). Springer.

Chiu, M. M., & McBride-Chang, C. (2006). Gender, context, and reading: A comparison of students in 43 countries. **Scientific Studies of Reading, 10**(4), 331-362.

Clough, M. P. (2002). Integrating the Nature of Science with Student Teaching Experiences in McComas William F. (Ed.). **The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies.** (p.197-210). Kluwer Academic Publisher.

Costa, A.M., Ferreira, M.E., & da Silva Loureiro, M.J. 2021. Scientific literacy: the conceptual framework prevailing over the first decade of the twenty-first century. **Revista Colombiana de Educación, 1**(81), 195-228.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches** (5th ed.). SAGE Publications.

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching, 37**(6), 582-601.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. **Psychological Inquiry**, **11**(4), 227-268.

Dewey, J. (1938). **Experience and education**. Macmillan.

Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). **Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method** (4th ed.). John Wiley & Sons.

Dirks C. & Knight J. K. (2016). Measuring college learning in biology. In Arum R., Roksa J., Cook A. (Eds.), **Improving quality in American higher education: Learning outcomes and assessments for the 21st century** (pp. 225–260). Jossey-Bass.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). **Young people's images of science**. Open University Press.

Eisner, E. (1976). Educational connoisseurship and criticism: Their form and functions in education evaluation. **Journal of Aesthetic Education. 39**(2), 192-193.

El Islami, R.A.Z. & Nuangchalerm, P. (2020). Comparative Study of Scientific Literacy: Indonesian and Thai Pre-service Science Teachers Report. **International Journal of Evaluation and Research in Education, 9**(2), 261-268.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods, 39**(2), 175-191.

Fensham, J. (2005). Literacy, scientific. In *K.K. Leonard (Ed.),* **Encyclopedia of Social Measurement Volume 2**. (p.541-547). Elsevier Inc.

Fives, H., Nicolich, M., Birnbaum, A. & Huber, W. (2014). Developing a measure of scientific literacy for middle school students. **Science Education, 98***(*4), 549–580.

Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. **Educational Leadership, 49**(2), 61-65.

_____. (2009). **How to integrate the curricula** (3rd ed.). Skyline Publishing.

Fowler, F. J., Jr. (2014). **Survey research methods** (5th ed.). SAGE Publications.

Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. & Black, W.C. (1998). **Multivariate Data Analysis,** (5th ed.). Prentice Hall.

Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., & Tatham, R.L. (2006). **Multivariate data analysis** (6th ed.). Pearson Education.

Hair, Jr., J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). **Multivariate Data Analysis** (7th ed.). Pearson Education.

Hanushek, E. A.; Piopiunik, M. & Wiederhold, S. (2019). The Value of Smarter Teachers: International Evidence on Teacher Cognitive Skills and Student Performance. **The Journal of Human Resources. 54**(4), 858-899.

Herman, B. C. & Clough, M. P. (2014). Teachers' longitudinal NOS understanding after having completed a science teacher education program. **International Journal of Science and Mathematics Education, 14,** 207-227.

Hermita, N., Alpusari, M., Alim, J. A. & Suanto, E., (2020). Extracting indigenous Riau-Malays' Scientific literacy through Lancang Kuning Folklore with thematic learning in the primary school context. **Journal of Education, Teaching and Learning, 5**(1), 59-66.

Hogg, M. A., & Vaughan, G. M. (2018). **Social psychology** (8th ed.). Pearson Education.

Holbrook, J & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of scientific literacy. **International Journal of Environmental & Science Education. 4**(3), 275-288.

Hurd, D. (1958). Scientific literacy: Its meaning for American schools. **Educational Leadership, 16**(1), 13-16, 52.

Jain, J., Lim, B.K & Abdullah, N. (2013). Pre-service teachers' conceptions of the nature of science. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 90*, 203-210.

Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). **LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language**. Scientific Software International; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Joyce, B, Weil, M. & Calhoun, E. (2004). **Model of teaching** (7th ed.). Allyn and Bacon.

Kahneman, D. (2011). **Thinking, fast and slow**. Farrar, Straus and Giroux.

Karışan, D. & Cebesoy, Ü. B. (2018). Exploration of Preservice Science Teachers' Nature of Science Understandings. **PAU Journal of Education, 44**, 161-177.

Khishfe, R. & Lederman, N. G. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. **International Journal of Science Education, 29**(8), 939–961.

Kilbane, C. R., & Milman, N. B. (2014). **Teaching models: Designing instruction for 21st century learners.** Pearson.

Krippendorff, K. (2018). **Content analysis: An introduction to its methodology** (4th ed.). SAGE Publications.

Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2014). **Focus groups: A practical guide for applied research** (5th ed.). SAGE Publications.

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. **Science Education, 84**(1), 71-94.

Lederman N. G., Abd-El-Khalick F., & Lederman J. S. (2020). Avoiding De-Natured Science: Integrating Nature of Science into Science Instruction. **McComas W. F. (ed.), Nature of Science in Science Instruction, Science: Philosophy, History and Education.** (pp. 296-236).

Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. **Journal of Research in Science Teaching, 56** (4), 486-515.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching, 29,** 331-359.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). View of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of research in Science Teaching, 39**(6), 497–521.

Lederman, N.G., & Lederman, J.S. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), **Handbook of research on science Education, Volume II.** (pp. 600-620). Routledge.

Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 1**(3), 138-147.

Martin, R. E. (1994). **Teaching science for all children**. Pearson A and B.

Martin, R., Sexton, C., & Franklin, T. (2008). **Teaching Science for All Children: An Inquiry Approach** (5th Ed.). Pearson.

McComas W. F. (2017). Understanding how science works: the nature of science as the foundation for science teaching and learning. **SSR, 98**(365), 71-76.

_____. (2020). The principal elements of the nature of science: Informing science teaching while dispelling the myths. In **McComas, W. F. (ed), Nature of science in science education: Rationales and strategies.** (pp.35-65). Kluwer Academic Publisher.

McComas W. F., Clough M. P. & Almazroa, H. (2002). The role and character of the nature of science in science education in **McComas William F. (Ed.), The nature of science in science education: Rationales and Strategies,** (3-40). Kluwer Academic Publisher.

McComas, W. F., & Olson, J. K. (2002). The nature of science in international science education standards documents. In **W. F. McComas (Ed.), The nature of science in science education: Rationales and strategies** (pp. 41–52). Kluwer Academic Publishers.

Monk, J. M. & Newton G. (2018). Use of a Scaffolded Case Study Assignment to Enhance Students' Scientific Literacy Skills in Undergraduate Nutritional Science Education: Comparison between Traditional Lecture and Distance Education Course Formats. **International Journal of Higher Education, 7(**2), 95-106.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). **Science Literacy: Concepts, Contexts, and Consequences.** The National Academies Press.

National Research Council. (1996). **National Science Education Standards.** The National Academies Press.

_____. (2013). **Next generation science standards: For states, by states.** The National Academies Press.

Nunnally, J. C. (1978). **Psychometric theory** (2nd ed.). McGraw-Hill.

O'Keefe, D. J. (2016). **Persuasion: Theory and research** (3rd ed.). SAGE Publications.

OECD. (2017). **PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition, PISA**. OECD Publishing.

_____. (2019). **Assessment and analytical framework, PISA**. OECD Publishing.

Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 3**(3), 173-184.

Özdem, Y., Çavaş, p., Çavaş, B., Çakıroğlu, J., & Ertepınar, H. (2010). An investigation of elementary students' scientific literacy levels. **Journal of Baltic Science Education. 9**(1), 6-19.

Patton, M. Q. (2015). **Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice** (4th ed.). SAGE Publications.

Perkins-Gough, D. (2007). Understand the scientific enterprise: Conversation with Alan Leshner. **Educational Leadership. 64(**4): 8-15.

Perloff, R. M. (2017). **The dynamics of persuasion: Communication and attitudes in the 21st century** (6th ed.). Routledge.

Petty, R. E., Briñol, P., & Priester, J. R. (2019). Mass media attitude change: Implications of the Elaboration Likelihood Model of persuasion. In **Media effects: Advances in theory and research** (4th ed., pp. 43-65). Routledge.

Piaget, J. (1977). **The development of thought: Equilibration of cognitive structures**. Viking Press.

Quigley, C., Pongsanon, K. & Akerson, V. L. (2011). If we teach them, they can learn: Young students' views of nature of science during an informal science education program. **Journal of Science Teacher Education. 22**(2), 129-149.

Richey, R. C., Klein, J. D., & Tracey, M. W. (2011). **The instructional design knowledge base. Theory, research, and practice**. Routledge.

Rovinelli, R.J. & Hambleton, R.K. (1977). On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-Referenced Test Item Validity. **Tijdschrift Voor Onderwijs Research,** 2, 49-60.

Rubba, A., & Anderson, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. **Science Education, 62**(4), 449–458.

Saris, W. E., & Gallhofer, I. N. (2014). **Design, evaluation, and analysis of questionnaires for survey research** (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Schulte, P. L. (1996). A definition of constructivism. **Science Scope. 20**(6), 25-27.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2016). **A beginner's guide to structural equation modelling** (4th ed.). Routledge

Shaaban, E., Ali, I.A. & Chatila, H. (2019). Investigating science misconceptions of pre-service early childhood education teachers at the Lebanese University, Faculty of Education. **The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS). 15**, 55-64.

Shahzadi, I. & Nasreen, A. (2020). Assessing Scientific Literacy Levels among Secondary School Science Students of District Lahore. **Bulletin of Education and Research December. 42**(3), 1-21.

Suwono, H., Maulidia, L., Saefi M., Kusairi, S. & Yuenyong, C. (2021). The Development and Validation of an Instrument of Prospective Science Teachers' Perceptions of Scientific Literacy. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 18**(1), 1-16.

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. **Psychology of Learning and Motivation, 55**, 37-76.

Thomas, G. & Durant, J. (1987). Why should we promote the public understanding of science?. M. Shortland (Ed), **Scientific Literacy Papers.** (pp. 1-14). Oxford University Department for External Studies.

Valente, B., Maurício, P, Faria, C. (2018). Understanding the Process and Conditions That Improve Preservice Teachers Conceptions of Nature of Science in Real Contexts. **Journal of Science Teacher Education, 29**(7), 620-643.

VandenBos, G. R. (Ed.). (2015). **APA Dictionary of Psychology** (2nd edition). American Psychological Association.

Vygotsky, L. S. (1978). **Mind in society: The development of higher psychological processes.** Harvard University Press.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. **Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17**(2), 89-100.

Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model: Towards real reform in science education. **The Science Teacher**. **58**(6), 52-57.

Yilmaz, H. B. (2009). **Turkish Students' Scientific Literacy Scores: A Multilevel Analysis of Data from Program for International Student Assessment**. [Unpublished doctoral dissertation]. The Ohio State University.

Yore, L.D., Pimm, D. & Tuan, HL. (2007). The Literacy Component of Mathematical and Scientific Literacy. **International Journal of Science and Mathematics Education. 5,** 559-589.

Yuh Anchunda, H., & Kaewurai, W. (2024). A development of an instructional model based on the instructional design approach and social constructivism to enhance pre-service teachers' lesson planning and instructional material development abilities. **Journal of Education and Innovation, 26**(1), 15–35.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เอกสารขอความอนุเคราะห์และรายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์
   สาขาศึกษาศาสตร์ วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
   มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ อุปไมยอธิชัย
   ภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา
   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทนัช วัฒนสุภิญโญ
   สาขาฟิสิกส์ (คบ.)
   คณะครุศาสตร์ มรภ.บ้านสมเด็จเจ้าพระยา

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริกร โตสติ
   สาขาวัดประเมินและวิจัยทางการศึกษา
   คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐมน พันธุ์ชาตรี
   สาขาวิชาการจัดการศึกษาและนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้
   บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/ ๓๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
๑๐๖๑ อิสรภาพ ๑๕ แขวงหิรัญรูจี
เขตธนบุรี กรุงเทพฯ ๑๐๖๐๐

๗๒ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.วิโรฒฐ์ วัฒนานิมิตกูล	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด	กรรมการที่ปรึกษาร่วม
๓. รองศาสตราจารย์ ดร.สาธิต โกวิทวที	กรรมการที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวข้างต้น ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ที่สอดคล้องกับหัวข้อการทำวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคำแนะนำของท่านจะเกิดประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขในการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยของนักศึกษาให้มีคุณภาพและเหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ และบัณฑิตวิทยาลัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐๘๙-๑๑๙๕๙๓๑



ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/๓๑

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
๑๐๖๑ อิสรภาพ ๑๕ แขวงหิรัญรูจี
เขตธนบุรี กรุงเทพฯ ๑๐๖๐๐

๑๒ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรศักดิ์ อุปไมยอธิชัย

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.วิโรฒฐ์ วัฒนานิมิตกูล	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด	กรรมการที่ปรึกษาร่วม
๓. รองศาสตราจารย์ ดร.สาธิต โกวิทวที	กรรมการที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวข้างต้น ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ที่สอดคล้องกับหัวข้อการทำวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคำแนะนำของท่านจะเกิดประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขในการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยของนักศึกษาให้มีคุณภาพและเหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ และบัณฑิตวิทยาลัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐๘๙-๑๑๙๕๙๓๑



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/ ๓๒ **วันที่** ๑๗ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทนัช วัฒนสุภิญโญ

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.วิโรฒฐ์ วัฒนานิมิตกูล	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด	กรรมการที่ปรึกษาร่วม
๓. รองศาสตราจารย์ ดร.สาธิต โกวิทวที	กรรมการที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวข้างต้น ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ที่สอดคล้องกับหัวข้อการทำวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคำแนะนำของท่านจะเกิดประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขในการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยของนักศึกษาให้มีคุณภาพและเหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ และบัณฑิตวิทยาลัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/๓๓ **วันที่** ๑๑ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริกร โตสติ

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.วิโรฒฏ์ วัฒนานิมิตกูล	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด	กรรมการที่ปรึกษาร่วม
๓. รองศาสตราจารย์ ดร.สาธิต โกวิทวที	กรรมการที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวข้างต้น ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ที่สอดคล้องกับหัวข้อการทำวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคำแนะนำของท่านจะเกิดประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขในการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยของนักศึกษาให้มีคุณภาพและเหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ และบัณฑิตวิทยาลัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/๓๔ **วันที่** ๑๒ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐมน พันธุ์ชาตรี

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.วิโรฒฏ์ วัฒนานิมิตกูล	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด	กรรมการที่ปรึกษาร่วม
๓. รองศาสตราจารย์ ดร.สาธิต โกวิทวที	กรรมการที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวข้างต้น ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ที่สอดคล้องกับหัวข้อการทำวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคำแนะนำของท่านจะเกิดประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขในการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยของนักศึกษาให้มีคุณภาพและเหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ และบัณฑิตวิทยาลัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

รายชื่อหน่วยงานที่ขอความอนุเคราะห์

1. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

2. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

3. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

4. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

5. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

6. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

7. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

8. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

9. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
   คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

10. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
    มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

11. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
    มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

12. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

13. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

14. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

15. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

16. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

17. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

18. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

19. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์



ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/บท/ว๑๒๙

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
๑๐๖๑ อิสรภาพ ๑๕ แขวงหิรัญรูจี
เขตธนบุรี กรุงเทพฯ ๑๐๖๐๐

๒๕ เมษายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการเสนอดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมดุษฎีนิพนธ์ ในการดำเนินการวิจัยดังกล่าวมีความประสงค์จะขอเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ ๒ ที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป เพื่อประกอบการทำการวิจัยดุษฎีนิพนธ์ดังกล่าวข้างต้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดแจ้งผู้บริหาร คณาจารย์ และนักศึกษาในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้แก่นักศึกษาดังกล่าวด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.นัยนพัศ อินจวงจิรกิตต์)
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย โทรศัพท์ ๐๘๙-๑๑๙๕๙๓๑

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พฤกษ์ โปร่งสำโรง
   มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ พยัคฆิน
   มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

3. อาจารย์ ดร.วรานิษฐ์ ธนชัยวรพันธ์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรัณยา ฤกษ์ขำ
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศุภมัย พรหมแก้ว
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรายุทธ คาน
   มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกกาญจน์ กาญจนรัตน์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

8. อาจารย์ ดร.ธนิดา สุจริตธรรม
   มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



ที่ อว ๐๖๔๓.๑๔/ ๗๗๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
๑๐๖๑ อิสรภาพ ๑๕ แขวงหิรัญรูจี
เขตธนบุรี กรุงเทพฯ ๑๐๖๐๐

๔ มิถุนายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิให้ข้อคิดเห็นเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน ๑ ชุด
๒. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายสิรภพ เทพพิทักษ์ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมี ศาสตราจารย์ ดร.วิโรฒ วัฒนานิมิตกูล และรองศาสตราจารย์ ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด เป็นที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าว จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิให้ข้อคิดเห็นเพื่อนักศึกษาผู้วิจัยจะได้นำไปพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เพื่อประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป และบัณฑิตวิทยาลัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณกร สว่างเจริญ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐๘๙-๑๑๙๕๙๓๑

ภาคผนวก ข
เครื่องมือวิจัย

ระยะที่ 1

การศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ



แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์
เรื่อง
องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป
ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

****

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง “การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ” โดยแบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ขอความร่วมมือให้นักศึกษาตอบแบบสอบถามนี้ตามความเป็นจริง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏต่อไป ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้จะเก็บเป็นความลับไม่นำไปเปิดเผย และไม่มีผลต่อการเรียนของนักศึกษา

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง
นายสิรภพ เทพพิทักษ์
นักศึกษาปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

<u>ตอนที่ 1</u> แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดอ่านข้อความแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

1. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

2. กำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต ในสาขาวิชา

☐ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

☐ สาขาวิชาชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป

☐ สาขาวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป

☐ สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป

☐ สาขาวิชาอื่นๆ ระบุ.....

3. รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานตามหลักสูตรที่ได้เรียนผ่านแล้ว (ตอบได้มากกว่าหนึ่งรายการ)

☐ คณิตศาสตร์ 1 ☐ คณิตศาสตร์ 2

☐ ชีววิทยา 1 ☐ ชีววิทยา 2

☐ เคมี 1 ☐ เคมี 2

☐ ฟิสิกส์ 1 ☐ ฟิสิกส์ 2

☐ วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ ☐ ธรรมชาติและการสืบเสาะ

<u>ตอนที่ 2</u> แบบสอบถามเกี่ยวกับองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเด็นคำถามที่สะท้อนถึงองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นต่อการนำไปประยุกต์ในการเรียนและการประกอบอาชีพในอนาคต แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่แสดงถึงระดับความคิดเห็นตามทัศนคติของท่าน โดยมีระดับคะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับคะแนน 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับคะแนน 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับคะแนน 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับคะแนน 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	**ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์**					
	1.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความอยากรู้เห็นในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์					
	1.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความมุ่งมั่นพยายามในการหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
	1.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีกระตือรือร้นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ					
	1.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรรับรู้และตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รอบตัว เช่น การเกิดฝุ่นพิษ					
	1.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักในความสำคัญของหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์					
	1.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักถึงผลที่เกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ทั้งทางบวกและทางลบ					
	1.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ					

	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	1.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มใจ					
	1.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งที่มีเหตุมีผลของผู้อื่น					
2	**ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**					
	2.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีมุมมองที่ถูกต้องว่าปรากฏการณ์ใด ๆ ในโลกสามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้					
	2.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ					
	2.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงความก้าวหน้าและความเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน					
	2.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงลักษณะสำคัญและกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย					
	2.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่าในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้					
	2.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้อง แม่นยำและปราศจากความลำเอียง					
	2.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งแยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน					
	2.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเข้าใจการดำเนินงานของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน เช่น นักวิทยาศาสตร์จากหลายแขนงต้องทำงานร่วมกันเป็นเครือข่าย เพื่อการศึกษาปัญหาโลกร้อน ฯลฯ					
	2.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์					

รายการ		ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
3	**ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**					
	3.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์					
	3.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการออกแบบหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์ อาทิ การทดลอง การสำรวจ ฯลฯ					
	3.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานยืนยันข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์					
	3.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง					
	3.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการอ้างเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้					
	3.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล					
	3.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อประยุกต์ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์					
	3.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในตัดสินใจแก้ปัญหา					
	3.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์					
4	**ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท**					
	4.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทอย่างถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ					
	4.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความรอบรู้ด้านวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบริบท					
	4.3 ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ครบถ้วนเพียงพอมีความสำคัญต่อการศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
4.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ					
4.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ					
4.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของสังคมในบริบทที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี					
4.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการนำวิทยาศาสตร์ไปทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทรอบตัว					
4.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทที่สำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ					
4.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะในการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นเพื่อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม ตามองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ .....

.....

.....

.....

.....

2. ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

3. ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....

.....

.....

.....

.....

4. ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท.....

.....

.....

.....

.....

ระยะที่ 2

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

แบบบันทึกความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

คำชี้แจง

แบบบันทึกฉบับนี้ ใช้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิให้แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้น

ชื่อผู้ให้ข้อมูล.....

สังกัด.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

1. ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) บูรณาการสอดแทรกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นต่อการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติอื่น ๆ ควรมีแนวทางอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. บริบทเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. สิ่งที่ใช้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเพื่อให้เกิดการบูรณาการที่ครบถ้วนควรมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ควรทำในลักษณะใดบ้าง

9. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

คำชี้แจง ให้นักศึกษาอ่านทำความเข้าในประเด็นคำถามแล้วทำเครื่องหมายลงในช่องที่มีระดับคะแนนที่แสดงระดับของตามพฤติกรรมตามที่เป็นจริง หรือสอดคล้องกับความคิดเห็น/ความรู้สึกของตนเอง ดังนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย		
	เชิงพฤติกรรม	เชิงความคิดเห็น	ระดับความรู้สึก
5	เกิดขึ้นบ่อยมากที่สุด	เห็นด้วยมากที่สุด	มากที่สุด
4	เกิดขึ้นบ่อยมาก	เห็นด้วยมาก	มาก
3	เกิดขึ้นบ่อย	เห็นด้วยปานกลาง	ปานกลาง
2	เกิดขึ้นไม่บ่อยนัก	เห็นด้วยค่อนข้างน้อย	ค่อยข้างน้อย
1	เกิดขึ้นนาน ๆ ครั้ง	เห็นด้วยน้อย	น้อยมาก

รายการคำถาม	ระดับคะแนนที่ให้				
	5	4	3	2	1
1. ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา นักศึกษามีประสบการณ์หรือมีพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างไร					
1) ข้าพเจ้าติดตามสถานการณ์หรือข่าวสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทางสื่อต่าง ๆ อยู่เสมอ					
2) ข้าพเจ้าติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการทำงานของขององค์กรทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หรือนิเวศวิทยา ผ่านสื่อต่าง ๆ					
3) ข้าพเจ้าอ่านบทความในวารสารหรือเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหนังสือพิมพ์หรือสื่อออนไลน์อย่างสม่ำเสมอ					
4) ข้าพเจ้าสังเกตและตั้งคำถามเมื่อพบเห็นปรากฏการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ ที่สนใจเช่น อากาศร้อนผิดปกติ เพื่อหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ					
5) เมื่อเกิดคำถามที่สงสัยเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น ปัญหาฝุ่น pm 2.5 ฯลฯ ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าองค์ความรู้เพิ่มเติมผ่านทางแหล่งข้อมูลความรู้ต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ขององค์กรทางด้านสิ่งแวดล้อม ฯลฯ					
6) ข้าพเจ้าชอบเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลใหม่ ๆ เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อจำลองปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ฯลฯ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวิชาชีพในอนาคต					

รายการคำถาม	ระดับคะแนนที่ให้				
	5	4	3	2	1
7) ข้าพเจ้ามักนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ เช่น แก้ปัญหาในเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ฯลฯ					
8) ข้าพเจ้านำความรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ไปถ่ายทอดให้แก่ผู้อื่นอยู่เสมอ					
9) ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาเป็นแนวคิดหรือสิ่งใหม่ ๆ					
2. ในสถานการณ์ปัจจุบัน นักศึกษามีความคิดเห็นต่อสถานการณ์รอบตัวและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างไร					
1) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อสังคมในด้านต่าง ๆ ซึ่งอาจมีผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ					
2) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของบุคคล ชุมชน ประเทศ และโลก					
3) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ให้มีความสามารถในการประยุกต์วิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์					
4) การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติให้เกิดความถูกต้องเหมาะสม					
5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าเกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความละเอียดรอบคอบ มีเหตุมีผล					
6) ความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากคำอธิบายที่มีเหตุผลและมีหลักฐานข้อมูลสนับสนุนที่ถูกต้องเพียงพอ โดยไม่ลำเอียง					
7) ความสำเอียงของผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ได้หลักฐานที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความรู้ที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง					
8) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรมีความซื่อสัตย์ต่อหลักฐานข้อมูลที่ได้					
9) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรรับผิดชอบต่อหน้าที่และผลที่เกิดจากการปฏิบัติ					
3 นักศึกษามีความรู้สึกอย่างไรเมื่อเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ?					
1) เข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในหน่วยงานต่าง ๆ เป็นประจำด้วยความเต็มใจ					
2) รู้สึกพอใจเมื่อมีโอกาสได้เป็นอาสาสมัครให้บริการที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น วิทยากรอาสาสมัคร					

รายการคำถาม	ระดับคะแนนที่ให้				
	5	4	3	2	1
3) รู้สึกชอบเมื่อได้ทำงานหรือทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น จัดนิทรรศการ จัดค่ายอบรม ฯลฯ					
4) รู้สึกสนุกเมื่อได้มีโอกาสได้เรียนหรือสอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
5) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในหัวข้อต่าง ๆ					
6) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานหรือบุคลากรที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ					
7) รู้สึกชอบและสนุกเมื่อได้ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในประเด็นด้านวิทยาศาสตร์					
8) ข้าพเจ้าเปิดกว้างรับฟังข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่นเสมอ					
9) ข้าพเจ้ายอมรับการข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและหลักฐานอ้างอิงที่เพียงพอ ซึ่งทำให้มีมุมมองที่กว้างขึ้น					

แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

<u>คำชี้แจง</u>

1. ข้อสอบออกแบบเพื่อวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบริบท ดังนี้
    1) ทรัพยากรธรรมชาติ
    2) สิ่งแวดล้อม
    3) ปรากฏการณ์ธรรมชาติและภัยอันตราย
    4) ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    5) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
2. ข้อสอบที่ใช้ในแบบวัด ประกอบด้วยข้อสอบ 3 รูปแบบ ผสมผสานกันโดยใช้สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นบริบทให้พิจารณาเพื่อตอบคำถาม คือ
    1) เลือกตอบแบบปรนัย จำนวน 11 ข้อ (11 คะแนน)
    2) เลือกตอบแบบเชิงซ้อน จำนวน 6 ข้อ (10 คะแนน)
    3) ตอบอิสระ จำนวน 10 ข้อ (18 คะแนน)
3. นักศึกษามีเวลาในตอบคำถามให้ได้มากที่สุด ในเวลาประมาณ 60 นาที
4. คะแนนจากการตอบคำถามจะขึ้นอยู่กับความครบถ้วนและถี่ถ้วน ไม่ใช่เพียงคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว
5. คำตอบที่ตรงตามความจริงและเจตคติ จะช่วยให้ได้ข้อมูลไปพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาสำหรับภาคเรียนที่เหลือได้ดีขึ้น
6. งดการใช้โทรศัพท์มือถือและเครื่องคิดเลข

ชื่อ-สกุล..... รหัส.....

สถานการณ์ที่ 1 วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (คำภามข้อที่ 1-3)

ขณะที่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปคนหนึ่งเตรียมการสอนในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน เมื่อเทน้ำร้อนลงในแก้วเพื่อเตรียมการทดลอง พบว่าถ้าหากเทน้ำร้อนลงไปในแก้วเปล่าโดยตรง แก้วจะร้าวและแตก ในขณะที่เทน้ำร้อนลงในแก้วอีกใบหนึ่งซึ่งมีช้อนโลหะอยู่โดยเทน้ำร้อนผ่านช้อนโลหะลงในแก้ว พบว่าแก้วไม่แตก (คำถามข้อที่ 1-3)

ข้อที่ 1 ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีใด ?

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความเห็นลงในช่องตัวเลือกด้านขวา

ทฤษฎี	ใช่	ไม่ใช่
ก. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของของสสาร		
ข. การถ่ายโอนความร้อน		
ค. การเปลี่ยนสถานะของสสาร		

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน
ตอบถูก 1 ข้อ 0.5 คะแนน
ตอบถูกทุกข้อ 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	การประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับบุคคล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน
เฉลย	ก. ใช่, ข. ใช่, ค. ไม่ใช่

ข้อที่ 2 จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่ 1 จงยกตัวอย่างของสถานการณ์อื่น ๆ ที่จะพบเห็นปรากฏการณ์ได้ในลักษณะเดียวกัน พร้อมอธิบายเหตุผล?

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0 คะแนน
ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	1 คะแนน
ยกตัวอย่างและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	การประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับบุคคล
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ

ข้อที่ 3 จากปรากฏการณ์ดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ในลักษณะใดได้บ้าง จงยกตัวอย่าง พร้อมอธิบายเหตุผล?

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0 คะแนน
ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	1 คะแนน
ยกตัวอย่างและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับบุคคล/ท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ

สถานการณ์ที่ 2 ดินสอพอง (เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน) (คำถามข้อที่ 4-7)

ครูวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้เชิญภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับดินสอพอง มาเป็นวิทยากรถ่ายทอดความรู้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ โดยครูภูมิปัญญาอธิบายว่าดินสองพองทำมาจากหินปูนเนื้อดิน นิยมนำมาผสมน้ำให้ข้นหรือทำเป็นแป้งน้ำแล้วทาประทินผิวบริเวณใบหน้า รักษาสิว จากนั้นจึงให้นักเรียนนำดินสอพองที่บดแล้วใส่ลงในอุ้งมือและนำน้ำมะนาวมาผสมเล็กน้อยแล้วขยี้เพื่อผสมให้เข้ากัน เมื่อนักเรียนทดลองทำตาม นักเรียนสังเกตว่ารู้สึกมีความร้อนเกิดขึ้นที่ฝ่ามือ จึงสอบถามครูเพื่อให้ช่วยอธิบายให้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าว

ข้อที่ 4 จากข้อสงสัยของนักเรียน ครูวิทยาศาสตร์ควรจะอธิบายผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องว่าอย่างไร ?

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0 คะแนน
คำตอบถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	1 คะแนน
คำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	การประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจในบริบท
เนื้อหา	เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ
แนวคำตอบ	เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบคายความร้อนระหว่างหินปูนและกรด ความร้อนที่เกิดขึ้นถ่ายโอนไปที่มือทำให้รู้สึกร้อน

ข้อที่ 5 หากนำปรากฏการณ์ดังกล่าวไปออกแบบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนทดลองที่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ ควรทำอย่างไร?

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0 คะแนน
คำตอบถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	1 คะแนน
คำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ
แนวคำตอบ	ให้ผู้เรียนทดลองในห้องปฏิบัติการ

ข้อที่ 6 หากครูในพื้นที่อื่นนำกิจกรรมนี้ไปสอน แต่ไม่มีดินสอพอง ท่านคิดว่าสามารถใช้สิ่งใดแทนได้ ?

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความเห็นลงในช่องตัวเลือกด้านขวา

วัสดุ	ใช่	ไม่ใช่
ก. ปูนขาว		
ข. แป้งทาหน้า		
ค. ทรายละเอียด		

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0	คะแนน
ตอบถูก 1 ข้อ	0.5	คะแนน
ตอบถูกทุกข้อ	1	คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับบุคคล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน
เฉลย	ก. ใช่, ข. ไม่ใช่, ค. ไม่ใช่

ข้อที่ 7 กิจกรรมที่ออกแบบในข้อที่ 6 ควรให้นักเรียนสังเกตหรือวัดค่าอะไรบ้าง เพราะเหตุใด?

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม 0 คะแนน

คำตอบถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน 1 คะแนน

คำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง 2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ
แนวคำตอบ	ชั่งน้ำหนักสาร เพื่อนำไปคำนวณ วัดอุณหภูมิเพื่อเป็นหลักฐานข้อมูล

ข้อที่ 8 ในทัศนะของท่าน ข้อใดเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถทำความเข้าใจโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ?

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความเห็นลงในช่องตัวเลือกด้านขวา

ปรากฏการณ์	ได้	ไม่ได้
ก. การเกิดปรากฏการณ์บั้งไฟพญานาค		
ข. การชะลอของกระแสน้ำในมหาสมุทร		
ค. ภูมิปัญญาการเลือกไม้ในการสร้างเรือยาว		

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0.0 คะแนน
ตอบถูก 1 ข้อ	0.7 คะแนน
ตอบถูก 2 ข้อ	1.4 คะแนน
ตอบถูกทุกข้อ	2.0 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น-สากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน
เฉลย	ก. ไม่ได้, ข. ได้, ค. ได้

ข้อที่ 9 จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ ข้อ 8 ท่านคิดว่าสิ่งใดเป็นเงื่อนไขสำคัญที่เป็นข้อจำกัดทำให้วิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถหาคำตอบที่ชัดเจนได้?

ก. สังเกตและวัดได้ยาก ทำให้ไม่มีหลักฐานข้อมูลยืนยัน

ข. ขาดแหล่งเรียนรู้ ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้

ค. ขาดเครื่องมือในการสำรวจ ทำให้ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลให้ครบถ้วนได้

ง. ทัศนะของนักวิทยาศาสตร์ที่ไม่ยอมรับแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0 คะแนน
ตอบถูก	1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ก. ถูกต้อง

ข้อที่ 10 ในช่วงต้นปี 2566 ปรากฏการณ์หมอกควันที่มีค่าของฝุ่นขนาดเล็ก (PM2.5) สูงกว่าปีก่อน ๆ เป็นประวัติการณ์ ทำให้ทุกฝ่ายต่างต้องมาเสวนากันเพื่ออธิบายสาเหตุและหาแนวทางในการแก้ไขหรือป้องกัน ในการเสวนานั้น ท่านคิดว่าบุคคลใดอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้สมเหตุเหตุผลและนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ?

ก. เจ้าหน้าที่อุตุ กล่าวว่า ปัญหาฝุ่น PM2.5 เกิดจากอากาศเย็นเคลื่อนตัวเข้าปกคลุมพื้นที่ ทำให้ฝุ่นที่เกิดจากการกิจกรรมต่างๆ สะสมในพื้นที่ หากอากาศอุ่นขึ้นปัญหานี้ก็จะลดลง

ข. เจ้าหน้าที่เกษตร กล่าวว่า ฝุ่นเกิดจากไฟไหม้ป่าในบริเวณกว้าง ฝุ่นจึงปกคลุมพื้นที่ หากสามารถดับไฟป่าได้ก็จะช่วยลดฝุ่นได้

ค. เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม กล่าวว่าฝุ่น PM2.5 เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งครอบคลุมพื้นที่กว้าง ประกอบกับอากาศนิ่ง ไม่สามารถยกตัวและหมุนเวียนได้ ทำให้ฝุ่นสะสมในพื้นที่และเกิดปัญหา แนวทางที่ดีคือการป้องกันและควบคุมที่แหล่งกำเนิด

ง. เจ้าหน้าที่ปกครอง กล่าวว่าปัญหาฝุ่น PM2.5 เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและรถยนต์ที่ปล่อยควันพิษในช่วงฤดูหนาวในปริมาณมากทำให้เกิดการสะสมในพื้นที่ การแก้ต้องควบคุมไม่ให้โรงงานปล่อยควันเกิดค่ามาตรฐาน

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ตอบถูก 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	สิ่งแวดล้อม, ภัยพิบัติ
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ค. ถูกต้อง

ข้อที่ 11 ข้อความในข้อใดต่อไปนี้ เป็นการอธิบายโดยใช้หลักฐานในการอ้างเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมถูกต้อง ?

ก. ระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ยในอ่าวไทยที่วัดได้ในช่วง 25 ปี ที่ผ่านมา มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 5 มิลลิเมตรต่อปี ในขณะที่ค่าเฉลี่ยจากช่วงอดีต 2000-3000 ปีที่ผ่านมา มีค่าเพิ่มขึ้น 1-2 มิลลิเมตรต่อปี ข้อเท็จจริงเหล่านี้พิสูจน์ว่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลยังอยู่เกณฑ์ปกติเมื่อเทียบกับอดีต

ข. นักเรียนคนหนึ่ง ได้ทดลองใช้โคมไฟไล่ยุงจากตะไคร้หอม เป็นระยะเวลา 15 นาที และสังเกตพฤติกรรมยุง ทุก ๆ 5 นาที พบว่าที่ระยะเวลา 15 นาที ยุงเคลื่อนที่อยู่ห่างจากโคมไฟไล่ยุงมากที่สุด นักเรียนจึงสรุปว่าข้อเท็จจริงสนับสนุนว่าที่ระยะเวลา 15 นาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมมากที่สุดในนำโคมไฟไล่ยุงไปใช้

ค. ยุงในประเทศสิงคโปร์ถูกดัดแปลงพันธุกรรมทำให้ขาดยีนบางตัว ส่งให้ยุงเป็นหมันไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ ข้อเท็จจริงนี้บ่งชี้ว่ายีนนี้มีความจำเป็นต่อการสืบพันธุ์ของยุง ดังนั้นยุงที่ถูกดัดแปลงพันธุกรรมแล้ว จึงถูกนำไปปล่อยในธรรมชาติเพื่อใช้ควบคุมประชากรของยุงในธรรมชาติ

ง. ในช่วงฤดูหนาวของปี 2565 บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศไทย เกิดมลพิษจากฝุ่น PM 2.5 ที่มีค่าสูงสุดเป็นประวัติการณ์ ข้อเท็จจริงเหล่านี้บ่งชี้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกำลังเกิดขึ้นในพื้นที่ประเทศไทย

เกณฑ์ให้คะแนน

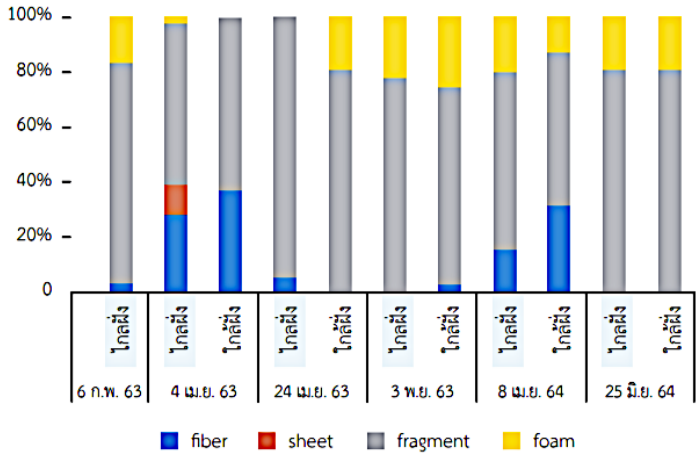
ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0 คะแนน
ตอบถูก	1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น-สากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ค. ถูกต้อง

สถานการณ์ที่ 3 ไมโครพลาสติก (ข้อที่ 12-13)

จากการติดตามสำรวจปริมาณการเปลี่ยนแปลงของไมโครพลาสติก ในพื้นที่บริเวณอ่าวป่าตอง จ. ภูเก็ต 2 บริเวณ คือ บริเวณไกลฝั่ง และบริเวณใกล้ฝั่ง พบว่าไมโครพลาสติกที่พบบริเวณอ่าวป่าตองใกล้ชายฝั่งมีแนวโน้มลดลงในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย โดยชนิดไมโครพลาสติกที่พบหลัก ๆ คือ polyethylene (PE) polypropylene (PP) polystyrene (PS) มีรูปแบบชิ้นส่วนเป็นแบบแตกหัก ซึ่งมีแหล่งที่มาจากขยะกลุ่มหีบห่อ วัสดุห่ออาหาร และของใช้ทั่วไป ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบลดลงอย่างเด่นชัดคือ Thermosetting plastic ซึ่งมีแหล่งกำเนิดจากสีน้ำมัน สีทาเรือ หรืออีพ็อกซี ที่มากับกิจกรรมทางน้ำและการใช้เรือ ในเบื้องต้นจึงพบว่าในช่วงการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา และมีการปิดแหล่งท่องเที่ยวมีผลทำให้จำนวนและความหลากหลายของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศทางทะเลลดลง โดยมีข้อมูลแสดงดังตาราง

วันที่	ปริมาณที่พบ (ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร)		เงื่อนไข
	ไกลฝั่ง	ใกล้ฝั่ง	
6 ก.พ. 63	0.86±0.16	มีกิจกรรมทางน้ำจำนวนมาก ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้	นักท่องเที่ยวมีจำนวนมาก
14 เม.ย. 63	0.67±0.28	0.55±0.18	นักท่องเที่ยวมีจำนวนน้อย
24 มิ.ย. 63	0.29±0.29	0.88±0.20	นักท่องเที่ยวมีจำนวนน้อย
2 เม.ย. 64	0.27±0.03	0.85±0.42	นักท่องเที่ยวมีจำนวนน้อย
4 เม.ย. 64	1.47±0.30	0.87±0.20	นักท่องเที่ยวมีจำนวนมาก
25 มิ.ย. 64	0.50±0.13	0.81±0.12	นักท่องเที่ยวมีจำนวนน้อย



กราฟแสดงสัดส่วนปริมาณของรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบ

(fiber = เส้นใย (11%), sheet = แผ่น (1%), fragment = ชิ้นส่วนแตกหัก (73%), foam = ชิ้นส่วนโฟมที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม (15%)

ข้อที่ 12 จากข้อมูลในบทความ ข้อใดเป็นการสรุปไม่ถูกต้อง ?

ก. พบปริมาณไมโครพลาสติกบริเวณใกล้ชายฝั่งมีน้อยกว่าบริเวณไกลฝั่ง

ข. ในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากจะพบปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าช่วงเวลาปกติ

ค. ข้อมูลชนิดของไมโครพลาสติกที่พบ บ่งชี้ว่ามาจากกิจกรรมจากการท่องเที่ยว

ง. ไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่แตกหักมาจากขยะพลาสติก

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0 คะแนน
ตอบถูก	1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	มีความสามารถประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์และหลักฐานจากการสืบเสาะในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุมีผล
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน, ภัยพิบัติ
บริบท	ระดับท้องถิ่น-สากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ก. ถูกต้อง

ข้อที่ 13 จากข้อสรุปที่ได้ จงเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุผลตามทัศนะของท่าน

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0 คะแนน
คำตอบถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	1 คะแนน
คำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล
เนื้อหา	สิ่งแวดล้อม
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ
แนวคำตอบ	กิจกรรมของมนุษย์ทำให้เกิดขยะพลาสติกชนิดต่างๆ เมื่อทิ้งลงในทะเลก็เกิดสลายตัวและแพร่กระจายสู่ทะเล

ข้อที่ 14 จากข้อมูล หากต้องการเปรียบเทียบว่าน้ำทะเลในพื้นที่ไกลฝั่งและใกล้ฝั่ง มีปริมาณไมโครพลาสติกแตกต่างกันอย่างไร ควรสร้างกราฟในลักษณะใด? เพื่อใช้ประกอบการอธิบาย

ก. นำข้อมูลดิบมาสร้างเป็นกราฟเส้นระหว่างปริมาณไมโครพลาสติกและเวลา

ข. นำค่าเฉลี่ยมาสร้างเป็นกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณไมโครพลาสติกและพื้นที่

ค. นำค่าเฉลี่ยมาสร้างกราฟวงกลมเพื่อแสดงปริมาณไมโครพลาสติกของพื้นที่ทั้งสองเพื่อเปรียบเทียบเชิงสัดส่วน

ง. นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและหาค่าสหสัมพันธ์

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ตอบถูก 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
เนื้อหา	สิ่งแวดล้อม
บริบท	ระดับบุคคล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ข. ถูกต้อง

สถานการณ์ที่ 4 กำแพงไม้ไผ่ (ข้อที่ 15-18)

กว่า 20 ปี คนชุมชนริมคลองบางบ่อ ตำบลบางแก้ว อำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรสงคราม ประสบปัญหาแผ่นดินถูกกัดเซาะจากน้ำทะเล บ้านเรือนหลายสิบหลังต้องถอนเสาเรือนและย้ายครอบครัวหนี ในฐานะผู้นำชุมชน ผู้ใหญ่แดงจึงเป็นแกนนำในการจัดตั้งกลุ่มอนุรักษ์พัฒนาป่าชายเลน เขาพาลูกบ้านฟื้นฟูนากุ้งร้างและที่ดินสาธารณะประโยชน์กว่า 200 ไร่ โดยการโน้มน้าวให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมปลูกป่าและพัฒนา จนกลายสภาพมาเป็นป่าชายเลนที่สมบูรณ์ เขาสร้างกำแพงไม้ไผ่เพื่อให้กำเนิดป่าชายเลนระยะทางกว่า 9 กิโลเมตร ช่วยชะลอคลื่นลมและลดแรงปะทะกัดเซาะชายฝั่งที่ผู้ใหญ่แดงไปเรียนรู้จากที่อื่นๆ และนำมาทดลองทำในชุมชนของตัวเอง ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นคือ ดินเลนค่อย ๆ สะสมหลังแนวไม้ไผ่ เขาจึงลงมือปลูกป่าชายเลนอย่างเป็นระบบ โดยให้ต้นแสมเป็นด่านหน้า และให้โกงกางเป็นด่านในความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศที่กลับคืนมา ทำให้สัตว์น้ำที่เคยหายไป อย่างหอยปากเป็ดหรือหอยราก ไปจนถึงตัวนากและเสือปลากลับมาอาศัยในพื้นที่ สร้างรายได้ให้ประมงพื้นบ้านเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัว

ข้อที่ 15 ข้อใดเป็นทฤษฎีที่อธิบายแนวคิดในบทความให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ?

ก. กำแพงไม้ไผ่ช่วยชะลอคลื่นลม ทำให้ระบบนิเวศฟื้นกลับคืนมา

ข. กำแพงไม้ไผ่ช่วยลดแรงปะทะของคลื่น จึงช่วยลดการกัดเซาะชายฝั่ง

ค. กำแพงไม้ไผ่ช่วยฟื้นฟูสภาพนิเวศป่าชายเลน

ง. กำแพงไม้ไผ่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกิดจากปัญหาในท้องถิ่นและสามารถใช้แก้ปัญหาได้

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ตอบถูก 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานเชิงประจักษ์ในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุมีผล
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ข. ถูกต้อง

ข้อที่ 16 ข้อใดเป็นหลักฐานที่ใช้ยืนยันเหตุผลตามทฤษฎีในข้อที่ 15

ก. ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ

ข. ประชากรของพืชและสัตว์ที่เพิ่มขึ้น

ค. ดินเลนค่อยๆ สะสมหลังแนวไม้ไผ่

ง. รายได้ให้ประมงพื้นบ้านเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัว

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0 คะแนน
ตอบถูก	1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ค. ถูกต้อง

ข้อที่ 17 หากต้องการให้แนวคิดดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ควรตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์และสมมติฐานเพื่อใช้ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร? จงยกตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์คำถาม	0 คะแนน
กำหนดคำถามและสมมติฐานได้ถูกต้อง แต่ยังขาดเหตุผลหรือไม่ชัดเจน	1 คะแนน
กำหนดคำถามและสมมติฐานได้ถูกต้อง และมีเหตุผลชัดเจน	2 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	สิ่งแวดล้อม
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ
แนวคำตอบ	ระยะห่างระหว่างไม้ไผ่มีประสิทธิภาพในการแรงกระแทกของน้ำและการสะสมของตะกอนดินอย่างไร

ข้อที่ 18 จากคำถามและสมมติฐานที่กำหนดไว้ในข้อ 17 จงระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์คำถาม	0	คะแนน
กำหนดตัวแปรได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน หรือไม่ชัดเจน	0.5	คะแนน
กำหนดตัวแปรได้ถูกต้อง ครบถ้วน และมีเหตุผลชัดเจน	1	คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	สิ่งแวดล้อม
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เขียนตอบอิสระ
แนวคำตอบ	ตัวแปรต้น ได้แก่ ระยะห่างระหว่างไม้ไผ่ ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณตะกอน ฯลฯ

สถานการณ์ที่ 5 การผลิตเชื้อเพลิงทดแทนก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (ข้อที่ 19-22)

น้ำมันทดแทนจากข้าวโพดซึ่งเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงทดแทนที่มักถูกนำไปผสมกับน้ำมันรถยนต์ในสหรัฐอเมริกาเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดจากพืช สนับสนุนเกษตรกร และลดต้นทุนการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ ซึ่งได้รับการสนับสนุนอย่างเป็นทางการจากรัฐบาลสหรัฐ เมื่อปี ค.ศ. 2005 แต่ผลงานวิจัยล่าสุด ซึ่งสนับสนุนโดยสหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (National Wildlife Federation) และกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ (U.S. Department of Energy) ได้เปิดเผยว่า น้ำมันทดแทนจากข้าวโพดและพืชชนิดอื่น ๆ ในสหรัฐอเมริกานั้น ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกมากกว่าน้ำมันปกติ โดยคิดเป็นปริมาณที่สูงกว่าถึง 24% เนื่องจากนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนจากพืชนั้นได้ส่งผลให้เกษตรกรกว้านซื้อพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกข้าวโพด ราว 28,000 ตารางกิโลเมตร ระหว่างปี ค.ศ. 2008-2016 มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน การเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยเครื่องจักร และกระบวนการแปรรูปข้าวโพดไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทน ก็ยังเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเพิ่มเติมอีกด้วย

ในขณะที่ผลงานวิจัยจากทางฝั่งกระทรวงเกษตรสหรัฐฯ เมื่อหลายปีก่อนกลับชี้ให้เห็นว่าน้ำมันทดแทนจากพืช เป็นพลังงานสะอาดรูปแบบหนึ่ง ซึ่งได้นำไปสู่การส่งเสริมการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากพืช ในแผนนโยบายลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของสหรัฐฯ ภายในปี 2050 Geoff Cooper ประธานและผู้บริหารของสมาคมเชื้อเพลิงทดแทน (Renewable Fuels Association) ยังได้โต้แย้งงานวิจัยชิ้นใหม่ที่เป็นปรปักษ์กับน้ำมันทดแทนจากพืชว่า "ไม่มีมูลความจริง" เป็นการใช้ข้อมูลที่ผิดพลาด อีกทั้งยังมีการตั้งสมมติฐานด้วยกรณีที่เลวร้ายที่สุด และคัดเลือกข้อมูลที่ตนต้องการแต่เพียงอย่างเดียว ไม่ว่างานวิจัยฝ่ายไหนจะผิดพลาดหรือถูกต้องก็ตาม สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (The U.S. Environmental Protection Agency) ก็กำลังพิจารณาถอดถอนน้ำมันทดแทนจากพืชออกจากแผนส่งเสริมด้านสิ่งแวดล้อมภายในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2023 ที่กำลังจะถึงนี้

ข้อที่ 19 จากข้อความที่ปรากฏในบทความท่านคิดว่าข้อใดน่าจะเป็นเหตุผลสำคัญในการโต้แย้งของ Geoff Cooper ต่องานวิจัยใหม่?

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความเห็นลงในช่องตัวเลือกด้านขวา

เหตุผล	ใช่	ไม่ใช่
ก. ต้องการให้ดำเนินตามนโยบายเดิม		
ข. ต้องการให้สังคมมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจ		
ค. ต้องการชี้ให้เห็นว่างานวิจัยที่อ้างยังมีข้อบกพร่อง		

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0.0 คะแนน
ตอบถูก 1 ข้อ	0.7 คะแนน
ตอบถูก 2 ข้อ	1.4 คะแนน
ตอบถูกทุกข้อ	2.0 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ได้แหมาะสมตามบริบท
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน
เฉลย	ก. ไม่ใช่, ข. ใช่, ค. ใช่

ข้อที่ 20 ในการสืบค้นเพื่อหาข้อพิสูจน์ว่าแนวคิดของผู้โต้แย้งฝ่ายใดถูกต้องน่าเชื่อถือ ควรทำอย่างไร?

ก. ควรศึกษาเอกสารต้นฉบับว่ามีข้อมูลแสดงชัดเจนหรือไม่

ข. ควรสืบค้นว่าเอกสารนี้เขียนโดยนักวิชาการที่มีชื่อเสียงหรือไม่

ค. ควรสืบค้นว่าแหล่งตีพิมพ์เอกสารมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

ง. ควรศึกษาว่าวิธีการที่ใช้ถูกต้องและยอมรับโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลางหรือไม่

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง	0 คะแนน
ตอบถูก	1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกิจการทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ง. ถูกต้อง

ข้อที่ 21 หากแนวคิดของงานวิจัยที่ค้นพบใหม่เป็นจริง ท่านคิดว่าบทความดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในข้อใดได้ชัดเจนที่สุด?

ก. ปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลกสามารถหาคำตอบได้โดยวิทยาศาสตร์

ข. การพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

ค. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

ง. การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลากหลายวิธี

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ตอบถูก 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ค. ถูกต้อง

ข้อที่ 22 ท่านคิดว่าเพราะเหตุใด? สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกาจึงพิจารณาถอดถอนน้ำมันทดแทนจากพืชออกจากแผนส่งเสริมด้านสิ่งแวดล้อม แม้ว่าข้อโต้แย้งดังกล่าวยังไม่มีข้อยุติ

ก. เชื่อมั่นในข้อมูลของผู้เสนอแนวคิดใหม่ว่าเป็นจริง

ข. ป้องกันผลเสียที่อาจเกิดจากการดำเนินงานตามนโยบาย

ค. ต้องการให้มีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาข้อยุติ

ง. ต้องเปิดโอกาสให้สังคมมีส่วนร่วมในการตัดสินใจก่อนจึงทบทวนนโยบายใหม่

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ตอบถูก 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	ตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เหมาะสมตามบริบท
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ข. ถูกต้อง

ข้อที่ 23 ข้อใดอาจเป็นสาเหตุให้งานวิจัยถูกโต้แย้งว่ามีสมมติฐานด้วยกรณีที่เลวร้าย และคัดเลือกข้อมูลที่ตนต้องการแต่เพียงอย่างเดียว ?

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความเห็นลงในช่องตัวเลือกด้านขวา

สาเหตุ	ใช่	ไม่ใช่
ก. นักวิจัยมีวิธีการวิจัยไม่ถูกต้อง		
ข. นักวิจัยทำงานโดยยึดบทบาทและมุมมองแบบนักอนุรักษ์มากเกินไป		
ค. นักวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ		

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0.0 คะแนน
ตอบถูก 1 ข้อ 0.7 คะแนน
ตอบถูก 2 ข้อ 1.4 คะแนน
ตอบถูกทุกข้อ 2.0 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน
เฉลย	ก. ใช่, ข. ใช่, ค. ไม่ใช่

ข้อที่ 24 จากคำกล่าวที่ว่า “การพัฒนาวัคซีน COVID-19 เกิดขึ้นในระยะเวลารวดเร็ว เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยี messenger RNA (mRNA) ซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างวัคซีนได้โดยไม่ต้องสร้างไวรัสจำนวนมากในห้องปฏิบัติการ เทคโนโลยีนี้คาดว่าจะมีผลกระทบอย่างมากต่อการพัฒนาวัคซีนในอนาคต” ข้อใดเป็นข้อสรุปที่สะท้อนให้เห็นความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามข้อความดังกล่าว ?

ก. ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีมีบทบาทต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่รวดเร็วขึ้น

ข. เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต

ค. การพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์มีบทบาทต่อการพัฒนาเทคโนโลยี

ง. ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ขึ้นกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยี

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ตอบถูก 1 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	การตอบสนองต่อความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เหมาะสมตามบริบท
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบ
เฉลย	ก. ถูกต้อง

ข้อที่ 25 ตามทัศนะของท่าน การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างไรต่อเด็กและเยาวชนของประเทศ?

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0	คะแนน
คำตอบถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	0.5	คะแนน
คำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	1	คะแนน

องค์ประกอบหลัก	การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น/สากล
รูปแบบของข้อสอบ	ตอบอิสระ
เฉลย	พัฒนาทักษะและสมรรถนะ นำไปใช้ทำความเข้าใจโลก ปรับใช้ในการดำรงชีวิต ฯลฯ

ข้อที่ 26 ตามทัศนะของท่าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศอย่างไร?

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	0	คะแนน
คำตอบถูกต้อง แต่ไม่อธิบายเหตุผลหรืออธิบายไม่ชัดเจน	0.5	คะแนน
คำตอบถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	1	คะแนน

องค์ประกอบหลัก	ความเข้าใจสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
องค์ประกอบย่อย	มีความเข้าใจสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ในบริบทชีวิตประจำวันของมนุษย์
เนื้อหา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับสากล
รูปแบบของข้อสอบ	ตอบอิสระ
เฉลย	วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการปรับใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสม ฯลฯ

สถานการณ์ที่ 6 การผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล

โดยทั่วไปน้ำประปาจะเลือกผลิตมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากมีต้นทุนที่ถูกและใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แต่สำหรับในบางพื้นที่ที่สภาพภูมิประเทศไม่มีแหล่งน้ำตามธรรมชาติ แต่มีผู้คนอาศัยอยู่มาก เช่น พื้นที่ที่มีสภาพเป็นเกาะ ซึ่งขาดแคลนแหล่งน้ำจืดสำหรับอุปโภคและบริโภค ทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ ทางเลือกหนึ่งคือการใช้เทคโนโลยีการผลิตน้ำประปา จากน้ำทะเลผ่านระบบรีเวอร์ส ออสโมซีส (Reverse Osmosis: RO) ที่ใช้แรงดันสูงดันน้ำทะเลผ่านเยื่อกรองที่มีรูขนาดเล็ก เพื่อกรองแร่ธาตุ เกลือ และสารตกตะกอนต่าง ๆ ออกจากน้ำทะเล ทำให้น้ำจืดออกมาและพร้อมป้อนเข้าสู่ระบบจ่ายน้ำประปา ส่วนน้ำทะเลที่เหลืออีกร้อยละ 60 ซึ่งเป็นน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง หรือเป็นน้ำเค็มจัด (Brine) จะถูกปล่อยทิ้งลงสู่ทะเล และอาจทำให้คุณภาพของน้ำทะเลเกิดการเปลี่ยนแปลง และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในทะเล หากปราศจากการจัดการที่ได้มาตรฐาน

ข้อที่ 27 จากบทความการผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล สะท้อนให้เห็นบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างไร

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุให้ตรงกับความเห็นลงในช่องตัวเลือกด้านขวา

สาเหตุ	ใช่	ไม่ใช่
ก. ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ให้มีความพร้อมต่อการดำเนินชีวิตในสถานการณ์ปัจจุบัน		
ข. ลดปัญหาคุณภาพของน้ำทะเล		
ค. ช่วยให้มีทรัพยากรใช้อย่างเพียงพอ		

เกณฑ์ให้คะแนน

ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกต้อง 0.0 คะแนน
ตอบถูก 1 ข้อ 0.3 คะแนน
ตอบถูก 2 ข้อ 0.7 คะแนน
ตอบถูกทุกข้อ 1.0 คะแนน

องค์ประกอบหลัก	การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท
องค์ประกอบย่อย	ความเข้าใจบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมมนุษย์ตามบริบทที่เกี่ยวข้อง
เนื้อหา	ทรัพยากร, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน
บริบท	ระดับท้องถิ่น
รูปแบบของข้อสอบ	เลือกตอบเชิงซ้อน
เฉลย	ก. ใช่, ข. ไม่ใช่, ค. ใช่

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษา

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมายหน้าช่องที่ตรงกับข้อมูลตัวตัวของท่านมากที่สุด

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. ระดับชั้นปี ☐ ชั้นปีที่ 1 ☐ ชั้นปีที่ 2 ☐ ชั้นปีที่ 3

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับความคิดเห็น 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับความคิดเห็น 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับความคิดเห็น 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับความคิดเห็น 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา					
1.1 สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทที่นักศึกษามีความสนใจ					
1.2 สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทได้ถูกต้องและครบถ้วน					
1.3 การเรียงลำดับเนื้อหามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบท					
1.4 การบูรณาการสาระสำคัญของรายวิชาร่วมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีลักษณะชัดเจนและเข้าใจง่าย					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2 **ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน**					
2.1 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์					
2.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง					
2.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์ร่วมกับการศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง					
2.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมาย และวางแผนการเรียนรู้ด้วยตัวเอง					
2.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง					
2.6 ส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วม					
2.7 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์					
2.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงสร้างสรรค์					
2.9 กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเชิงบูรณาการ					
2.10 ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล					
2.11 ให้การชี้แนะผู้เรียนเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีที่หลากหลาย					
2.12 กระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ					
2.13 กระตุ้นผู้เรียนให้ตระหนักต่อบทบาทวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในบริบทรอบตัวอยู่เสมอ					
2.14 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและบริบทที่เกี่ยวข้อง					
2.15 กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเวลา					
3. **ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้**					
3.1 ใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
3.2 สนับสนุนอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเรียนรู้ เช่น อุปกรณ์ทดลอง ให้แก่ผู้เรียน					
3.3 แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมและเข้าถึงได้ง่าย					
3.4 สนับสนุนผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าที่น่าเชื่อถือ เช่น ฐานข้อมูลออนไลน์ ฯลฯ					
4. **การวัดและประเมินผล**					
4.1 มีการวัดและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน					
4.2 วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย					
4.3 การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ					
4.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล					
4.5 มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ด้านเนื้อหา

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้

ด้านการวัดและประเมินผล

ภาคผนวก ค
การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ระยะที่ 1
การศึกษาองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตารางผนวกที่ ค.1 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความคิดเห็น เรื่อง องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
1. **ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์**						
1.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความอยากรู้เห็นในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
1.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความมุ่งมั่นพยายามในการหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
1.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีกระตือรือร้นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ	1	1	1	1	1	1.0
1.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รอบตัว เช่น การเกิดฝุ่นพิษ	1	1	1	1	1	1.0
1.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักในความสำคัญของหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
1.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์โดยยึดหลักคุณธรรมจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
1.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ	1	1	1	1	1	1.0
1.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มใจ	1	1	1	1	1	1.0
1.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งที่มีเหตุมีผลของผู้อื่น	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
2. ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์						
2.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีมุมมองที่ถูกต้องว่าปรากฏการณ์ใด ๆ ในโลกสามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้	1	1	1	1	1	1.0
2.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าใจข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย	1	1	1	1	1	1.0
2.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงความก้าวหน้าและความเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน	0	1	1	1	1	0.8
2.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงลักษณะสำคัญและกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	0	1	1	1	1	0.8
2.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่าในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้	1	1	1	1	1	1.0
2.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้อง แม่นยำ และปราศจากความลำเอียง	0	1	1	1	1	0.8
2.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งมีการทำงานเชื่อมโยงกันของวิทยาศาสตร์หลายแขนง	1	1	0	1	1	0.8
2.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเข้าใจการดำเนินงานของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน เช่น นักวิทยาศาสตร์จากหลายแขนงต้องทำงานร่วมกันเป็นเครือข่าย เพื่อการศึกษาปัญหาโลกร้อน ฯลฯ	1	1	1	1	1	1.0
2.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
3. ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
3.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
3.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการออกแบบหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์ อาทิ การทดลอง การสำรวจ ฯลฯ	1	1	1	1	1	1.0
3.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานยืนยันข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
3.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	1	1	1	1	1	1.0
3.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการอ้างเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้	1	1	1	1	1	1.0
3.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ เช่น การเกิดฝุ่น pm2.5 ฯลฯ ได้อย่างสมเหตุสมผล	1	1	1	1	1	1.0
3.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อใช้ประยุกต์ในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
3.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
3.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.1 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
4. ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบริบท						
4.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องผอง แม่นยำและน่าเชื่อถือ	1	0	1	1	1	4.0
4.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความรอบรู้ด้านวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบริบท	1	1	1	1	1	1.0
4.3 ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ครบถ้วนเพียงพอมีความสำคัญต่อการศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป	1	1	1	1	1	1.0
4.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ	1	1	1	1	1	1.0
4.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ	1	1	1	1	1	1.0
4.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของสังคมในบริบทที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	1	1	1	1	1	1.0
4.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการนำวิทยาศาสตร์ไปทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทรอบตัว	1	1	1	1	1	1.0
4.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทที่สำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ	1	1	1	1	1	1.0
4.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป เรื่อง องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
1. ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์		**0.87**
1.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความอยากรู้เห็นในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์	0.76	
1.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความมุ่งมั่นพยายามในการหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.50	
1.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีกระตือรือร้นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ	0.69	
1.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รอบตัว เช่น การเกิดฝุ่นพิษ	0.64	
1.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรตระหนักในความสำคัญของหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	0.58	
1.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์โดยยึดหลักคุณธรรมจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	0.47	
1.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ	0.56	
1.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มใจ	0.74	
1.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งที่มีเหตุมีผลของผู้อื่น	0.77	

ตารางผนวกที่ ค.2 (ต่อ)

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
2. ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์		**0.88**
2.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีมุมมองที่ถูกต้องว่าปรากฏการณ์ใด ๆ ในโลกสามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้	0.75	
2.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าใจข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย	0.59	
2.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงความก้าวหน้าและความเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน	0.72	
2.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงลักษณะสำคัญและกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	0.80	
2.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่าในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้	0.38	
2.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้อง แม่นยำ และปราศจากความลำเอียง	0.38	
2.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งแยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน	0.58	
2.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเข้าใจการดำเนินงานของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน เช่น นักวิทยาศาสตร์จากหลายแขนงต้องทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายเพื่อการศึกษาปัญหาโลกร้อน ฯลฯ	0.62	
2.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	0.60	

ตารางผนวกที่ ค.2 (ต่อ)

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
3. ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		**0.90**
3.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	0.87	
3.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการออกแบบหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์ อาทิ การทดลอง การสำรวจ ฯลฯ	0.70	
3.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานยืนยันข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์	0.61	
3.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	0.31	
3.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการอ้างเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้	0.73	
3.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล	0.75	
3.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อใช้ประยุกต์ในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์	0.80	
3.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์	0.72	
3.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์	0.57	

ตารางผนวกที่ ค.2 (ต่อ)

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
4. ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบริบท		**0.86**
4.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แม่นยำและน่าเชื่อถือ	0.77	
4.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความรอบรู้ด้านวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบริบท	0.71	
4.3 ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ครบถ้วนเพียงพอมีความสำคัญต่อการศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป	0.51	
4.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ	0.71	
4.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ	0.78	
4.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของสังคมในบริบทที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	0.30	
4.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการนำวิทยาศาสตร์ไปทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทรอบตัว	0.40	
4.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทที่สำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ	0.72	
4.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน	0.95	
ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ		**0.96**

ระยะที่ 2

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตารางผนวกที่ ค.3 ผลประเมินความเหมาะสมของแนวคำถามสำหรับสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการคำถาม	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.
	1	2	3	4	5		
1. ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีลักษณะเป็นอย่างไร	4	3	4	4	5	4.00	0.63
2. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) บูรณาการสอดแทรกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นต่อการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปอย่างไร	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติอื่น ๆ ควรมีแนวทางอย่างไร	3	5	5	5	5	4.60	0.80
4. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีลักษณะอย่างไร	5	5	5	5	5	5.00	0.00
5. บริบทเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	5	5	5	5	5	5.00	0.00
6. กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร	5	3	3	5	5	4.20	0.98
7. สิ่งที่ใช้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเพื่อให้เกิดการบูรณาการที่ครบถ้วนควรมีอะไรบ้าง	5	5	4	5	4	4.60	0.49
8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ควรทำในลักษณะใดบ้าง	5	4	5	5	5	4.60	0.49
9. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ	5	5	4	4	5	4.60	0.49

ตารางผนวกที่ ค.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ (แผนที่ 1 การสืบค้นและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
1. การกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน						**4.90**	**0.30**
1) กำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนได้ครอบคลุมครบถ้วน และสอดคล้องกับรูปแบบ	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีลำดับขั้นตอนที่หมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3) องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน	4	5	5	5	5	4.80	0.40
4) เรียบเรียงรายละเอียดขั้นตอนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายมีความเหมาะสม เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2. องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน						**4.66**	**0.51**
2.1 สาระสำคัญ						**5.00**	**0.00**
1) สาระสำคัญมีขอบเขตเนื้อหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2) สาระสำคัญมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับขั้นตอนวิธีการในการพัฒนาผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2.2 จุดประสงค์						**4.73**	**0.44**
1) มีจุดประสงค์ที่ความสอดคล้องสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) แสดงเจตนาหรือสิ่งที่มุ่งหวังในการพัฒนาผู้เรียนที่ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
3) สามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลและวัดได้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2.3 ด้านเนื้อหา						4.60	0.49
1) เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.49
2) เนื้อหามีความถูกต้อง เข้าใจง่าย ครบถ้วน ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
3) การเรียงลำดับเนื้อหามีความชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
4) เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้	4	4	5	5	5	4.60	0.49

ตารางผนวกที่ ค.4 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
2.4 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน						**4.91**	**0.28**
1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ที่เกิดในบริบทที่สอดคล้องกับวิชาชีพ	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการทบทวนวิเคราะห์ความรู้เดิม ศึกษาค้นคว้า สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3) บูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดแจ้งและครบถ้วนเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.40
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์-สังเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ฯลฯ	5	5	5	5	5	5.00	0.00
5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00
6) จัดให้มีชี้แนะและสนับสนุนตามความต้องการของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00
7) ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่เกี่ยวข้องได้อย่างสอดคล้อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40
2.5 ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						**4.73**	**0.44**
1) การใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
3) มีระบบสนับสนุนและชี้แนะโดยใช้สื่อที่หลากหลาย	4	5	5	5	4	4.60	0.49
2.6 การวัดและประเมินผล						**4.12**	**0.52**
1) การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน เหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์	3	5	4	4	5	4.20	0.75
2) วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	4	5	4	4	4	4.20	0.40
3) การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ	4	5	4	4	4	4.20	0.40
4) มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	3	4	4	4	4	3.80	0.40
5) ใช้เครื่องมือวัดในการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม	4	5	4	4	4	4.20	0.40
เฉลี่ยทุกรายการ						4.69	0.49

ตารางผนวกที่ ค.5 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ (แผนที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
1. การกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน						**4.90**	**0.30**
1) กำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนได้ครอบคลุมครบถ้วน และสอดคล้องกับรูปแบบ	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3) องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน	4	5	5	5	5	4.80	0.40
4) เรียบเรียงรายละเอียดขั้นตอนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายมีความเหมาะสม เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2. องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน							0.00
2.1 สาระสำคัญ						5.00	0.00
1) สาระสำคัญมีขอบเขตเนื้อหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2) สาระสำคัญมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับขั้นตอนวิธีการในการพัฒนาผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2.2 จุดประสงค์						**4.73**	**0.44**
1) มีจุดประสงค์ที่ความสอดคล้องสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) แสดงเจตนาหรือสิ่งที่มุ่งหวังในการพัฒนาผู้เรียนที่ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
3) สามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลและวัดได้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2.3 ด้านเนื้อหา						**4.60**	**0.49**
1) เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.49
2) เนื้อหามีความถูกต้อง เข้าใจง่าย ครบถ้วน ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
3) การเรียงลำดับเนื้อหามีความชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
4) เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้	4	4	5	5	5	4.60	0.49

ตารางผนวกที่ ค.5 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
2.4 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน						**4.91**	**0.28**
1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ที่เกิดในบริบทที่สอดคล้องกับวิชาชีพ	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการทบทวนวิเคราะห์ความรู้เดิม ศึกษาค้นคว้า สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3) บูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดแจ้งและครบถ้วนเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.40
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์-สังเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ฯลฯ	5	5	5	5	5	5.00	0.00
5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00
6) จัดให้มีชี้แนะและสนับสนุนตามความต้องการของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00
7) ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่เกี่ยวข้องได้อย่างสอดคล้อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40
2.5 ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						**4.73**	**0.44**
1) การใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
3) มีระบบสนับสนุนและชี้แนะโดยใช้สื่อที่หลากหลาย	4	5	5	5	4	4.60	0.49
2.6 การวัดและประเมินผล						**4.12**	**0.52**
1) การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน เหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์	3	5	4	4	5	4.20	0.75
2) วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	4	5	4	4	4	4.20	0.40
3) การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ	4	5	4	4	4	4.20	0.40
4) มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	3	4	4	4	4	3.80	0.40
5) ใช้เครื่องมือวัดในการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม	4	5	4	4	4	4.20	0.40
เฉลี่ยทุกรายการ						**4.69**	**0.51**

ตารางผนวกที่ ค.6 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ (แผนที่ 3 การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
1. การกำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน						4.90	0.30
1) กำหนดองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนได้ครอบคลุมครบถ้วน และสอดคล้องกับรูปแบบ	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีลำดับขั้นตอนที่หมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3) องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน	4	5	5	5	5	4.80	0.40
4) เรียบเรียงรายละเอียดขั้นตอนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายมีความเหมาะสม เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2. องค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน							
2.1 สาระสำคัญ						5.00	0.00
1) สาระสำคัญมีขอบเขตเนื้อหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2) สาระสำคัญมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับขั้นตอนวิธีการในการพัฒนาผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2.2 จุดประสงค์						4.73	0.44
1) มีจุดประสงค์ที่ความสอดคล้องสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) แสดงเจตนาหรือสิ่งที่มุ่งหวังในการพัฒนาผู้เรียนที่ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
3) สามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลและวัดได้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2.3 ด้านเนื้อหา						4.60	0.49
1) เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.49
2) เนื้อหามีความถูกต้อง เข้าใจง่าย ครบถ้วน ชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
3) การเรียงลำดับเนื้อหามีความชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.49
4) เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้	4	4	5	5	5	4.60	0.49

ตารางผนวกที่ ค.6 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
2.4 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน						4.91	0.28
1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ที่เกิดในบริบทที่สอดคล้องกับวิชาชีพ	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการทบทวนวิเคราะห์ความรู้เดิม ศึกษาค้นคว้า สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3) บูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดแจ้งและครบถ้วนเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.40
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์-สังเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ ฯลฯ	5	5	5	5	5	5.00	0.00
5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00
6) จัดให้มีชี้แนะและสนับสนุนตามความต้องการของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00
7) ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่เกี่ยวข้องได้อย่างสอดคล้อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40
2.5 ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						4.73	0.44
1) การใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
2) แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40
3) มีระบบสนับสนุนและชี้แนะโดยใช้สื่อที่หลากหลาย	4	5	5	5	4	4.60	0.49
2.6 การวัดและประเมินผล						4.12	0.52
1) การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน เหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์	3	5	4	4	5	4.20	0.75
2) วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	4	5	4	4	4	4.20	0.40
3) การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ	4	5	4	4	4	4.20	0.40
4) มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	3	4	4	4	4	3.80	0.40
5) ใช้เครื่องมือวัดในการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม	4	5	4	4	4	4.20	0.40
เฉลี่ยทุกรายการ						**4.69**	**0.51**

ตารางผนวกที่ ค.7 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

องค์ประกอบ		คำถามข้อที่	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
			1	2	3	4	5	
1	**ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**							
1.1	มีความเข้าใจในโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	8	1	1	1	1	1	1.0
		9	1	1	1	1	1	1.0
		21	1	1	1	1	1	1.0
1.2	มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ	5	1	1	1	1	1	1.0
		7	1	1	1	1	1	1.0
		11	1	1	1	1	1	1.0
1.3	มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดประโยชน์ในกิจการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ	10	1	1	1	1	1	1.0
		20	0	1	1	1	1	0.8
		23	1	1	1	1	1	1.0
2	**ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**							
2.1	มีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	16	1	1	0	1	1	0.8
		17	1	1	1	1	1	1.0
		18	1	1	1	1	1	1.0
2.2	มีความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์และหลักฐานในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุมีผล	12	1	1	1	1	1	1.0
		13	1	1	1	1	1	1.0
		15	1	1	1	1	1	1.0
2.3	ความสามารถในการคิดทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจ	3	1	1	1	1	1	1.0
		6	1	1	1	1	1	1.0
		14	1	1	1	1	1	1.0
3	**การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท**							
3.1	การประยุกต์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ในบริบท	1	1	1	1	1	1	1.0
		2	1	1	1	1	1	1.0
		4	1	1	1	1	1	1.0
3.2	เข้าใจบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในบริบท	19	1	1	1	1	1	1.0
		22	1	1	1	1	1	1.0
		24	1	1	1	1	1	1.0
3.3	มีความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมโลก	25	1	1	0	1	1	0.8
		26	1	1	0	1	1	0.8
		27	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.8 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

องค์ประกอบ		คำถามข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก
1	**ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**			
1.1	มีความเข้าใจในโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	8	0.58	0.42
		9	0.40	0.39
		21	0.67	0.36
1.2	มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ	5	0.60	0.44
		7	0.47	0.31
		11	0.57	0.35
1.3	มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดประโยชน์ในกิจการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ	10	0.47	0.28
		20	0.67	0.57
		23	0.57	0.31
2	**ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**			
2.1	มีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	16	0.63	0.52
		17	0.67	0.41
		18	0.45	0.64
2.2	มีความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์และหลักฐานในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุมีผล	12	0.70	0.45
		13	0.67	0.28
		15	0.70	0.41
2.3	ความสามารถในการคิดทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจ	3	0.70	0.62
		6	0.70	0.48
		14	0.57	0.21
3	**การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท**			
3.1	การประยุกต์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ในบริบท	1	0.67	0.57
		2	0.63	0.41
		4	0.70	0.35
3.2	เข้าใจบทบาทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในบริบท	19	0.55	0.29
		22	0.67	0.31
		24	0.67	0.27
3.3	มีความเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาสังคมโลก	25	0.58	0.56
		26	0.65	0.43
		27	0.78	0.35

ตารางผนวก ค.9 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
1. ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา นักศึกษามีประสบการณ์หรือมีพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างไร						
1) ข้าพเจ้าติดตามสถานการณ์หรือข่าวสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทางสื่อต่างๆ อยู่เสมอ	1	1	1	1	1	1.0
2) ข้าพเจ้าติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการทำงานของขององค์กรทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หรือนิเวศวิทยา ผ่านสื่อต่าง ๆ	1	1	1	1	1	1.0
3) ข้าพเจ้าอ่านบทความในวารสารหรือเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหนังสือพิมพ์หรือสื่อออนไลน์อย่างสม่ำเสมอ	1	1	1	1	1	1.0
4) ข้าพเจ้าสังเกตและตั้งคำถามเมื่อพบเห็นปรากฏการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ ที่สนใจเช่น อากาศร้อนผิดปกติ เพื่อหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ	1	1	1	1	1	1.0
5) เมื่อเกิดคำถามที่สงสัยเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น ปัญหาฝุ่น pm2.5 ฯลฯ ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าองค์ความรู้เพิ่มเติมผ่านทางแหล่งข้อมูลความรู้ต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ขององค์กรทางด้านสิ่งแวดล้อม ฯลฯ	1	1	1	1	1	1.0
6) ข้าพเจ้าชอบเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลใหม่ ๆ เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อจำลองปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ฯลฯ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวิชาชีพในอนาคต	1	1	1	1	1	1.0
7) ข้าพเจ้ามักนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ เช่น แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ฯลฯ	0	1	1	1	1	0.8
8) ข้าพเจ้านำความรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ไปถ่ายทอดให้แก่ผู้อื่นอยู่เสมอ	1	1	1	1	1	1.0
9) ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาเป็นแนวคิดหรือสิ่งใหม่ ๆ	1	1	1	1	1	1.0
2. ในสถานการณ์ปัจจุบัน นักศึกษามีความคิดเห็นต่อสถานการณ์รอบตัวและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างไร						
1) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อสังคมในด้านต่าง ๆ ซึ่งอาจมีผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ	0	1	1	1	1	0.8
2) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของบุคคล ชุมชน ประเทศ และโลก	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.9 (ต่อ)

รายการ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
3) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ให้มีความสามารถในการประยุกต์วิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์	1	1	1	1	1	1.0
4) การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติให้เกิดความถูกต้องเหมาะสม	1	1	1	1	1	1.0
5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าเกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความละเอียดรอบคอบ มีเหตุมีผล	1	1	1	1	1	1.0
6) ความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากคำอธิบายที่มีเหตุผลและมีหลักฐานข้อมูลสนับสนุนที่ถูกต้องเพียงพอ โดยไม่ลำเอียง	1	1	1	1	1	1.0
7) ความสำเอียงของผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ได้หลักฐานที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความรู้ที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง	1	1	1	1	1	1.0
8) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรมีความซื่อสัตย์ต่อหลักฐานข้อมูลที่ได้	1	1	1	1	1	1.0
9) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรรับผิดชอบต่อหน้าที่และผลที่เกิดจากการปฏิบัติ	1	1	1	1	1	1.0
3 นักศึกษามีความรู้สึกอย่างไรเมื่อเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ?						
1) เข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในหน่วยงานต่าง ๆ เป็นประจำด้วยความเต็มใจ	1	1	1	1	1	1.0
2) รู้สึกพอใจเมื่อมีโอกาสได้เป็นอาสาสมัครให้บริการที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น วิทยากรอาสาสมัคร ฯลฯ	1	1	1	1	1	1.0
3) รู้สึกชอบเมื่อได้ทำงานหรือทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น จัดนิทรรศการ จัดค่ายอบรม ฯลฯ	1	1	1	1	1	1.0
4) รู้สึกสนุกเมื่อได้มีโอกาสได้เรียนหรือสอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
5) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในหัวข้อต่าง ๆ	1	1	0	1	1	0.8
6) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานหรือบุคลากรที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ	1	1	0	1	1	0.8
7) รู้สึกชอบและสนุกเมื่อได้ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในประเด็นด้านวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
8) ข้าพเจ้าเปิดกว้างรับฟังข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่นเสมอ	1	1	1	1	1	1.0
9) ข้าพเจ้ายอมรับการข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและหลักฐานอ้างอิงที่เพียงพอซึ่งทำให้มีมุมมองที่กว้างขึ้น	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.10 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
1. ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา นักศึกษามีประสบการณ์หรือมีพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างไร		**0.90**
1) ข้าพเจ้าติดตามสถานการณ์หรือข่าวสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทางสื่อต่าง ๆ อยู่เสมอ	0.65	
2) ข้าพเจ้าติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการทำงานของขององค์กรทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หรือนิเวศวิทยา ผ่านสื่อต่าง ๆ	0.60	
3) ข้าพเจ้าอ่านบทความในวารสารหรือเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหนังสือพิมพ์หรือสื่อออนไลน์อย่างสม่ำเสมอ	0.51	
4) ข้าพเจ้าสังเกตและตั้งคำถามเมื่อพบเห็นปรากฏการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ ที่สนใจ เช่น อากาศร้อนผิดปกติ เพื่อหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ	0.55	
5) เมื่อเกิดคำถามที่สงสัยเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น ปัญหาฝุ่น pm 2.5 ฯลฯ ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าองค์ความรู้เพิ่มเติมผ่านทางแหล่งข้อมูลความรู้ต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ขององค์กรทางด้านสิ่งแวดล้อม ฯลฯ	0.54	
6) ข้าพเจ้าชอบเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลใหม่ ๆ เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อจำลองปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ฯลฯ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวิชาชีพในอนาคต	0.65	
7) ข้าพเจ้ามักนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ เช่น แก้ปัญหาในเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ฯลฯ	0.76	
8) ข้าพเจ้านำความรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ไปถ่ายทอดให้แก่ผู้อื่นอยู่เสมอ	0.73	
9) ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาเป็นแนวคิดหรือสิ่งใหม่ ๆ	0.73	
2. ในสถานการณ์ปัจจุบัน นักศึกษามีความคิดเห็นต่อสถานการณ์รอบตัวและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างไร		**0.87**
1) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อสังคมในด้านต่าง ๆ ซึ่งอาจมีผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ	0.31	
2) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของบุคคล ชุมชน ประเทศ และโลก	0.57	
3) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ให้มีความสามารถในการประยุกต์วิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์	0.46	

ตารางผนวกที่ ค.10 (ต่อ)

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
4) การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติให้เกิดความถูกต้องเหมาะสม	0.72	
5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าเกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความละเอียดรอบคอบ มีเหตุมีผล	0.61	
6) ความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากคำอธิบายที่มีเหตุผลและมีหลักฐานข้อมูลสนับสนุนที่ถูกต้องเพียงพอ โดยไม่ลำเอียง	0.44	
7) ความสำเอียงของผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ได้หลักฐานที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความรู้ที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง	0.59	
8) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรมีความซื่อสัตย์ต่อหลักฐานข้อมูลที่ได้	0.31	
9) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรรับผิดชอบต่อหน้าที่และผลที่เกิดจากการปฏิบัติ	0.30	
3 นักศึกษามีความรู้สึกอย่างไรเมื่อเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ?		0.87
1) เข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในหน่วยงานต่าง ๆ เป็นประจำด้วยความเต็มใจ	0.61	
2) รู้สึกพอใจเมื่อมีโอกาสได้เป็นอาสาสมัครให้บริการที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น วิทยากรอาสาสมัคร	0.71	
3) ชอบทำงานร่วมกับหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น จัดนิทรรศการ จัดค่ายอบรม ฯลฯ	0.65	
4) รู้สึกสนุกเมื่อได้มีโอกาสได้เรียนหรือสอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	0.77	
5) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในหัวข้อต่าง ๆ	0.55	
6) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานหรือบุคลากรที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ	0.73	
7) รู้สึกชอบและสนุกเมื่อได้ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในประเด็นด้านวิทยาศาสตร์	0.72	
8) ข้าพเจ้าเปิดกว้างรับฟังข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่นเสมอ	0.49	
9) ข้าพเจ้ายอมรับการข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและหลักฐานอ้างอิงที่เพียงพอ ซึ่งทำให้มีมุมมองที่กว้างขึ้น	0.44	
ค่าเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ		**0.88**

ตารางผนวกที่ ค.11 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการจัดการเรียนรการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
1. ด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา						
1.1 สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทที่นักศึกษามีความสนใจ	1	1	1	1	1	1.0
1.2 สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทได้ถูกต้องและครบถ้วน	0	1	1	1	1	0.8
1.3 การเรียงลำดับเนื้อหามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบท	1	1	1	1	1	1.0
1.4 การบูรณาการสาระสำคัญของรายวิชาร่วมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีลักษณะชัดเจนและเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	1.0
2 **ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน**					1	
2.1 ส่งเสริมให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0
2.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	1	1	1	1	1	1.0
2.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์ร่วมกับการศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	1.0
2.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมาย และวางแผนการเรียนรู้ด้วยตัวเอง	1	1	1	1	1	1.0
2.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	1.0
2.6 ส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วม	1	1	1	1	1	1.0
2.7 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์	1	1	1	1	1	1.0
2.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	1.0
2.9 ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเชิงบูรณาการ	1	1	1	1	1	1.0
2.10 ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล	1	1	1	1	1	1.0
2.11 ให้การชี้แนะให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอ	1	1	0	1	1	0.8
2.12 กระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.11 (ต่อ)

รายการ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
2.13 กระตุ้นผู้เรียนให้ตระหนักต่อบทบาทวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในบริบทรอบตัวอยู่เสมอ	1	1	1	1	1	1.0
2.14 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและบริบทที่เกี่ยวข้อง	1	1	1	1	1	1.0
2.15 กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเวลา	0	1	1	1	1	0.8
3. **ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้**						
3.1 ใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0
3.2 สนับสนุนอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเรียนรู้ เช่น อุปกรณ์ทดลอง อุปกรณ์ ให้แก่ผู้เรียน	0	1	1	1	1	0.8
3.3 แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมและเข้าถึงได้ง่าย	1	1	1	1	1	1.0
3.4 สนับสนุนผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าที่น่าเชื่อถือ เช่น ฐานข้อมูลออนไลน์ ฯลฯ	1	1	1	1	1	1.0
4. **การวัดและประเมินผล**						
4.1 มีการวัดและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน	1	1	1	1	1	1.0
4.2 วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	1	1	1	1	1	1.0
4.3 การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งเจตคติ ทักษะ และความรู้	1	1	1	1	1	1.0
4.4 ผู้เรียนมีส่วนในการประเมินตนเอง	1	1	0	1	1	0.8
4.5 มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	1	1	1	1	1	1.0

ตารางผนวกที่ ค.12 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าเชื่อมั่นของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มีต่อการจัดการเรียนรการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
1. ด้านสาระสำคัญ/เนื้อหา		**0.88**
1.1 สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทที่นักศึกษามีความสนใจ	0.46	
1.2 สาระสำคัญ/เนื้อหาของบทเรียนบูรณาการกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และบริบทได้ถูกต้องและครบถ้วน	0.69	
1.3 การเรียงลำดับเนื้อหามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบท	0.45	
1.4 การบูรณาการสาระสำคัญของรายวิชาร่วมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีลักษณะชัดเจนและเข้าใจง่าย	0.726	
2 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน		**0.96**
2.1 ส่งเสริมเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์	0.75	
2.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง	0.45	
2.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนทบทวนประสบการณ์ร่วมกับการศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง	0.75	
2.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมาย และวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง	0.92	
2.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง	0.92	
2.6 ส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วม	0.58	
2.7 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์	0.72	
2.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงสร้างสรรค์	0.83	
2.9 กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเชิงบูรณาการ	0.59	
2.10 ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานและเหตุผล	0.75	
2.11 ให้การชี้แนะผู้เรียนเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีที่หลากหลาย	0.72	
2.12 กระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ	0.92	

ตารางผนวกที่ ค.12 (ต่อ)

รายการ	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	ค่าความเชื่อมั่นรายด้าน
2.13 กระตุ้นผู้เรียนให้ตระหนักต่อบทบาทวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในบริบทรอบตัวอยู่เสมอ	0.75	
2.14 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและบริบทที่เกี่ยวข้อง	0.83	
2.15 กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเวลา	0.75	
3. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้		**0.71**
3.1 ใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.64	
3.2 สนับสนุนอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเรียนรู้ เช่น อุปกรณ์ทดลอง อุปกรณ์ ให้แก่ผู้เรียน	0.41	
3.3 แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมและเข้าถึงได้ง่าย	0.47	
3.4 สนับสนุนผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าที่น่าเชื่อถือ เช่น ฐานข้อมูลออนไลน์ ฯลฯ	0.67	
4. การวัดและประเมินผล		**0.86**
4.1 มีการวัดและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน	0.55	
4.2 วิธีการวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย	0.72	
4.3 การวัดและประเมินผลครอบคลุมพฤติทั้งด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ	0.67	
4.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	0.72	
4.5 มีเกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจนและยุติธรรม	0.27	
ค่าเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ		**0.95**

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย

ระยะที่ 1
การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตารางผนวกที่ ง.1 คะแนนเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	ลำดับ
1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์	**4.27**	**0.67**	**มาก**	**-**
1.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความอยากรู้เห็นในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์	4.32	0.63	มาก	1
1.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความมุ่งมั่นพยายามในการหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.28	0.67	มาก	5
1.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีกระตือรือร้นในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ	4.26	0.68	มาก	7
1.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรรับรู้และตระหนักในคุณค่าและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รอบตัว เช่น การเกิดฝุ่นพิษ	4.21	0.69	มาก	9
1.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักในความสำคัญของหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์	4.30	0.65	มาก	3
1.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรตระหนักถึงผลที่เกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ทั้งทางบวกและทางลบ	4.29	0.68	มาก	4
1.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ	4.26	0.65	มาก	6
1.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มใจ	4.31	0.66	มาก	2
1.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งที่มีเหตุมีผลของผู้อื่น	4.24	0.71	มาก	8
2. ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	**4.25**	**0.65**	**มาก**	
2.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีมุมมองที่ถูกต้องว่าปรากฏการณ์ใด ๆ ในโลกสามารถทำความเข้าใจโดยใช้วิทยาศาสตร์ได้	4.22	0.69	มาก	7
2.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ	4.19	0.691	มาก	9
2.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงความก้าวหน้าและความเปลี่ยนแปลงของความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน	4.25	0.65	มาก	5
2.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องถึงลักษณะสำคัญและกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย	4.36	0.61	มาก	1

ตารางผนวกที่ ง.1 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	ลำดับ
2.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่าในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องตั้งอยู่บนแนวคิด/คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้	4.267	0.63	มาก	3
2.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องแม่นยำ และปราศจากความลำเอียง	4.25	0.63	มาก	4
2.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งแยกเป็นหลายแขนงและทำงานเชื่อมโยงกัน	4.23	0.62	มาก	6
2.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรเข้าใจการดำเนินงานของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน เช่น นักวิทยาศาสตร์จากหลายแขนงต้องทำงานร่วมกันเป็นเครือข่าย เพื่อการศึกษาปัญหาโลกร้อน ฯลฯ	4.20	0.68	มาก	8
2.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์	4.28	0.65	มาก	2
3. ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	**4.28**	**0.66**	**มาก**	
3.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	4.29	0.67	มาก	4
3.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการออกแบบหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์ อาทิ การทดลอง การสำรวจ ฯลฯ	4.29	0.65	มาก	3
3.3 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานยืนยันข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์	4.23	0.68	มาก	9
3.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	4.26	0.54	มาก	6
3.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในการอ้างเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้	4.25	0.67	มาก	7
3.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความสามารถในสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล	4.244	0.67	มาก	8
3.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อประยุกต์ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	4.268	0.675	มาก	5

ตารางผนวกที่ ง.1 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	ลำดับ
3.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในตัดสินใจแก้ปัญหา	4.32	0.65	มาก	1
3.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำเป็นต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์	4.32	0.65	มาก	2
4. ด้านการประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท	**4.26**	**0.65**	**มาก**	
4.1 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทอย่างถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ	4.30	0.66	มาก	1
4.2 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความรอบรู้ด้านวิทยาศาสตร์สำหรับการอธิบายหรือแก้ปัญหาในบริบท	4.22	0.68	มาก	5
4.3 ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ครบถ้วนเพียงพอมีความสำคัญต่อการศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป	4.13	0.70	มาก	7
4.4 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ	4.28	0.634	มาก	3
4.5 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาสังคมในบริบทรอบตัว ทั้งด้านบวกและด้านลบ	4.26	0.68	มาก	4
4.6 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของสังคมในบริบทที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	4.06	0.73	มาก	9
4.7 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการนำวิทยาศาสตร์ไปทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทรอบตัว	4.28	0.64	มาก	2
4.8 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทที่สำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศ	4.14	0.68	มาก	6
4.9 นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับบทบาทของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมโลกให้มีความยั่งยืน	4.08	0.72	มาก	8
ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	**4.25**	**0.67**	**มาก**	

ตารางผนวกที่ ง.2 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ (n = 410)

	$\bar{X}$	ระดับ	SD	Min	Max	CV	Sk	Ku
SA	**4.27**	**มาก**	**0.51**	**2.7**	**5.000**	**12.03**	**-0.56**	**-0.20**
SA1	4.29	มาก	0.51	2.7	5.0	11.93	-0.57	-0.08
SA2	4.27	มาก	0.52	3.0	5.0	12.21	-0.55	-0.30
SA3	4.27	มาก	0.51	2.7	5.0	11.96	-0.55	-0.20
NOS	**4.25**	**มาก**	**0.48**	**2.7**	**5.0**	**11.29**	**-0.52**	**-0.20**
NOS1	4.22	มาก	0.50	2.7	5.0	11.85	-0.52	-0.30
NOS2	4.29	มาก	0.45	3.0	5.0	10.37	-0.47	-0.12
NOS3	4.24	มาก	0.50	3.0	5.0	11.65	-0.58	-0.19
SIA	**4.28**	**มาก**	**0.53**	**3.0**	**5.0**	**12.36**	**-0.47**	**-0.40**
SIA1	4.27	มาก	0.53	3.0	5.0	12.38	-0.45	-0.46
SIA2	4.26	มาก	0.54	3.0	5.0	12.73	-0.46	-0.45
SIA3	4.30	มาก	0.52	3.0	5.0	11.97	-0.49	-0.28
SAC	**4.19**	**มาก**	**0.53**	**2.7**	**5.0**	**12.64**	**-0.39**	**-0.35**
SAC1	4.21	มาก	0.51	2.7	5.0	12.05	-0.49	-0.10
SAC2	4.20	มาก	0.55	2.7	5.0	13.01	-0.32	-0.53
SAC3	4.17	มาก	0.54	2.7	5.0	12.87	-0.35	-0.41
SL	**4.25**	**มาก**	**0.51**	**2.8**	**5.0**	**12.08**	**-0.48**	**-0.28**

ตารางผนวกที่ ง.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (n = 410)

ตัวแปร	SA1	SA2	SA3
SA1	1		
SA2	.81**	1	
SA3	.73**	.79**	1
Mean	4.29	4.27	4.27
S.D.	0.51	0.52	0.51

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = .747

Bartlett's Test of Sphericity = 857.786, df = 3, p = .000

ตารางผนวกที่ ง.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (n = 410)

ตัวแปร	NOS1	NOS2	NOS3
NOS1	1		
NOS2	.75**	1	
NOS3	.73**	.73**	1
Mean	4.22	4.29	4.24
S.D.	0.50	0.45	0.49
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = .750			
Bartlett's Test of Sphericity = 709.338, df = 3, p = .000			

ตารางผนวกที่ ง.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (n = 410)

ตัวแปร	SIA1	SIA2	SIA3
SIA1	1		
SIA2	.79**	1	
SIA3	.70**	.76**	1
Mean	4.27	4.26	4.30
S.D.	0.53	0.54	0.51
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = .739			
Bartlett's Test of Sphericity = 779.484, df = 3, p = .000			

ตารางผนวกที่ ง.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (n = 410)

ตัวแปร	SAC1	SAC2	SAC3
SAC1	1		
SAC2	.81**	1	
SAC3	.79**	.88**	1
Mean	4.21	4.20	4.17
S.D.	0.51	0.55	0.54
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = .753			
Bartlett's Test of Sphericity = 1073.287, df = 3, p = .000			

ระยะที่ 2

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

สรุปข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตารางผนวกที่ ง.7 ความคิดเห็นโดยสรุปของผู้เชี่ยวชาญที่ได้จากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ประเด็นคำถาม	ข้อคิดเห็น
1. ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีลักษณะเป็นอย่างไร	1) ปัญหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน 1.1) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปจำนวนมากยังมีความรู้วิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและไม่สมบูรณ์ 1.2) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และวิชาชีพครู ตามโครงสร้างหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปยังเน้นเนื้อหามากกว่าการปฏิบัติให้เกิดการบูรณาการเพื่อพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 1.3) เนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรยังขาดการบูรณาการให้เชื่อมโยงกัน กับศาสตร์อื่นและบริบทที่เกี่ยวข้อง ผู้เรียนจึงมีความสามารถในการบูรณาการ วิทยาศาสตร์แบบองค์รวม เพื่อให้เกิดความรู้และทักษะที่จำกัด 1.4) ผู้เรียนยังมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ในชั้นเรียนน้อย ทำให้ขาดประสบการณ์ในการเรียนรู้ ทำให้กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเองเกิดขึ้นได้ยาก 1.5) สื่อการเรียนการสอนยังไม่หลากหลาย ส่วนใหญ่ยังใช้ความรู้จากระบบออนไลน์ ซึ่งหากแหล่งข้อมูลนั้นไม่ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ความรู้ที่ผู้เรียนสรุปได้อาจมีความคลาดเคลื่อนและไม่สมบูรณ์และนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้ยาก

ตารางผนวกที่ ง.7 (ต่อ)

ประเด็นคำถาม	ข้อคิดเห็น
1. ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏมีลักษณะเป็นอย่างไร	2) อุปสรรคในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ 2.1) อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีไม่เพียงพอประกอบกับไม่ได้รับการฝึกอบรมเพิ่มเติมและขาดประสบการณ์ในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ จึงมีส่วนทำให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปยังขาดทักษะการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ 2.2) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีข้อจำกัดในการเข้าถึงวรรณกรรมทางวิทยาศาสตร์ได้น้อยเนื่องจากมีข้อจำกัดด้านการใช้ภาษาอังกฤษ ขาดประสบการณ์ในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และการฝึกอบรมเพิ่มเติม 2.3) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปยังมีภาระงานจากวิชาเรียนและการฝึกประสบการณ์วิชาชีพมาก ส่งผลให้มีเวลาและพลังงานที่จำกัดในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมนอกหลักสูตร โครงการวิจัย หรือโอกาสในการพัฒนาวิชาชีพที่อาจเพิ่มความฉลาดทางวิทยาศาสตร์และประสิทธิผลการสอน 2.4) ระยะเวลาในการเรียนรู้ในหลักสูตรอาจไม่เพียงต่อการพัฒนาให้เกิดความฉลาดรู้ โดยหลักสูตรสามารถพัฒนาได้ในบางเรื่อง แต่บางเรื่องต้องใช้ประสบการณ์หลายปี และต้องใช้ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง จึงจะนำสิ่งที่เรียนไปประยุกต์ใช้จริงในวิชาชีพได้ เช่น ความสามารถในกระบวนการสร้างความรู้ (Constructivist) ความสามารถในการสืบเสาะ (inquiry) ในปรากฏการณ์จริง
2. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ บูรณาการสอดแทรกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นต่อการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปอย่างไร	1) แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ช่วยทำให้ครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อการเป็นครูวิทยาศาสตร์มีมุมมองที่กว้างและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ช่วยให้ครูสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถปรับตัวและนำความรู้ใหม่ ๆ มาปรับใช้ในการสอนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดในการสอนวิทยาศาสตร์ 3) แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้ครูสามารถสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางผนวกที่ ง.7 (ต่อ)

ประเด็นคำถาม	ข้อคิดเห็น
2. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ บูรณาการสอดแทรกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นต่อการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปอย่างไร	4) ครูที่เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะสามารถสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยเน้นที่การสอบถาม การสำรวจ และการแก้ปัญหา ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และความสนใจในวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงการตัดสินใจในการแก้ปัญหา 5) ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้ครูสามารถเตรียมนักเรียนให้พร้อมในการปรับตัวให้สอดคล้องกับข้อมูลและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นผู้สอนที่เน้นการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับความสำเร็จในศตวรรษที่ 21 ได้
3. การนำแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติอื่น ๆ ควรมีแนวทางอย่างไร	1) บูรณาการกับบริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติในท้องถิ่นซึ่งเข้าถึงได้ง่าย โดยสร้างเจตคติให้เกิดความคิดเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อแสดงให้เห็นว่าภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นการสังเกตและตีความปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างเป็นระบบ และให้ผู้เรียนตั้งคำถามและหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง 2) สามารถใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการกำหนดสถานการณ์/ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ หรือยกเป็นตัวอย่างที่อยู่ในกระแสที่ทุกคนในสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้แบบร่วมมือกัน ฝึกให้คิดไตร่ตรอง เพื่อให้เกิดผลที่สามารถนำไปใช้จริงได้ 3) ควรนำบริบทประวัติศาสตร์ของความรู้ที่ใช้มาบูรณาการด้วย 4) ควรเน้นให้ผู้เรียนใช้คำถามและแลกเปลี่ยน ออกแบบและปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง 5) การเรียนรู้จากการทำโครงงานหรือโครงการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เช่น โครงการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่น 6) ใช้สื่อการสอนที่ทันสมัย เข้าถึงได้ง่าย และนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทในอนาคตได้ เช่น สื่อออนไลน์ การสร้างชุดกิจกรรมเพื่อเรียนรู้หลักการ/ทฤษฎีวิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น เรียนเรื่อง การสั่นพ้อง โดยใช้ เครื่องเป่า (หวูด)
4. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปควรมีลักษณะอย่างไร	1) ควรเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองโดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นโค้ช 2) ควรเน้นการเรียนรู้แบบความร่วมมือร่วมใจ ทำงานเป็นทีม 3) เน้นการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง 4) เน้นส่งเสริมความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแปลความหมาย รวมทั้งการนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้

ตารางผนวกที่ ง.7 (ต่อ)

ประเด็นคำถาม	ข้อคิดเห็น
5. บริบทเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	1) ควรเลือกเนื้อหาที่มีความสำคัญและเชื่อมโยงกับประสบการณ์และความสนใจของผู้เรียน เช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน หรือภูมิปัญญาไทยที่เป็นความรู้ที่สั่งสมมาจากอดีต ที่ยังคงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในปัจจุบัน หรือสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันได้ 2) ควรเป็นเนื้อหาที่ท้าท้าย น่าสนใจ เป็นสถานการณ์ที่เกิดในโลกทีเป็นจริง และเหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียน 3) สามารถนำไปบูรณาการกับเนื้อหาที่สามารถใช้วิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาคำตอบได้โดยไม่จำกัด แต่ควรเชื่อมโยงเนื้อหาจากวิชาต่าง ๆ ที่หลากหลายและสอดคล้องกับหลักสูตร เช่น ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ ฯลฯ
6. กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรมีรูปแบบเป็นอย่างไร	1) ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยกำหนดสถานการณ์ที่สอดคล้องกับเนื้อหา และประสบการณ์ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีและสืบค้นความรู้ใหม่เพิ่มเติมในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) กิจกรรมการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสืบเสาะโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสังเกตเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ 3) ส่งเสริมให้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่มและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียน ร่วมกันคิด และวางแผนทำงาน จนสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหาและสรุปความรู้ร่วมกันได้ 4) จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และกำหนดระยะเวลาการเรียนรู้ที่เพียงพอเพื่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
7. สิ่งที่ใช้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเพื่อให้เกิดการบูรณาการที่ครบถ้วนควรมีอะไรบ้าง	1) ผู้สอนและผู้เรียนต้องมีพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ เช่น ความรู้วิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะ ความเข้าใจในกระบวนการสร้างความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ฯลฯ 2) ผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจการเรียนการสอนแบบบูรณาการและการโค้ช 3) ใช้แหล่งภูมิปัญญาหรือผู้ทรงภูมิปัญญาที่เข้าถึงง่าย 4) มีวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่เพียงพอและใช้งานได้ สอดคล้องกับกิจกรรมและเนื้อหา

ตารางผนวกที่ ง.7 (ต่อ)

ประเด็นคำถาม	ข้อคิดเห็น
7. สิ่งที่ใช้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเพื่อให้เกิดการบูรณาการที่ครบถ้วนควรมีอะไรบ้าง	5) ใช้ทรัพยากรการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น หนังสือ ตำรา คลิปวิดีโอ แหล่งข้อมูลวิทยาศาสตร์ออนไลน์ สื่อ 6) ใช้ระบบสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ เช่น LMS
8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ควรทำในลักษณะใดบ้าง	1) ใช้การวัดและประเมินแบบองค์รวม โดยใช้เครื่องมือวัดที่หลากหลาย ครอบคลุมทั้งระหว่างเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ 2) ประเมินตามสภาพจริงโดยใช้ Rubrics ที่ชัดเจนหรือ Marking Schemes 3) ให้ผู้เรียนประเมินตนเอง และประเมินระหว่างเพื่อนร่วมชั้น 4) วัดและประเมินทั้งระหว่างการเรียนรู้ และเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ เน้นวัดให้ครบถ้วน 5) ประเมินผลงาน โดยวัดจากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการให้ครบถ้วน หรือองค์ประกอบความฉลาดรู้
9. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ	1) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นประเด็นที่กว้างมากและอาจต้องใช้เวลาในการพัฒนานานจึงจะเห็นผล 2) แหล่งของภูมิปัญญา เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจจะไม่ครอบคลุมกับขั้นตอนการสอน อาจจะเพิ่มเติมสื่อการเรียนรู้ให้สอดคล้องและครอบคลุมกับขั้นตอนการสอน

ตารางผนวกที่ ง.8 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

องค์ประกอบ	ข้อเสนอแนะ	แนวทางการปรับปรุง
1. ที่มาของรูปแบบ	-	สรุปให้กระชับ
2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน	1. ควรนำทฤษฎีความฉลาดรู้ของสำนักงานราชบัณฑิตยสภามาใช้วิเคราะห์ร่วมด้วย 2. ควรตรวจเช็คและปรับนิยามให้ชัดเจนและตรงกัน	1. นำแนวคิดของราชบัณฑิตยสภา และงานวิจัยต่างประเทศวิเคราะห์และปรับปรุงองค์ประกอบให้สอดคล้องกับแนวคิดที่สังเคราะห์เพิ่มเติม 2. แก้ไขนิยามให้ชัดเจนและตรวจสอบให้สัมพันธ์กัน
3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน		
3.1 หลักการ	ควรเน้นการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนมากขึ้น	ระบุองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจน และระบุลักษณะการบูรณาการในแต่ละขั้นตอน ให้สัมพันธ์กับกระบวนการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง
3.2 วัตถุประสงค์	ควรเรียบเรียงใหม่ให้ชัดเจนและสอดคล้องหลักการ	ปรับรายละเอียดของจุดประสงค์ให้ชัดเจนและสอดคล้อง
3.3 เนื้อหา	ควรระบุรายละเอียดของเนื้อหา	ปรับเนื้อหาให้มีรายละเอียดครอบคลุมสัมพันธ์กับองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	1. ควรแสดงความเชื่อมโยงที่มาของขั้นการสอนให้ชัดเจน และชั้นชื่อขั้นตอนให้เชื่อมโยงกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2. ควรส่งเสริมนำไปประยุกต์สร้างชิ้นงาน 3. ควรกำหนดระยะเวลาให้เพียงต่อการเรียนเพื่อสร้างความรู้ของตนเอง	1. เชื่อมโยงองค์ประกอบซึ่งเป็นที่มาของขั้นตอน กำหนดชื่อของขั้นตอนให้แสดงการเชื่อมโยงกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2. ให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานในขั้นนำไปประยุกต์โดยพิจารณาไปตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทเนื้อหา 3. กำหนดระยะเวลาในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การสืบค้นและเรียนรู้เชิงทฤษฎี 2) การปฏิบัติการสืบเสาะและทดลอง 3) การโค้ชเฉพาะกลุ่มผ่านระบบออนไลน์

ตารางผนวกที่ ง.8 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ข้อเสนอแนะ	แนวทางการปรับปรุง
3.5 สื่อและสิ่งสนับสนุน	1) ควรใช้สื่อที่หาได้ง่ายและหลากหลาย 2) ควรใช้สื่อออนไลน์เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน	1) ใช้แหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาเข้าถึงง่าย อยู่ในพื้นที่ 2) เพิ่มเติมสื่อวิดีโอ และการโค้ชผ่านระบบออนไลน์
3.6 การประเมินผล	1) ควรเพิ่มเติมรายละเอียดระบบการวัดและและประเมินผลให้มีความชัดเจน 2) ควรระบุเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินให้ชัดเจน	1) แยกการวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบที่ได้จากการสังเคราะห์ 2) ระบุเกณฑ์การให้คะแนน และเกณฑ์การประเมินผลให้ชัดเจน
4. การนำรูปแบบไปใช้		
4.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	-	-
4.2 บทบาทผู้สอน	-	-
4.3 บทบาทผู้สอน	-	-

ตารางผนวกที่ ง.9 ผลประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

รายการ	ระดับคะแนน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. **ที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน**	**4.75**	**0.54**	**มากที่สุด**
1) ความเป็นมาและความสำคัญแสดงถึงความต้องการที่ของการพัฒนารูปแบบที่ชัดเจน	4.80	0.40	มากที่สุด
2) แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสอดคล้องกับที่มาและความสำคัญ	4.80	0.40	มากที่สุด
3) การจัดเรียงลำดับความคิดเพื่ออธิบายความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบแสดงให้เห็นภาพรวมที่ชัดเจน	4.60	0.80	มากที่สุด
4) ใช้ภาษาในการเรียบเรียงความเป็นมาของรูปแบบได้อย่างเหมาะสม เข้าใจง่าย	4.80	0.40	มากที่สุด
2. **แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน**	**4.70**	**0.46**	**มากที่สุด**
1) นำทฤษฎีมาใช้กำหนดแนวคิดในการพัฒนารูปแบบได้สอดคล้องและชัดเจน	4.80	0.40	มากที่สุด
2) นำแนวคิดมาใช้ในการพัฒนารูปแบบได้ครอบคลุมครบถ้วน	4.60	0.49	มากที่สุด
3) แนวคิดและทฤษฎีมีความเชื่อมโยงชัดเจน	4.60	0.49	มากที่สุด
4) อธิบายแนวคิดต่าง ๆ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย มีความเหมาะสม	4.80	0.40	มากที่สุด
3. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน	**4.67**	**0.50**	**มากที่สุด**
3.1 หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน	4.53	0.50	มากที่สุด
1) สามารถนำหลักการของรูปแบบไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเป็นรูปธรรมได้	4.60	0.49	มากที่สุด
2) หลักการของรูปแบบมีความสัมพันธ์กับแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้พัฒนารูปแบบ	4.40	0.49	มาก
3) หลักการของรูปแบบ เรียบเรียง และจัดลำดับอย่างเหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.60	0.49	มากที่สุด
3.2 วัตถุประสงค์	4.80	0.40	มากที่สุด
1) มุ่งเน้นส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน	4.80	0.40	มากที่สุด
2) วัตถุประสงค์มีความชัดเจน ครอบคลุมองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.80	0.40	มากที่สุด

ตารางผนวกที่ ง.9 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
3.3 เนื้อหา	4.80	0.40	มากที่สุด
1) เนื้อหาสาระที่กำหนด มีความสอดคล้องเหมาะสม กับแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่กำหนด	4.80	0.40	มากที่สุด
2) เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้	4.80	0.40	มากที่สุด
3) เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.80	0.40	มากที่สุด
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	4.80	0.40	มากที่สุด
3.4.1 ขั้นตอน	4.80	0.40	มากที่สุด
1) ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายและตั้งคำถาม ผู้สอนนำผู้เรียนเข้าสู่ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกระตุ้นผู้เรียนเกิดรับรู้และตระหนักรู้ร่วมกัน และชี้แนะให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายและตั้งคำถามในการเรียนรู้ด้วยมุมมองโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	4.80	0.40	มากที่สุด
2) ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม ผู้สอนกระตุ้นและชี้แนะให้ผู้เรียนร่วมกันทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อเชื่อมโยงสู่การสร้างแนวคิดเพื่อคาดเดาคำตอบหรือกำหนดสมมติฐานที่มีเหตุผล	4.80	0.40	มากที่สุด
3) ขั้นที่ 3 สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนชี้แนะให้เรียนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยออกแบบและปฏิบัติการแสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับใช้พิสูจน์สมมติฐาน	4.80	0.40	มากที่สุด
4) ขั้นที่ 4 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีเหตุผล	4.80	0.40	มากที่สุด
5) ขั้นที่ 5 นำไปประยุกต์ ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ไปขยายบริบทอื่นๆ เพื่อประยุกต์ให้เกิดประสบการณ์ที่กว้างออกไป	4.80	0.40	มากที่สุด
6) ขั้นที่ 6 สะท้อนคิดและประเมินผล ผู้เรียนร่วมกันทบทวนและตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตนเอง เพื่อนำไปปรับใช้ และผู้สอนวัดและประเมินผลตามสภาพจริงโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย	4.80	0.40	มากที่สุด
3.4.2 ลักษณะของรูปแบบ	**4.80**	**0.40**	มากที่สุด
1) ลำดับการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	4.80	0.40	มากที่สุด
2) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองในบริบทตามสภาพจริง และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม	4.80	0.40	มากที่สุด
3) ส่งเสริมการบูรณาการแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง	4.80	0.40	มากที่สุด

ตารางผนวกที่ ง.9 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดบูรณาการเชิงสร้างสรรค์	4.80	0.40	มากที่สุด
5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ และได้นำองค์ความรู้ใหม่มาประยุกต์ใช้ตามสภาพจริง	4.80	0.40	มากที่สุด
6) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดจากการลงมือ ปฏิบัติจริง และสรุปองค์ความรู้ใหม่ร่วมกัน	4.80	0.40	มากที่สุด
3.5 สื่อและสิ่งสนับสนุน	**4.53**	**0.50**	**มากที่สุด**
1) สื่อที่ใช้มีความหลากหลายและสัมพันธ์อย่างสอดคล้องกับองค์ประกอบในแต่ละขั้นตอน	4.60	0.49	มากที่สุด
2) แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	0.49	มาก
3) มีระบบสนับสนุนและการชี้แนะผู้เรียนที่หลากหลาย	4.60	0.49	มากที่สุด
3.6 การวัดและประเมินผล	**4.30**	**0.64**	**มาก**
1) มีเกณฑ์การวัดและประเมินผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม และครบทุกด้าน	4.20	0.75	มาก
2) การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.20	0.40	มาก
3) เครื่องมือการวัดและประเมินผลสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้ประเมินตนเองได้	4.20	0.75	มากที่สุด
4) ผลการประเมินสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาต่อยอดได้	4.60	0.49	มากที่สุด
4. การนำรูปแบบไปใช้	**4.75**	**0.43**	**มากที่สุด**
1) แนวทางการนำรูปแบบไปใช้เรียงลำดับได้อย่าง ชัดเจนและสามารถนำไปใช้ได้จริง	4.60	0.49	มากที่สุด
2) เขียนแนวทางการนำรูปแบบไปใช้ได้อย่างเป็น ขั้นตอนที่มีคุณภาพ ไม่ซับซ้อน ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงได้	4.60	0.49	มากที่สุด
3) บทบาทผู้สอนมีความเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้	4.80	0.40	มากที่สุด
4) บทบาทผู้เรียนมีความเหมาะสม สอดคล้องกับ แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ยทุกรายการ	**4.69**	**0.50**	**มากที่สุด**

ระยะที่ 3
การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตารางผนวกที่ ง.10 คะแนนเฉลี่ยด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

รายการคำถาม	คะแนน			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
1. ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา นักศึกษามีประสบการณ์หรือมีพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างไร	**3.35**	**0.94**	**3.69**	**1.00**
1) ข้าพเจ้าติดตามสถานการณ์หรือข่าวสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทางสื่อต่าง ๆ อยู่เสมอ	3.43	0.79	3.78	0.74
2) ข้าพเจ้าติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการทำงานของขององค์กรทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หรือนิเวศวิทยา ผ่านสื่อต่าง ๆ	3.35	0.88	3.26	0.92
3) ข้าพเจ้าอ่านบทความในวารสารหรือเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหนังสือพิมพ์หรือสื่อออนไลน์อย่างสม่ำเสมอ	3.35	0.78	3.17	0.98
4) ข้าพเจ้าสังเกตและตั้งคำถามเมื่อพบเห็นปรากฏการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ ที่สนใจเช่น อากาศร้อนผิดปกติ เพื่อหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ	3.70	1.11	3.96	0.93
5) เมื่อเกิดคำถามที่สงสัยเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น ปัญหาฝุ่น pm 2.5 ฯลฯ ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าองค์ความรู้เพิ่มเติมผ่านทางแหล่งข้อมูลความรู้ต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ขององค์กรทางด้านสิ่งแวดล้อม ฯลฯ	3.30	1.06	3.74	1.21
6) ข้าพเจ้าชอบเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลใหม่ ๆ เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อจำลองปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ฯลฯ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวิชาชีพในอนาคต	3.39	1.16	3.96	0.98
7) ข้าพเจ้ามักนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ เช่น แก้ปัญหาในเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ฯลฯ	3.48	0.85	4.04	0.88
8) ข้าพเจ้านำความรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ไปถ่ายทอดให้แก่ผู้อื่นอยู่เสมอ	3.17	0.72	3.87	1.06
9) ข้าพเจ้าชอบนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาเป็นแนวคิดหรือสิ่งใหม่ ๆ	3.00	1.13	3.43	1.31
2. ในสถานการณ์ปัจจุบัน นักศึกษามีความคิดเห็นต่อสถานการณ์รอบตัวและบทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างไร	4.33	0.81	4.65	0.55
1) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อสังคมในด้านต่าง ๆ ซึ่งอาจมีผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ	4.04	0.98	4.17	1.07
2) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของบุคคล ชุมชน ประเทศ และโลก	4.30	0.82	4.57	0.59

ตารางผนวกที่ ง.10 (ต่อ)

รายการคำถาม	คะแนน			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
3) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ให้มีความสามารถในการประยุกต์วิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์	4.43	0.73	4.74	0.45
4) การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรยึดหลักจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติให้เกิดความถูกต้องเหมาะสม	3.91	1.00	4.57	0.59
5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าเกิดจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความละเอียดรอบคอบ มีเหตุมีผล	4.17	0.72	4.61	0.58
6) ความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากคำอธิบายที่มีเหตุผลและมีหลักฐานข้อมูลสนับสนุนที่ถูกต้องเพียงพอ โดยไม่ลำเอียง	4.43	0.79	4.83	0.39
7) ความสำเอียงของผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ได้หลักฐานที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความรู้ที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง	4.39	0.78	4.74	0.54
8) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรมีความซื่อสัตย์ต่อหลักฐานข้อมูลที่ได้	4.57	0.84	4.78	0.42
9) ผู้ปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ควรรับผิดชอบต่อหน้าที่และผลที่เกิดจากการปฏิบัติ	4.74	0.62	4.87	0.34
3 นักศึกษามีความรู้สึกอย่างไรเมื่อเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ?	**3.73**	**0.89**	**4.08**	**0.82**
1) เข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในหน่วยงานต่าง ๆ เป็นประจำด้วยความเต็มใจ	3.09	1.12	3.96	0.93
2) รู้สึกพอใจเมื่อมีโอกาสได้เป็นอาสาสมัครให้บริการที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น วิทยากรอาสาสมัคร	3.22	0.74	3.87	0.92
3) รู้สึกชอบเมื่อได้ทำงานหรือทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เช่น จัดนิทรรศการ จัดค่ายอบรม ฯลฯ	3.22	1.04	4.00	0.74
4) รู้สึกสนุกเมื่อได้มีโอกาสได้เรียนหรือสอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.87	0.92	4.09	0.79
5) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในหัวข้อต่าง ๆ	3.91	0.85	4.09	0.73
6) รู้สึกสนุกเมื่อได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานหรือบุคลากรที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ	3.61	0.94	4.00	0.85
7) รู้สึกชอบและสนุกเมื่อได้ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในประเด็นด้านวิทยาศาสตร์	4.00	0.80	3.83	0.94
8) ข้าพเจ้าเปิดกว้างรับฟังข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่นเสมอ	4.30	0.88	4.48	0.73
9) ข้าพเจ้ายอมรับการข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและหลักฐานอ้างอิงที่เพียงพอซึ่งทำให้มีมุมมองที่กว้างขึ้น	4.39	0.72	4.43	0.73

ตารางผนวกที่ ง.11 คะแนนด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (ก่อนเรียน) ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ตัวอย่าง	ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์			การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์			การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท		
	NOS1	NOS2	NOS3	SIA1	SIA2	SIA3	SAC1	SAC2	SAC3
1	3.0	0.5	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	5.0	1.0	3.5
3	1.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	4.0	2.0	2.5
4	3.0	2.5	4.0	0.0	1.0	2.0	2.5	3.0	2.0
5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	1.0	3.0
6	4.0	2.0	4.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.5
7	2.0	0.5	3.0	2.0	3.0	2.0	1.0	3.0	2.0
8	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.5	4.5	2.0	4.0
9	3.0	2.0	4.0	2.0	2.0	2.5	2.5	4.0	4.0
10	2.0	1.0	3.0	1.0	1.0	2.0	2.5	3.0	3.0
11	3.0	5.0	3.0	3.0	3.0	1.5	3.5	1.0	3.5
12	3.0	2.5	3.0	2.0	3.0	1.5	2.5	2.0	2.5
13	3.0	3.5	3.0	4.0	2.0	1.5	4.0	0.5	3.5
14	2.0	2.0	2.0	3.0	2.5	2.0	2.5	3.0	2.0
15	4.0	2.0	4.0	3.0	2.0	2.5	3.5	3.0	3.0
16	1.0	3.0	4.0	2.0	1.0	3.5	4.0	2.0	2.5
17	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.5	2.5	2.0	4.0
18	3.0	1.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.5	2.0	2.0
19	1.0	3.0	0.0	2.5	2.0	2.5	3.5	3.0	3.5
20	3.0	5.0	3.0	3.0	2.0	3.0	4.5	3.0	3.5
21	1.0	2.0	3.0	3.0	3.0	1.5	2.5	3.0	2.0
K	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0
$\bar{X}$	2.48	2.36	2.81	2.36	2.12	2.33	3.12	2.31	2.93
S.D.	0.93	1.20	0.98	0.85	0.71	0.64	0.97	0.90	0.75

ตารางผนวกที่ ง.11 คะแนนด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการประยุต์วิทยาศาสตร์ในบริบท (หลังเรียน) ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ตัวอย่าง	ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์			ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์			การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท		
	NOS1	NOS2	NOS3	SIA1	SIA2	SIA3	SAC1	SAC2	SAC3
1	3.0	2.0	4.0	1.0	1.0	2.5	2.5	1.0	3.0
2	2.0	3.0	3.0	5.0	3.0	1.5	3.5	2.0	3.5
3	3.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.5	3.5	2.0	4.0
4	3.0	2.0	4.0	3.0	2.0	3.0	3.0	1.0	3.5
5	3.0	4.0	4.0	1.0	1.0	2.0	4.5	1.0	4.0
6	3.0	5.0	3.0	5.0	2.5	3.5	3.5	1.0	4.0
7	3.0	4.5	3.0	5.0	3.0	1.5	2.5	1.0	4.0
8	2.0	3.0	2.0	5.0	4.0	3.0	3.5	2.0	3.5
9	3.0	4.0	3.0	5.0	3.0	3.5	4.5	2.0	4.0
10	3.0	2.0	3.0	4.0	2.0	2.5	3.5	3.0	3.0
11	3.0	4.0	2.0	3.0	2.0	3.5	4.5	3.0	4.0
12	2.0	5.0	3.0	5.0	2.0	3.5	4.5	2.0	4.0
13	3.0	3.0	2.0	4.0	2.5	1.5	5.0	2.0	2.0
14	2.0	2.0	3.0	5.0	1.0	2.5	3.5	2.0	3.5
15	3.0	3.0	3.0	5.0	3.0	2.5	2.5	1.5	4.0
16	2.0	4.0	3.0	5.0	3.0	4.0	4.0	3.0	2.0
17	4.0	3.0	2.0	5.0	4.0	2.0	2.5	2.0	4.0
18	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.5	3.5	3.0	4.0
19	2.0	4.0	1.0	3.0	3.0	2.5	3.5	2.0	2.5
20	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0	2.5	5.0	4.0	4.0
21	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	2.5	8.0	2.0	3.0
$\bar{X}$	2.76	3.40	2.81	3.95	2.52	2.57	3.86	2.02	3.50
S.D.	0.62	0.94	0.75	1.28	0.86	0.75	1.24	0.81	0.67

ตารางผนวกที่ ง.12 คะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เรียนผ่านรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฯ

ตัวอย่าง	เจตคติทางวิทยาศาสตร์*		ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**		การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**		การประยุกต์วิทยาศาสตร์ในบริบท**		ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์***	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	12.11	12.78	5.50	9.00	4.50	5.00	6.00	6.50	51.05	60.89
2	12.89	13.67	7.00	8.00	7.00	9.50	9.00	9.50	65.68	74.74
3	9.00	9.33	5.00	10.00	7.00	7.50	8.50	9.50	54.27	67.39
4	9.11	11.67	9.00	9.50	3.00	8.00	7.50	7.50	52.61	67.67
5	9.11	11.33	6.00	11.00	4.00	7.00	7.00	9.50	47.80	71.75
6	12.00	12.44	10.00	11.00	8.00	11.00	8.50	9.50	71.05	81.44
7	9.11	10.22	5.50	10.50	7.00	9.50	6.00	7.50	50.84	70.09
8	12.89	13.44	7.00	7.00	8.50	12.00	9.00	10.50	68.61	79.14
9	12.56	13.89	9.00	10.00	6.50	11.50	10.50	10.50	70.79	84.75
10	12.00	13.89	6.00	8.00	4.00	8.50	8.50	9.50	55.45	73.17
11	11.22	12.67	9.00	11.00	7.50	8.50	8.00	11.50	65.89	80.61
12	12.56	13.56	8.50	10.00	6.50	10.50	7.00	10.50	63.38	82.24
13	12.22	13.11	8.00	9.50	7.50	8.00	8.00	9.00	65.63	72.87
14	11.22	13.44	6.00	7.00	7.50	8.50	7.50	9.00	59.13	69.55
15	10.11	10.44	9.00	10.00	7.50	10.50	8.00	9.50	64.00	75.13
16	12.67	13.00	8.00	9.00	6.50	12.00	8.50	9.00	65.35	79.52
17	10.33	10.56	9.00	9.00	7.50	11.00	8.50	8.50	65.30	72.50
18	13.78	14.33	7.00	10.00	7.00	7.50	6.50	10.50	62.59	77.70
19	10.56	12.78	4.00	7.00	7.00	8.50	8.00	10.00	54.05	70.26
20	11.67	12.89	8.00	11.00	8.00	9.50	11.00	13.00	71.18	85.70
21	13.33	13.67	6.00	9.00	7.50	9.50	7.50	13.00	62.70	83.12
$\bar{X}$	**11.45**	**12.53**	**7.26**	**9.36**	**6.64**	**9.21**	**8.05**	**9.69**	**61.30**	**75.25**
S.D.	**1.50**	**1.40**	**1.65**	**1.32**	**1.48**	**1.79**	**1.25**	**1.59**	**7.27**	**6.54**

หมายเหตุ * คะแนนเต็ม 15 คะแนน

** คะแนนเต็ม 13 คะแนน

*** คะแนนเต็ม 100 คะแนน

ภาคผนวก จ

ผลสอบ CRFR

BANSOMDEJCHAOPRAYA
RAJABHAT UNIVERSITY

This is to certify that

MR. SIRAPOB THEPPHITUK

Achieved BSRU English Proficiency Test (BSRU-TEP) level

C2

Given on 8th January 2020

(Dr. Sutipporn Chotratanasak)
Vice President

ภาคผนวก ฉ

บทความวิจัยและหนังสือตอบรับการตีพิมพ์ผลงานวิจัย

วารสารสารสนเทศปีที่ 22 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2566)

A Confirmatory Factor Analysis of Scientific Literacy Model's General Science Student Teachers at Rajabhat University in Thailand

*Sirapob Thepphitak**

*Wirot Watananimitgul***

*Areewan Iamsa-ard****

*Jittawisut Wimuttipanya*****

Received: 11 October 2023 Revised: 30 October 2023 Accepted: 8 November 2023

Abstract

Scientific literacy is acrucial need to apply for understanding phenomenon and problem solving of general science student teachers and necessary to prepare for work in school. This research developed model of scientific literacy of general science student teachers at Rajabhat University, which consisted of 4 components, namely scientific attitude, understanding the nature of science, scientific inquiry ability and application of science to contexts including 12 indicators, and aimed to confirm the model with empirical data. The samples were 400 second-year general science studentteachersof16 Rajabhat Universities, selected by two-stage random sampling. Data collection was conducted through a questionnaire with 36 questions. The data were analyzed using descriptive statistics such as mean, standard deviation and confirmatory factor analysis (CFA). The research finding revealed that the model of scientific literacy components'general science student teachers was confirmed by the four components. The model was confirmed by the second order CFA which the factors were consistent with empirical data (χ^2=55.201, df=43, p=0.100, relative χ^2=1.284, GFI=0.978, AGFI=0.961, NFI=0.987, RMR=0.006, SRMR=0.0251, RMSEA=0.027).In addition, the standardized scores loading of four components were in the range of 0.788-0.860, the AVE was in the range of 0.746-0.878, and the CR was in the range of0.898-0.951. The highest score loading was the scientific inquiry ability followed by the understanding of the nature of science, application of science to context and

---

* Ph.D. Candidate in Curriculum and Instruction, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Thailand

-*-****Faculty of Education, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Thailand.

* Corresponding author E-mail address: sirapob.th@bsru.ac.th (S. Thepphitak)

scientific attitude (standardized scores loading 0.860, 0.826, 0.8925 and 0.788 respectively). These results employed to develop a scientific literacy test for assessment general science student teachers at Rajabhat University's skills and develop instructional model for promote their abilities.

Keywords: Scientific literacy, Confirmatory factor analysis, General science student teacher

Introduction

In the 21st century, the advancement of science and technology play a role and impact human life rapidly and volatile in all aspects, becoming an essential part of the culture of human society (Mali, 2019; Office of the Basic Education Commission, 2017) Therefore, in the scientific situation, all citizens must develop into science-literate. They require learning science to gain sufficient scientific knowledge and skills for awareness and application in their life (Kitkeukool, 2013) Nowadays, countries around the world have focused on promoting scientific literacy for students at all levels, especially in the primary education system, in order to enable students to gain scientific knowledge and understanding and develop various scientific skills, which affect their ability and performance in their future work (Hermita et al., 2020) Many countries have participated in the Programme for International Student Assessment (PISA) to evaluate the scientific literacy of their students (OECD, 2019) including Thailand. According to the PISA Report 2018, Thai students still scored lower than the OECD average on the PISA test, and their average score remained constant. Moreover, regional school students needed help identifying, explaining, and applying scientific knowledge in real-life situations (IPST, 2021). One of the leading causes of this problem was the teaching and assessment methods of teachers who focused on content knowledge, which resulted in students needing more competence to apply their knowledge in their daily lives (Rangabthuk, 2020). Researchers and educators agree that the scientific literacy of science teachers is an essential factor for students' scientific literacy and achievement (Al Sultan et al., 2018 ; Barber & Mourshed, 2007)Since science teachers had a role in preparing effective science teaching, teacher literacy was the key to success in developing scientific literacy at all levels (Barber & Mourshed, 2007), especially for students in local contexts (Hanushek et al.,

2014). However, numerous schools in local areas of Thailand still need more teachers specializing in their subject contents and effective teaching techniques (IPST, 2012, cited in Wansudon et al., 2017).

Researchers reported that science teachers need to improve their ability to promote an understanding of the nature of science, which is an essential component of scientific literacy (Agustiani et al., 2020; Kamsrikaew et al., 2018; Supprakob et al., 2017). Science student teachers who in process of prepare science education also have limited scientific literacy, especially they have misconceptions about the nature of science in various issues (Agustiani et al., 2020; Jaruanlikitkawin & Chaikit, 2020; Jituafua et al., 2015; Khumraksa&Rakbamrung, 2020; Sairattanain, 2015). Even though they practice professional experience in school, they have misconceptions about the nature of science and limitations in the skills of applying and integrating knowledge in teaching to make students understand the nature of science (Jituafua et al., 2015; Gamjadpai, 2019;Safkolam&Thiangchanthathip, 2021).Teacher preparation programs in universities in local contexts should enhance the scientific literacy of general science student teachers, which will result in their competence and effectiveness.In the local context of Thailand, Rajabhat Universities, a group of universities, is responsible for preparing quality teachers that are consistent with the local context (Rajabhat University Act 2004, 2020). They have an essential role in enhancing the scientific literacy of general science student teachers to perform their duties according to the context. In promoting scientific literacy for the general science student teachers according to the context, it is necessary to know the elements of scientific literacy appropriate to the context. However, research on the components of scientific literacy of general science student teachers in local contexts is limited. This research focuses on developing scientific literacy models for measuring and teaching models for promoting scientific literacy to general science student teachers.

Theoretical Review: Concept of Scientific Literacy

Scientific literacy originated in Western society and was introduced in the United States in the 1950s to solve the problem of science education in the education system. The US government brought it to define a policy that all citizens must receive a comprehensive primary science education. (Hurd, 1958). Furthermore, the central component of scientific literacy is the adequate understanding of the nature of science, which was conceptualized

and defined by the science education community during the past 100 years (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). The concept of scientific literacy is consistent with the constructivist theory, which emphasizes that learners create knowledge for themselves. (Ladhachart & Ladhachart, 2018). Scientific literacy is humans' essential ability to apply to understand various phenomena and solve problems in scientific situations. It helps individuals to understand scientific knowledge along with the process of inquiry or the way of obtaining scientific knowledge and to be able to use scientific knowledge creatively for society in a context-appropriate manner (IPST, 2021; ORST, 2019).

In the research, we review research documents to establish the components of scientific literacy that align with global perspectives and to adjust some aspects to align with the local context of Thailand. The foundational understanding was derived from an analysis of historical developments in scientific literacy over the past 70 years (e.g., DeBoer, 2000; Holbrook & Rannikmae, 2007; Hurd, 1958; Laugksch, 2000). This theoretical understanding was complemented by policies from relevant organizations in science education (e.g., IPST, 2021, NRC, 2006; OECD, 2019) and research works of various academics (e.g., BouJaoude, 2002; Costa et al., 2021; Dirks & Knight, 2016; Five et al., 2014; Pella et al., 1965; Sawatmool, 2002). This comprehensive review aimed to establish a framework of concepts that align with the context of general science educators.

In the research, a review of research documents was conducted to establish the components of scientific literacy that align with global perspectives and to adjust some aspects to align with the local context of Thailand. The foundational understanding was derived from analyzing historical developments in scientific literacy over the past 70 years. This theoretical understanding was complemented by policies from relevant organizations in science education (e.g., IPST, 2021; NRC, 2006; OECD, 1993) and research works of various academics (e.g., BouJaoude, 2002; Costa et al., 2021; Dirks & Knight, 2016; Five et al., 2014; Pella et al., 1965; Sawatmool, 2002). This comprehensive review aimed to establish a framework of concepts that align with the context of general science educators. The components of scientific literacy that were synthesized include four primary elements: 1) scientific attitude, 2) understanding of the nature of science, 3) scientific inquiry abilities, and 4) application of science in context (figure 1). The conceptual framework used in the research is summarized as follows:

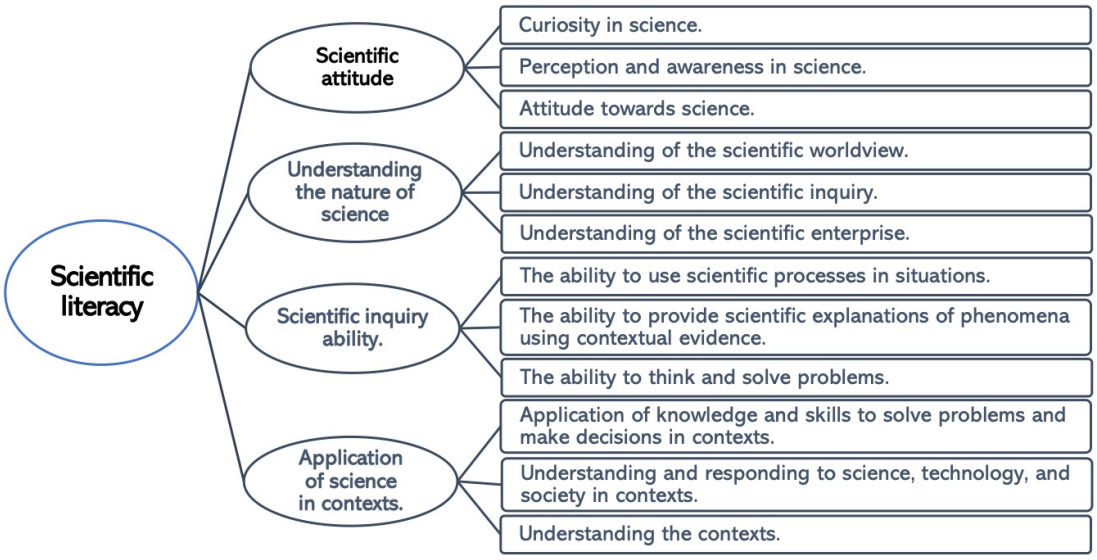


Figure 1 Conceptual framework of scientific literacy's general science student teachers at Rajabhat University.

1. Scientific attitude is the motivation that drives a person to change their knowledge and skills towards practicing inquiry using scientific processes and methods willingly (Gauld, 1982). This ability identifies: a) Curiosity is an attitude that arises from aspiration that results in interest, curiosity, or intention to learn science. For example, being curious about various phenomena, being interested in science-related things, and intending to develop science. b) Perception and awareness of the value of science arise from motivation that stimulates the perception and use of science to create value. For example, having values, believing in science, seeing the value and importance of science, and having scientific ethics. Furthermore, c) Attitude towards science is a process that arises from responding to positive and negative emotional states. (BouJaoude, 2002 ; Champagne & Klopfer, 1982 ; Costa et al., 2021 ; Dirks & Knight, 2016 ; Fives et al., 2014 ; IPST, 2018 ; ORST, 2019 ; Pella et al., 1965 ; Sawatmool, 2002).

2. Understanding the nature of science refers to the ability to interpret, expand, and explain with reasons related to the specific characteristics of science, the pursuit of scientific knowledge, and the relationship between science, technology, and society. This ability identifies a) an understanding of scientific worldview, an understanding of the perspective that science has on various phenomena around it, according to the philosophy of science, based on evidence and reason, b) an understanding of scientific inquiry: an understanding of the

process of inquiry for scientific knowledge, which includes reasoning, empirical evidence, imagination and creativity to provide explanations and predictions and summarize for use as scientific knowledge without bias and c) an understanding of scientific enterprise: an understanding of interrelationship of science, technology, and society, which in scientific context. (BouJaoude, 2002; Costa et al., 2021; Fives et al., 2014; Holbrook & Rannikmae, 2007; NRC, 2006 ; OECD, 2019; ORST, 2019 ; Pella et al., 1965; Sawatmool, 2002 ; Yore et al., 2007).

3. Scientific inquiry ability refers to applying scientific methods and skills in scientific situations (ORST, 2019). It has sub-components: a) the ability to use scientific processes, b) the ability to explain phenomena in context, citing evidence and various theories to support claims with cause and effect, and c) the ability to think, solve problems and make decisions in scientific situations. (Champagne & Klopfer, 1982; Costa et al., 2021; NRC, 2006; Fives et al., 2014; Holbrook &Rannikmae, 2007; OECD, 2019; ORST, 2019; Pella et al., 1965; Sawatmool, 2002; Yore et al., 2007).

4 . The Application of science in context refers to the ability to apply scientific knowledge and skills in contexts appropriately. General science teachers should have the following abilities: a) application of knowledge and skills to solve problems and make decisions in context, b) understanding and responding to science, technology, and society in context, and c) Understanding the context at the individual, social, national, and global levels (BouJaoude, 2002 ; Champagne & Klopfer, 1982 : Costa et al., 2021; Holbrook & Rannikmae, 2007; Fives et al., 2014; NRC, 2006; OECD, 2019; ORST, 2019;Pella et al., 1965; Sawatmool, 2002; Yore et al., 2007)

Objectives

To analyze and validate the confirmatory factor model of scientific literacy's general science student teachers at Rajabhat University with empirical data.

Research Method

This quantitative research uses the secondary confirmatory factor analysis technique to investigate the consistency of the scientific literacy model of general science student teachers at Rajabhat University. The research method is as follows:

1. Population and Sample: The population consisted of 1200 undergraduate students who in the second year of the academic year 2022 in general science programme of Rajabhat University. The sample was general science student teachers from Rajabhat University who are currently studying in the second year of the academic year 2022. The sample size was calculated using the G*power program, with 12 observed variables, 33 parameters to be estimated, an Effect Size equal to 0.3 at the statistical significance level 0.05, and a test power value equal to 0.80. Calculate the degrees of freedom of model (df) using the method of Schumacker and Lomax (2010) obtained 45, resulting in an appropriate minimum sample size of 322. In the research, a sample size of 400 persons was determined, which exceeded the minimum number aligned with Gagne and Hancock (2006) also recommended a minimum sample size of 400 for confirmatory factor analysis of component structures. We recruit samples by a multi-stage random sampling method: 1) Stage 1: Stratified random sampling: We select representatives from 16 universities, all divided into seven regional groups. The universities were chosen proportionally from each region using a random sampling method, and 2) Stage 2: Convenience Sampling: We selected 400 second-year students from the selected universities were randomly chosen, with 25 students from each university.

2. Instrument: The research instrument consisted of a questionnaire divided into two parts: 1) Part 1 contained three questions about respondents' general information, and 2) Part 2 contained 36 Likert-scale questions designed to measure respondents' opinions on their scientific literacy in four dimensions: scientific attitude, understanding of the nature of science, scientific inquiry ability, and application of science in contexts—The questionnaire was checked for validity by five experts for the Index of Item Objective Congruence (IOC). Items with an IOC value above 0.50 were selected (Rovinelli & Hambleton (1977). The resulting questionnaire items had IOC values between 0.80-1.00, indicating their content validity. The questionnaire was tried out with 30 science student teachers and calculated Cronbach's alpha coefficient for reliability, which had a coefficient equal to 0.979. The four dimensions of scientific literacy, 1) scientific attitude, 2) understanding of the nature of science, 3) scientific inquiry ability, and 4) application of science in context, demonstrated high reliability with coefficients of 0.913, 0.940, 0.942, and 0.925, respectively. Nunnally et al. (1 9 7 8) suggested that a coefficient value greater than or equal to 0.70 is an acceptable value.

3. Data Collection: After obtaining approval from the Human Research Ethics Committee (COA No. BSRU-REC 660206), we sent questionnaires and a request for a data

collection authorization letter to the 16 selected state universities for data collection. Upon receiving authorization, the universities returned the questionnaires by mail. We prepared and categorized samples for data analysis. The samples were 71 male respondents (17.75% of the total sample) and 329 female respondents (82.25% of the total sample).

4. Data Analysis: We analyzed the data using the following analytical methods: 1) descriptive statistics, i.e., mean, standard deviation, coefficient of variation, Skewness, and Kurtosis ; 2) Pearson's correlation coefficient; and 3) secondary order confirmatory factor analysis. We assess the scientific literacy model's construct validity by the second-order CFA examining the relationships among latent factors (second-order factors) that explain the observed correlations between measured variables (first-order factors).

Results

The basic statistics showed that scientific literacy had an average of 4.49, a standard deviation of 0.47, and a coefficient of variation (C.V.) of 0.10. When taking the data to test the skewness and kurtosis by considering the skewness criteria of Meyers et al. (2006), which proposed that it should be no more than 0.50 and considering the kurtosis criteria of Bollen (1989), it was proposed that the kurtosis It should be no more than 3. The analysis result showed that the data were slightly negatively skewed, and the kurtosis was within the criteria. However, for data exceeding 200 samples, the normality of the data except this criterion was excluded (Hair et al., 2006). Therefore, the data obtained from the data collection can be used for CFA analysis. The data collection was analyzed by Pearson's correlation of variables. The correlation matrix analysis of the 12 observed variables shows the correlation among latent variables with a significant statistic correlation at 0.01. The correlation value ranged between 0.452 and 0.879.Moreover, the correlation matrix is not an identity matrix. It shows that all variables are sufficiently related to each other to be used for further component analysis (Bartlett's Test of Sphericity: Approx. Chi-Square=4105.523, df=66, p=0.000)
The parameters of the scientific literacy for general science student teachers at Rajabhat University were organized and analyzed by confirmatory factor analysis. The first-order factor analysis was for the indicators (Table 1), and the second-order factor analysis was for factors (Table 2).Table 1 and 2 show the confirmatory factor analysis results of the scientific literacy of general science student teachers at Rajabhat University. The model fit indices are as follows:

Chi-square (χ^2) = 55.201 (df = 43, p = 0.100), Relative Chi-square (χ^2/df) = 1.284, RMSEA = 0.027, GFI = 0.978, AGFI = 0.961, CFI = 0.997, NFI = 0.987, NNFI=0.995, RMR = 0.006, and SRMR = 0.025. All the fit indices meet the specified criteria. Relative chi-square is less than 2, RMSEA, RMA, and SRMA are less than 0.05, and GFI, AGFI, NFI, and NNFI are greater than 0.95.

Table1 Estimated parameters and statistics of first-order CFA of scientific literacy model for general science student teachers at Rajabhat University.

Factors	βi	bi	SE	t	r^2
1. Scientific Attitude(SA)					
SA1: Curiosity in science.	0.893	0.437	-	-	0.798
SA2: Perception and Awareness in science.	0.936	0.474	0.017	28.330	0.876
SA3: Attitude towards science	0.853	0.422	0.018	23.818	0.728
2. Understanding of the nature of science (NOS)					
NOS1: Understanding of the scientific worldview.	0.863	0.423	-	-	0.745
NOS2: Understanding of the scientific inquiry.	0.849	0.373	0.018	20.821	0.721
NOS3: Understanding of the scientific enterprise	0.849	0.417	0.020	20.866	0.720
3. Scientific inquiry Abilities (SIA)					
SIA1: The ability to use scientific processes in situation.	0.867	0.452	-	-	0.751
SIA2: The ability to provide scientific explanations of phenomena using contextual evidence.	0.905	0.482	0.020	23.718	0.819
SIA3: The ability to think and solve problem.	0.817	0.416	0.020	20.414	0.668
4. Application of science to contexts (ASC)					
ASC1: Application of knowledge and skills to solve problems and make decisions in contexts.	0.808	0.404	-	-	0.654
ASC2: Understanding and responding to science, technology, and society in contexts.	0.944	0.506	0.022	23.497	0.890
ASC3: Understanding the contexts.	0.929	0.489	0.021	23.101	0.862

Table 2 Estimated parameters and statistics of second-order CFA of scientific literacy model for general science student teachers at Rajabhat University.

Latent variables	SC	bi	SE	t	R^2	AVE	CR
Scientific Attitude	0.788	0.379	0.041	9.238	0.621	0.800	0.923
Understanding the Nature of Science	0.826	0.318	0.042	7.668	0.682	0.866	0.942
Scientific inquiry Ability	0.860	0.261	0.040	6.567	0.739	0.746	0.898
Applying science to contexts.	0.825	0.321	0.039	8.277	0.679	0.878	0.951

Chi-square (χ^2)=55.201 (df=43, p=0.100), Relative Chi-square (χ^2/df)=1.284 (<2) RMSEA=0.027 (<0.05) GFI=0.978 AGFI=0.961 CFI=0.997 NFI=0.987 NNFI=0.995 (>0.95) RMR=0.006(<0.04) SRMR=0.025 (<0.05)

Therefore, it concluded that the scientific literacy of general science student teachers at Rajabhat University comprises four main components: scientific attitude, understanding of the nature of science, scientific inquiry ability, and application of science in contexts where the scientific attitude component measured by three observed variables, namely SA1, SA2, and SA3, the component of understanding the nature of science measured by three observed variables: NOS1, NOS2, and NOS3, scientific inquiry ability component measured by three observed variables, namely SIA1, SIA2, and SIA3, and the component of application of science in contexts measured by three observed variables, namely ASC1, ASC2 and ASC3.It found that the scientific inquiry ability was the most important, followed by understanding the nature of science, application of science in contexts, and scientific attitude, respectively (standardized coefficient of weights were 0.860, 0.026, 0.825, and 0.788, respectively). When considering the weight of the latent variables, the importance of each component is as follows:

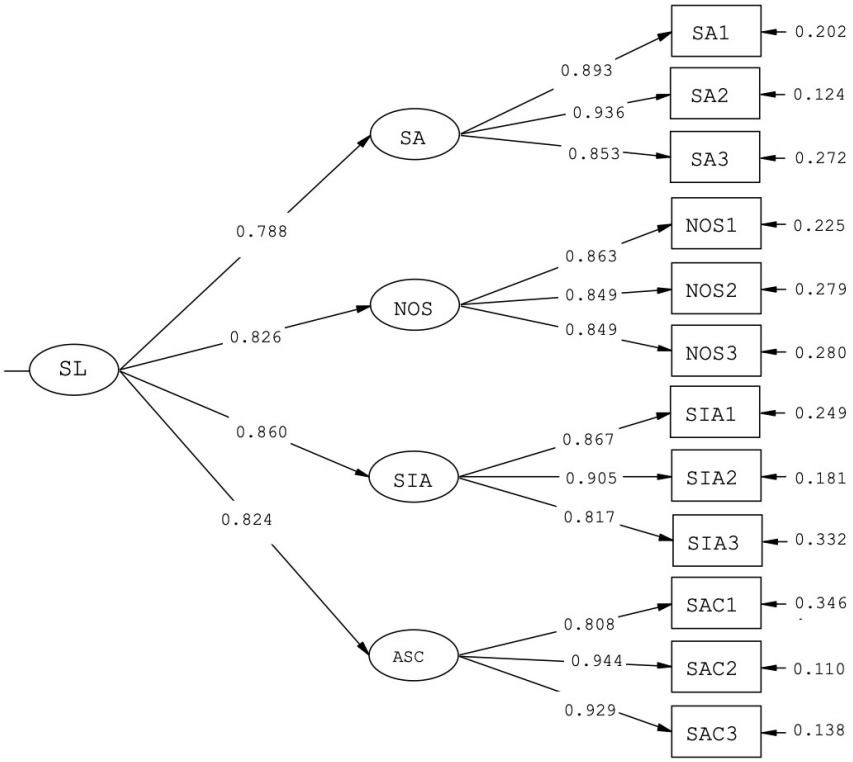
1) Scientific attitude is measured by the observable variables SA1, SA2, and SA3, with SA2 being the most significant, followed by SA1 and SA3 (standardized coefficient of weights were 0.936, 0.893, and 0.853, respectively).

2) Understanding of the Nature of Science, measured by the observable variables NOS1, NOS2, and NOS3, with NOS1 being the most significant, followed by NOS2 and NOS3 (standardized coefficient of weights were 0.863 0.849, and 0.849, respectively).

3) Scientific Inquiry Ability, measured by the observable variables SIA1, SIA2, and SIA3, with SIA2 being the most significant, followed by SIA1 and SIA3 (standardized coefficient of weights were 0.905, 0.867, and 0.817, respectively).

4) Application of science in context Measured from 3 variables, ASC2 was the most important, followed by ASC3 and ASC1 (standardized coefficient of weights were 0.944, 0.929, and 0.808, respectively).

The reliability values of Cronbach's alpha coefficient of latent variables, namely, scientific attitude, understanding the nature of science, scientific inquiry ability, and applying science to contexts, were 0.932, 0.889, 0.898, and 0.920, respectively. The measurement model of scientific literacy of general science student teachers at Rajabhat University is shown in Figure 2



Chi-Square=55.20, df=43, P-value=0.10047, RMSEA=0.027

Figure 2 Results of the second confirmatory factor analysis of the scientific literacy model for general science student teachers at Rajabhat University.

According to the research results, it found that the science literacy model of general science student teachers was consistent with the empirical data, which shows second-order confirmatory fidelity to the Scientific literacy of general science student teachers. It consists of four major components: scientific attitude, understanding the nature of science, scientific

inquiry ability, and applying science to contexts, and the four major components can combine into a single component with structural validity.

Discussion

The research found a second confirmatory component model of science literacy of general science student teachers consisting of 4 main components: scientific attitude, understanding the nature of science, scientific inquiry ability, and applying science to contexts, with all models being consistent with empirical data. The weights of the elements are arranged in descending order as follows:

1. Scientific inquiry ability: This ability was the most correlated with scientific literacy, probably because this ability was an essential factor affecting students' ability to acquire and create new knowledge on their own, consistent with Dirks and Knight (2016) and Wansudon et al. (2017) said that science teachers should engage in scientific inquiry and experimental design which will result in the ability to apply in context when working in schools. Students can use it to develop and design classroom activities. Including the application in daily life.

2. Understanding the nature of science: This element has a standard weight coefficient of elements with inferior values and close to that of the first component, indicating that understanding the nature of science plays an important role and is closely related to scientific intelligence, in line with Costa et al. (2021) which proposes the idea that the nature of science involves a process with various phases and includes the values and assumptions of scientific knowledge as well as the epistemology of science. Therefore, it should be given importance to promote understanding of the nature of science to student teachers. Supprakob et al. (2017) suggesting that Thailand should promote understanding of the nature of science for science teachers, especially science student teachers, to have the ability to integrate science learning and apply it to teaching in the classroom. This element is, therefore, essential to encourage student teachers to have more effective scientific inquiry capabilities.

3. Application of science in contexts: It is the ability that the component weight is close to the second component. Indicates that applicability is essential and relevant. If students can investigate science and understand the nature of science, good will result in application. Therefore, it is necessary to encourage student teachers to apply knowledge and skills in relevant contexts to be used to develop teaching in schools following the

context, which is consistent with Costa (2021), which suggests that using the scientific process in the resolution of problems, decision making and building an understanding of the universe including the application of scientific concepts, theories, and laws in interactions with the universe.

4. Scientific attitude: It has the lowest standard coefficient weight. However, it also has a relationship with high scientific intelligence. It indicates that the development of scientific intelligence due to scientific attitudes is a motive that drives a person to change their knowledge and skills towards practicing inquiry using scientific processes and methods willingly (Gauld, 1982).

Recommendations:

Science education programs in local universities that encountered constraints of science literacy in science student teachers. These research results, especially the factors and indicators, have been adapted into a scientific literacy test for assessing student teachers. This assessment instrument should be tailored to the local context. The evaluation of scientific literacy among student teachers at each individual or university would perceive their strengths and weaknesses to develop instruction methods for promotion.

References

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*. 22(7), 665–701.

Agustiani, E.D., Rustaman, N. & Wulan, A.R. (2020). Elementary school teachers' scientific competence and their teaching experiences. *Journal Basicedu.* 4(2), 306-313.

Al Sultan, A., Henson, H. J., & Fadde, P. J. (2018). Pre-service elementary teachers' scientific literacy and self-efficacy in teaching science. *IAFOR Journal of Education*. 6(1), 25–41. https://doi.org/10.22492/ije.6.1.02

Barber, M. & Mourshed, M. (2007). *How the world's best-performing school systems come out on top.* McKinsey and Company.

Bollen, A. K. (1989). *Structural Equations with Latent Variables.* A Wiley Inter science publication.

BouJaoude, S. (2002). Balance of scientific literacy themes in science curricula: The case of Lebanon. *International Journal of Science Education*. 24 (2), 139–156.

Champagne, A.B. & Klopfer, L.E. (1982). Actions in a time of crisis. *Science Education*. 66(4), 503-51

Costa, A. M., Ferreira M. E. & M Joaquim da Silva Loureiro. (2021). Scientific literacy: the conceptual framework prevailing over the first decade of the twenty-first century. *Revista Colombiana de Educación*. 81, 195-228.

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching.* 37(6), 582-601.

Dirks C. & Knight J. K. (2016). Measuring college learning in biology. In Arum R., Roksa J., Cook A. (Eds.), *Improving quality in American higher education: Learning outcomes and assessments for the 21st century* (pp. 225–260). Jossey-Bass.

Fives, H., Nicolich, M., Birnbaum, A. & Huber, W. (2014). Developing a measure of scientific literacy for middle school students. *Science Education.* 98(4), 549–580.

Gagne, P., & Hancock, G. R. (2006). Measurement model quality, sample size, and solution propriety in confirmatory factor model. *Multivariate Behavioral Research.* 41, 65-83.

Gumjudpai, S. (2019). A model for developing student teacher's competency on the teaching practicum preparation based on empowerment and active learning instruction: A case study in Sakon Nakhon Rajabhat University. *Journal of Graduate School, Pitchayatat, Ubon Ratchathani Rajabhat University*. 14(1), 151–161. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/Pitchayatat/article/view/221612

Hair, J. F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E.,& Tatham, R.L. (2006). *Multivariate data analysis.* (6th ed.). Pearson Education.

Hanushek, E. A., Piopiunik, M. & Wiederhold, S. (2019). The value of smarter teachers: International evidence on teacher cognitive skills and student performance. *The Journal of Human Resources*. 54(4), 858-899.

Hermita, N., Alpusari, M., Alim, J. A. & Suanto, E. (2020). Extracting indigenous Riau-Malays' Scientific literacy through Lancang Kuning Folklore with thematic learning in the primary school context. *Journal of Education, Teaching and Learning.* 5(1), 59-66.

Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*. 29(11), 1347-1362.

Hurd, D. (1958). Scientific literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership,* 16(1), 13-16, 52.

IPST. (2021). *PISA 2018 Results: Reading, mathematics, and science*. IPST publication.

Jaruanlikitkawin, W., &Chaikit, N. (2021). Scientific literacy of science student teachers. *Journal of Education Thaksin University.* 20(2), 154–165. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/eduthu/article/view/240542

Jituafua, A., Pongsophon, P., Visetson, S., & Kanchanawarin, C. (2015). Pre-service science teachers' understanding of nature of science and ability to integrate nature of science into teaching. *Kasetsart Journal of Social Sciences.* 36(2), 308–321. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/243312

Khumraksa, B. & Rakbamrung. P. (2020). A study of the understanding of scientific method of science student teachers who experienced in research-based learning activity. *Kasetsart Educational Review.* 35(1), 48-56. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/view/188580

Kitkeukool, S. (2013). Nature of science and Its learning benchmarks. *Journal of Education, Naresuan University.* 15(2), 137-142. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/9236

Ladachart, L., & Ladachart, L. (2018). From scientific literacy and inquiry to stem education and design. *Journal of Education Naresuan University*. 20(1), 246–260. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/115593

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education.* 84(1), 71-94.

Mali, S. (2019). Transforming into an organization that is ready to change in an era of transformative change. *OCSC e-Journal.* 61(2), 8-10.

Meyers, L. S., Glenn, G., & Guarino, A. J. (2006*). Applied multivariate research: Design and interpretation*. Sage.

NRC. (2006). *Systems for state science assessment*. National Academies Press.

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill.

OECD. (2019). *Assessment and analytical framework, PISA.* OECD Publishing.

Office of the Basic Education Commission. (2 0 1 7). *Indicators and core learning content of science learning. (Revised 2017) according to the Basic Education Core Curriculum 2008*. Thailand Agricultural Cooperative Assembly Printing House.

Office of the Higher Education Commission. (2017). *Thai qualification framework for higher education (TQF : HED).* Author.

Office of the Royal Society (ORST). (2019). *Why we need to be literate: studying from phenomena and predicting the future.* Author.

Pella, M. O., O'Hearn, G. T., & Gale, C. W. (1965). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in science Teaching.* 4, 199-208.

Rajabhat University Act, B.E. 2547. (2020). *Government Gazette*. Book number 121. pp. 1-26.

Rangabthuk, W. (2020). Thai Learners' key competencies in a VUCA world. *Journal of Teacher Professional Development.* 1(1), 8-18.

Rovinelli, R.J., & Hambleton, R. K. (1977) On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-Referenced Test Item Validity. Tijdschrift Voor Onderwijs Research. 2, 49-60.

Safkolam, R. & Thiangchanthathip, K. (2021). Pre-service Science Teachers' Understanding of the Nature of Science. *Journal of Yala Rajabhat University.* 16(2), 276-286. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yru_human/article/view/248861

Sairattanain, S. (2015). Student teachers' understanding of nature of science: Case study of forth year students, majoring in science, Sisaket Rajabhat University, *Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference: Education, Economics and Business Administration, Humanities and Social*, p. 305-312. Kasetsart University.

Sawatmool, S. (2002). *A study of the characteristics of scientific knowledge*. Khon Kaen University.

Schumacker, R. E. & Lomax, R. G., (2010). *A beginner's guide tostructural equation modeling*. (3rd ed.). LawrenceErlbaum Associates.

Supprakob, S., Faikhamta, C., & Suwanruji, P. (2017). Science teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Kasetsart Journal of Social Sciences.* 38(3), 704–716. Retrieved from https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/242785

Wansudon, S., Yamrung, R., Dansirisuk, W. & Pratoomtong, W. (2017). The scenario of pre-servic science teacher education in next decade (B.E.2017-2026). *Journal of education.* 18(2), 170-186

Yore, L.D., Pimm, D. & Tuan, HL. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education.* 5, 559-589. https://doi.org/10.1007/s10763-007-9089-4

วร.สนว. 2568/046

Journal of Educational Innovation and Research
Institute of Educational Innovation and Research of Suvarnabhumi
22/2 Moo 5, Nong Prue Subdistrict, Phanatnikhom District, Chonburi Province, Thailand 20140

Date: June 30, 2025

Subject: Acceptance of Research Article for Publication in the *Journal of Educational Innovation and Research*

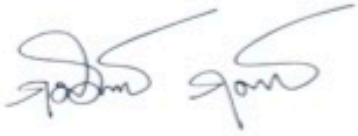
Dear Sirapob Thepphitak, Areewan Iamsa-ard, Wichian Intarasompan and Jittawisut Wimuttipanya

Regarding the research article you submitted, titled **" The Effect of Using the Integrated NOS Instructional Model on Enhancing the Scientific Literacy of Science Student Teachers at Rajabhat University"** the Editorial Board of the *Journal of Educational Innovation and Research* at the Institute of Educational Innovation and Research of Suvarnabhumi would like to inform you that your article has successfully passed the quality assessment conducted by three qualified reviewers from various institutions, none of whom are affiliated with the same institution as the authors. The Editorial Board has approved your article for publication.

Moreover, the *Journal of Educational Innovation and Research* has been accredited by the Thai-Journal Citation Index Centre (TCI) and classified in **Group 1: Journals Certified by TCI Quality Assessment** (valid until December 31, 2029), according to the 2025 evaluation results.

Your article will be published in *Journal of Educational Innovation and Research*, **Volume 9, Issue 4 (October–December 2025)**. We sincerely thank you for your contribution.

Yours respectfully



กองบรรณาธิการวารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย
โทร 038-198600 มือถือ 094-9615665,061-8236116

สถาบันเทคโนโลยีนวัตกรรมทางการศึกษา
และการวิจัยแห่งสุวรรณภูมิ (สนว)
Suvarnabhumi Institute of Innovation Technology Education and Research (SITER)

ภาคผนวก ช
เอกสารรับรองของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

COA No. BSRU-REC 660206

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ซอยอิสรภาพ15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600 โทรศัพท์ 0 2473 7000 ต่อ 1600-1601 หรือ 1603

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP

ชื่อโครงการ : การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏ

เลขที่โครงการวิจัย : 001/66E01

ผู้วิจัยหลัก : อาจารย์สิรภพ เทพพิทักษ์

สังกัด : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

วิธีทบทวน : แบบเร่งด่วน (Expedited Review)

รายงานความก้าวหน้า : ส่งรายงานความก้าวหน้าเมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยหรือไม่เกิน 12 เดือน

เอกสารรับรอง : โครงการวิจัย หมายเลข 001/66E01-V.02 และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ลงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566

ลงนาม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิจจา จิตรภิรมย์)
ประธาน
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารี ผสานสินธุวงศ์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

วันที่รับรอง : 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566
วันหมดอายุ : 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ–สกุล นายสิรภพ เทพพิทักษ์

ที่อยู่ 42 หมู่บ้านศิริชัย1-2 ถนนพิบูลสงคราม 22 ตำบลบางเขน
อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

ที่ทำงาน อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
พ.ศ. 2543	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2568	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา