

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการ
ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี



นางสาวธีรศรา แสงมิ่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

พ.ศ. 2562

The Effects of Problem-Based Learning (PBL) in the Topic of Heredity
and Evolution on Critical Thinking and Learning Achievement
of Mathayom Suksa V Students at Pibulwitthayalai School
in Lop Buri Peovince

Miss Teerisara Sangmung



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University

2019

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

ชื่อและนามสกุล นางสาวธีรศรา แสงมั่ง

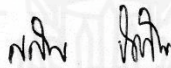
วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ชรรมประทีป
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

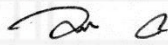
วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม 2563

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



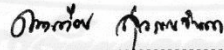
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)



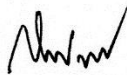
กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ชรรมประทีป)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)



ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร พุทธาพิทักษ์ผล)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

ผู้วิจัย นางสาวธีรศรา แสงมั่ง **รหัสนักศึกษา** 2592000349

ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป

(2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัยที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัยที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี จำนวน 72 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม และจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พันธกรรมและวิวัฒนาการ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, พันธกรรมและวิวัฒนาการ

Thesis title: The Effects of Problem-Based Learning (PBL) in the Topic of Heredity and Evolution on Critical Thinking and Learning Achievement of Mathayom Suksa V Students at Pibul Witthayalai School in Lop Buri Province

Researcher: Miss Teerisara Sangmung; ID: 2592000349;

Degree: Master of Education (Science Education);

Thesis advisors: (1) Dr. Jurarat Thammaprteep, Associate Professor;

(2) Dr. Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2019

Abstract

The purposes of the research were (1) to compare critical thinking of Mathayom Suksa V Students at Pibul Witthayalai School who learned under the problem-based learning (PBL) management with that of students who learned under traditional learning management; and (2) to compare learning achievement in the topic of Heredity and Evolution of Mathayom Suksa V Students at Pibul Witthayalai School who learned under the problem-based learning (PBL) management with that of students who learned under traditional learning management.

The research sample consisted of 72 Mathayom Suksa V students in two classrooms in the Arts Learning Program of Pibul Witthayalai School in Lop Buri province during the second semester of the 2019 academic year, obtained by cluster random sampling. After that, one classroom was randomly assigned as the experimental group; the other classroom, the control group. The employed research instrument was a set of learning management plans for the problem-based learning management in the topic of Heredity and Evolution. The data collecting instruments comprised a critical thinking test and a learning achievement test in the topic of Heredity and Evolution. Data were analyzed using the mean, standard deviation, and t-test.

The research findings showed that (1) critical thinking of Mathayom Suksa V students who learned under the problem-based learning (PBL) management was significantly higher than that of students who learned under traditional learning management at the .05 level of statistical significance; and (2) with the statistical significance at .05 and (2) learning achievement in the topic of Heredity and Evolution of Mathayom Suksa V students who learned under the problem-based learning (PBL) management was significantly higher than that of students who learned under traditional learning management at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Critical thinking, Learning achievement, Problem-based learning, Heredity and Evolution

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช รองศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณครุวิภาณีย์ จิรธรรมาภักดิ์ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำด้านการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และขอขอบพระคุณคณาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้เสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และตรวจสอบเครื่องมือวิจัย รวมถึงบุคลากรทางการศึกษาที่สนับสนุนการเก็บข้อมูลวิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษาและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา อนึ่ง ขอมอบความกตัญญูทุกเวทีตาคันแต่คุณแม่ภัทร แสงพลบ ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษาและการทำวิจัยในครั้งนี้

ฉิริศรา แสงมั่ง

กรกฎาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
กรอบแนวคิดการวิจัย	5
สมมติฐานการวิจัย	6
ขอบเขตการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
ประโยชน์ที่ได้รับ	9
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	10
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	11
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	25
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	46
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	66
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	66
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	67
การเก็บรวบรวมข้อมูล	79
การวิเคราะห์ข้อมูล	80
สถิติในการวิจัย	81
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	84
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัด การเรียนรู้แบบปกติ	87
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ	94
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	97
สรุปการวิจัย	97
อภิปรายผล	98
ข้อเสนอแนะ	105
บรรณานุกรม	108
ภาคผนวก	119
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	120
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	123
ค แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	132
ง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรมและวิวัฒนาการ.....	155
ประวัติผู้วิจัย	161

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 19
ตารางที่ 2.2	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และบทบาทระหว่างผู้สอน กับผู้เรียน..... 22
ตารางที่ 2.3	กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเดรสเซลและเมย์ฮิว 27
ตารางที่ 2.4	กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนิตเลอร์ 31
ตารางที่ 2.5	แนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเอนนิส 32
ตารางที่ 2.6	เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างทฤษฎีของนักจิตวิทยา กับทฤษฎีของนักปรัชญาโดยเคเวลล์มอลท์ 33
ตารางที่ 2.7	เปรียบเทียบแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 34
ตารางที่ 2.8	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของฟาซิโอนี 41
ตารางที่ 2.9	เปรียบเทียบข้อสรุปแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแนวทาง การสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 43
ตารางที่ 3.1	ความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนกของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .. 68
ตารางที่ 3.2	การแปลความหมายคะแนนรวมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับ 69
ตารางที่ 3.3	การแปลความหมายคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้าน 69
ตารางที่ 3.4	แนวคิดการสร้างพฤติกรรมการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่องพันธุกรรม และวิวัฒนาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 70
ตารางที่ 3.5	การวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 72
ตารางที่ 3.6	ความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ชนิดปรนัย 76
ตารางที่ 3.7	ความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ชนิดอัตนัย 77
ตารางที่ 4.1	ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 88

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัยที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน	88
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	89
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	94
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน	95
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน	95
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	96



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	5
ภาพที่ 4.1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้านก่อนการจัดการเรียนรู้	90
ภาพที่ 4.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้านหลังการจัดการเรียนรู้	92
ภาพที่ 5.1 โครงสร้าง DNA ที่นักเรียนวาดประกอบคำอธิบาย	102
ภาพที่ 5.2 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างยีน โปรตีน พีโนไทป์และประเด็นปัญหา ตามสถานการณ์	102



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายสำคัญในการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และพัฒนาทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 (ไสว พักขาว, 2558) โดยเฉพาะการคิดแก้ปัญหาซับซ้อน (Complex Problem Solving) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ซึ่งการที่นักเรียนจะเกิดการคิดแก้ปัญหาซับซ้อนได้นั้น จะต้องอาศัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนและอธิบายปัญหา (มูลนิธิสยามกัมมาจล, 2561) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย พ.ศ.2551 ได้กำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ประการ ได้แก่ การสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี สมรรถนะทั้ง 5 ประการนี้มีความคล้ายคลึงกับทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, น. 13-14) ประกอบด้วย ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะชีวิตและการทำงาน ซึ่งทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และการติดต่อสื่อสารและการร่วมมือ (ไสว พักขาว, 2558) สาเหตุที่การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะสามารถเปลี่ยนข้อมูลดิบ (Raw Data) และตีความออกมาใหม่ที่น่าสนใจได้ เป็นที่ต้องการในตลาดที่ซับซ้อนและทำงานแบบ co-working หรือการทำงานร่วมกัน (มูลนิธิสยามกัมมาจล, 2561) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561ก, น.33) ได้อธิบายความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วยมุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ องค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ เจตคติ ความรู้ และทักษะ และกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบไปด้วยความสามารถย่อยๆ 5 ด้าน ได้แก่ การสรุปอ้างอิง (Inference) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) การนิรนัย (Deduction) การตีความ (Interpretation) และการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) (Watson & Glaser, 1964, pp. 1-10)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 แต่เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำคัญที่ต้องพัฒนาเป็นพื้นฐาน คือ ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี กฎพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสร้างความตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม เป็นกระบวนการทางปัญญาหรือพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ที่เรียกว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning achievement) เป็นผลของพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้หลังการเรียนการสอน จากที่ไม่เคยกระทำหรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ (ภาพ เล่าห์ไพบูลย์, 2542, น. 329) หรือเป็นพฤติกรรมที่บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ในการนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

ผลจากการสำรวจการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ จำนวน 72 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 58.33 มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักเรียนร้อยละ 36.11 มีการตีความอยู่ในระดับต่ำ และร้อยละ 33.33 มีการนิรนัยอยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับการประเมินในระดับนานาชาติ PISA แม้ว่าจะไม่ได้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยตรง แต่ PISA มีแนวคิดในการสร้างนวัตกรรม ‘การรู้เรื่อง (Literacy)’ เป็นสมรรถนะของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะในวิชาหลักที่ได้เรียนมาในชีวิตจริง มีสมรรถนะในการวิเคราะห์ การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถระบุสาระหลัก ตีความ ประเมิน และมีสมรรถนะในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ สัมพันธ์กับการเรียนรู้ตลอดชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561ข, น.2) จะเห็นว่านิยามของ ‘การรู้เรื่อง’ มีความสอดคล้องตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน ของวัตสันและเกลเซอร์ โดยรูปแบบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นทัศนคติที่มีต่อการแสวงหาความรู้และให้ความสำคัญกับหลักฐานที่มาสนับสนุนสิ่งที่กล่าวอ้าง แล้วใช้ความรู้ด้านการอนุมานสรุปใจความสำคัญตามหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับหลักตรรกศาสตร์ ตลอดจนการใช้ทักษะการประเมินผลความถูกต้องของความรู้และทัศนคติ (Watson, & Glaser, 1964, pp.10) ทั้งนี้ PISA เลือกประเมินความฉลาดรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านการอ่าน (Reading literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) ดังนั้น การประเมิน PISA จึงเป็นการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านความฉลาดรู้ทั้ง 3 ด้าน โดยผลการประเมิน PISA 2015 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยอายุ 15 ปี มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน (421 คะแนน, ระดับ 2) มีความฉลาดรู้ด้านการอ่านในระดับพื้นฐาน (409 คะแนน, ระดับ 2) และมีความฉลาดรู้ด้าน

คณิตศาสตร์ในระดับต่ำ (415 คะแนน, ระดับ 1) โดยคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ทั้ง 3 ด้านนี้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561 ข, น. 54-248)

สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนศิลป์ จำนวน 133 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนด้วยเนื้อหาสาระในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐานการเรียนรู้เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่เข้าทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า จำนวนนักเรียนร้อยละ 68.42 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนศิลป์ ยังไม่ประสบผลสำเร็จ และควรได้รับการพัฒนาให้เป็นไปตามมาตรฐาน สอดคล้องกับผลการสำรวจความรู้ก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ จำนวน 72 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนด้วยเนื้อหาสาระในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ มาตรฐานการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่เข้าสอบวัดความรู้ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนทั้งหมดทำข้อสอบได้ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ ควรได้รับการพัฒนาความรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการให้เป็นไปตามมาตรฐานตัวชี้วัดการเรียนรู้

พิจารณาการสอนของผู้วิจัยในเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ หรือพันธุกรรมและวิวัฒนาการที่ผ่านมา ผู้สอนมักใช้วิธีการ คือ การนำเข้าสู่บทเรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์เดิมของนักเรียน เป็นประสบการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับความรู้ในบทเรียนที่กำลังจะเรียน และมีการตั้งคำถามตอบคำถามถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์และความเข้าใจในความรู้เดิมของนักเรียน เมื่อถึงขั้นสอน ครูให้นักเรียนนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาตามความเข้าใจของนักเรียน และเสริมสร้างความรู้ในเนื้อหาด้วยสื่อที่ครูจัดเตรียมมา สุดท้ายขั้นสรุป จะเป็นการตั้งคำถามและตอบคำถามถึงความเข้าใจจากสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ ทั้งนี้จะมีกิจกรรมสำหรับขั้นสรุปที่หลากหลาย เช่น การทำใบงาน ใบกิจกรรม และการเล่นเกมตอบคำถาม รวมถึงการทำแบบทดสอบความรู้ แต่ผู้สอนไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และการช่วยให้นักเรียนค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาตอบปัญหา การจัดการเรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนจำนวนร้อยละ 68.42 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่ามาตรฐานการเรียนรู้

เมื่อศึกษาเอกสารและสื่อที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้พบว่า ปัจจุบันมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลากหลายวิธี และพบว่าการจัดการ

เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning: PBL) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ปัญหา (scenario) และความรู้เดิมหรือประสบการณ์ สร้างแรงผลักดันในการค้นคว้าหาความรู้ วางแผน ปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ สังเคราะห์ความรู้เพื่อนำมาตอบประเด็นปัญหานั้น ผ่านขั้นตอนความร่วมมือระหว่างบุคคลที่ต้องทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีขั้นตอนการค้นคว้าทั้งแบบรายบุคคลและแบบเป็นกลุ่ม (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2558) เพื่อให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง (อานุภาพ เลขะกุล, 2548) เน้นให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะของการเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-directed learning)

จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังผลการศึกษาของวิภาณีย์ จิรธรรักษ์ (2554) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุพิตรี อินนะ (2558) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้ผังกราฟิก มีการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงขึ้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ สุรีย์วัลย์ พันธูระ และสมุมาลี ชูกำแหง (2561, น.196-206) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน เป็นดังผลการศึกษาของ แอนาซิฟา (Anazifa, 2016) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเกรด 10 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และผลการวิจัยของ ออโฆซโค และยางโค (Orozco & Yangco, 2016) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยการใช้ปัญหาเป็นฐานมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นจากก่อนเรียน เช่นเดียวกับผลการค้นคว้าของ ลูกิตาซาลิ เพอร์ณามาซาลิ และซุกกรี (Lukitasari, Purnamasari, & Sukri, 2019) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาภาควิชาชีววิทยาศึกษาศาสตร์ชั้นหลังผ่านการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Blended Problem-Based Learning: Blended-PBL)

จากปัญหาและความสำคัญดังที่กล่าวมา การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาสาระมากขึ้นและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยจึงทำการศึกษา เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี การวิจัยครั้งนี้มี

จุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 6 ห้องเรียน 232 คน

5.2 ขอบเขตเนื้อหา คือ เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ประกอบด้วย การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

5.3 ระยะเวลาในการศึกษา 1 ภาคการศึกษา จำนวน 21 คาบ

5.4 ตัวแปรที่ศึกษา ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจำแนกตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้

5.4.1 ตัวแปรต้น คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2 วิธี ได้แก่ (1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และ (2) การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ (1) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันหรือเป็นปัญหาที่สามารถพบได้ในสังคม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการระดมสมอง วินิจฉัยหาสาเหตุของปัญหาอย่างรอบคอบ และเสนอแนวทางในการจัดการปัญหาอย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้มีจุดกำเนิดจากโรงเรียนแพทย์ (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558) ต่อมาในภายหลังจึงได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนหลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ทั้งในระดับมัธยมศึกษา อุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย ในทุกสาขาวิชา เช่น

วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ภาษาศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ และสังคมศาสตร์ เป็นต้น (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2558) เพื่อให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง (อานุกาฬ เลขะกุล, 2548) ซึ่งสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, น.6-8) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอน โดยสรุป ดังนี้

6.1.1 ขั้นกำหนดปัญหา หมายถึง ขั้นตอนให้ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สร้างขึ้นหรือสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

1.1.2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากผู้เรียนรับรู้สถานการณ์ปัญหาแล้ว ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนนำเสนอ แล้วตั้งคำถามที่อยากรู้ ระบุประเด็นให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาโดยบอกแนวทางและวิธีการค้นคว้าคำตอบ

1.1.3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า หมายถึง ขั้นตอนให้ผู้เรียนแบ่งภาระงาน ลำดับขั้นตอนการทำงาน กำหนดเป้าหมายการทำงานร่วมกัน และตั้งประเด็นการเรียนรู้เพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

6.1.4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ หมายถึง ขั้นตอนให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและนำความรู้จากการศึกษาค้นคว้ามามากเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม วิเคราะห์ สังเคราะห์ความรู้ ตรวจสอบความถูกต้องอย่างเหมาะสมเพื่อคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล อภิปรายสรุปผลจากวิธีการแก้ปัญหว่าสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากน้อยเพียงใด

6.1.5 ขั้นสรุปเป็นหลักการและประเมินค่าของคำตอบ หมายถึง ขั้นตอนให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประมวลสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ประเมินประสิทธิภาพคุณภาพการปฏิบัติงานกลุ่ม ประเมินตนเองทั้งด้านความรู้และกระบวนการกลุ่ม ความพึงพอใจ และเลือกวิธีการและรูปแบบการนำเสนอผลงานที่น่าสนใจ

6.1.6 ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน หมายถึง ขั้นตอนให้ผู้เรียนนำเสนอผลการปฏิบัติงานต่อผู้สอน เพื่อน และผู้สนใจ และผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินร่วมกับกลุ่มเพื่อน ในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องฝึกหัดผู้เรียนบ่อย ๆ จนเกิดทักษะ

6.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ (Traditional Teaching Model) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสอน และขั้นสรุป โดยในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนจะเป็นการพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์เดิมของนักเรียน เป็นประสบการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับความรู้ในบทเรียนที่กำลังจะเรียน และมีการตั้งคำถามตอบคำถามถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์และความเข้าใจในความรู้เดิมของนักเรียน เมื่อถึงขั้นสอน ครูให้นักเรียนนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาตามความเข้าใจของนักเรียน หลังจากนั้นครูจะขยายความจากคำศัพท์ที่นักเรียนได้อภิปราย และเสริมสร้างความรู้ในเนื้อหาด้วยสื่อที่ครูจัดเตรียมมา สุดท้ายในขั้นสรุป จะ

เป็นการตั้งคำถามและตอบคำถามถึงความเข้าใจจากสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไป ทั้งนี้จะมีกิจกรรมสำหรับขั้นสรุปที่หลากหลาย เช่น การทำใบงาน ใบกิจกรรม และการเล่นเกมนตอบคำถาม รวมถึงการทำแบบทดสอบความรู้ในแต่ละประเด็น

6.3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) หมายถึง การใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลโดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์และความสมบูรณ์ของข้อมูล หรือจากพยานหลักฐานในการแก้ปัญหาแล้วลงความเห็น หรือประเมินหรือลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 9) จำแนกได้ 5 ด้าน ดังนี้

6.3.1 การสรุปอ้างอิง หรือการสรุปความ (Inference) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริง ข้อสรุปใดเป็นเท็จ หรือบอกได้ว่าไม่เป็นจริงในกรณีข้อมูลที่เพียงพอ โดยอาศัยการอ้างอิงจากสถานการณ์ที่กำหนด

6.3.2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น หรือการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลที่ขาดการณไว้ล่วงหน้าเพื่อรับรู้ ซึ่งหมายถึงการตั้งสมมติฐานไว้ล่วงหน้าในประโยคหรือข้ออ้าง หรือสามารถจำแนกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นและข้อความใดไม่เป็น

6.3.3 การนิรนัย หรือการอนุมาน (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปจากประโยคที่อ้าง โดยอาศัยเหตุผลส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อย ซึ่งข้อสรุปที่ได้จำเป็นต้องสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์

6.3.4 การตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย เป็นการลงข้อสรุปหรือการสืบอ้างที่อยู่บนฐานของข้อมูลที่เป็นจริง (Interpretation) โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้

6.3.5 การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลเพื่อตัดสินความถูกต้องของข้อความหรือข้อโต้แย้ง อ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผลและเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

6.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ หรือความสามารถของผู้เรียนที่จะต้องมีความรู้หรือความสามารถที่มีประสิทธิภาพทั้งวิธีการประเมินกิจกรรม เกณฑ์การประเมิน และแบบประเมิน เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือการประเมินที่ผู้สอนต้องให้ความสำคัญและกำหนดสาระสำคัญของการประเมินไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น.16) ตามแนวคิดการสร้างพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม 6 ระดับ ได้แก่ ความจำ (Remembering) ความเข้าใจ (Understanding) การนำไปใช้ หรือการประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analysing) การประเมินค่า (Evaluating) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) ทั้งนี้ การ

สอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการ สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ 4 ระดับ (สมคิด พรหมจ้อย, 2560, น. 13/13 - 13/16) ดังนี้

6.4.1 ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกเรื่องราวต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุนได้ คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดความจำ เช่น ระบุน ระลึก นิยาม บอกชื่อ ฯลฯ

6.4.2 ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความหมายของเรื่องราวต่างๆ โดยการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุปอ้างอิง คำกริยาที่นำมาใช้วัดระดับความเข้าใจ เช่น อธิบาย แปลความหมาย สรุป ถอดความ แสดงตัวอย่าง จัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่ ย่อความ ฯลฯ

6.4.3 การนำไปใช้ หรือการประยุกต์ใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับประยุกต์ เช่น คำนวณ ดำเนินการให้สำเร็จ แก้ปัญหา ตรวจสอบ ฯลฯ

6.4.4 การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ แยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับวิเคราะห์ เช่น จำแนก คัดเลือก ทดลอง เปรียบเทียบ วิเคราะห์ ฯลฯ

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 ผลของการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น ครูผู้สอน นักวิจัย และนักวิชาการทางการศึกษานำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

7.2 ผลของการวิจัยนี้เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนศิลป์

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 - 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 - 1.2 ลักษณะของปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้
 - 1.3 ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน
 - 1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 - 1.5 บทบาทผู้สอนและผู้เรียนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 2.2 ทฤษฎีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 2.3 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 2.4 ลักษณะการแสดงออกของผู้ที่มีวิจารณญาณ
 - 2.5 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 2.6 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดการการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยภายในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL)

เป็นกระบวนการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน หรือเป็นปัญหาที่สามารถพบได้ในสังคม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการระดมสมอง วินิจฉัยหาสาเหตุของปัญหาอย่างรอบคอบ และเสนอแนวทางในการจัดการปัญหาอย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้มีจุดกำเนิดจากโรงเรียนแพทย์ (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558) ต่อมาในภายหลังจึงได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนหลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ทั้งในระดับมัธยมศึกษา อุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย ในทุกสาขาวิชา เช่น วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ภาษาศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ และสังคมศาสตร์ เป็นต้น (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2558) เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง (อานูภาพ เลขะกุล, 2548)

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้นิยม (Constructivism) โดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโลก เป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาไปพร้อมกันด้วย การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้จะเน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ เป็นต้น (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2558; Duch, 2000)

1.2 ลักษณะของปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้

ทอร์ป และแซก (Torp & Sage, 1998, pp. 20) ระบุลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ปัญหาที่มีความซับซ้อน
2. ปัญหาจำเป็นต้องมีการสืบค้น รวบรวมข้อมูลมาใช้เพื่อตอบปัญหา
3. ปัญหาที่มีลักษณะที่ไม่สามารถใช้สูตรใดสูตรหนึ่งในการหาคำตอบได้
4. ปัญหาที่มีวิธีการหาคำตอบได้หลากหลายวิธี

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (สกศ.) (2550) ได้อธิบายว่า สิ่งสำคัญที่สุดในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ ปัญหาต้องมีลักษณะที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งปัญหาที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. เกิดขึ้นในชีวิตจริง และเกิดจากประสบการณ์ของผู้เรียนหรือผู้เรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น
2. ปัญหาพบได้บ่อย มีความสำคัญ มีข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า
3. เป็นประเด็นขัดแย้ง
4. เป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจนตายตัว มีความซับซ้อน คลุมเครือ หรือผู้เรียนเกิดความสับสน
5. ปัญหาอยู่ในความสนใจ
6. เป็นปัญหาที่สร้างความเคืองแค้น เสียหาย เกิดโทษภัย เป็นสิ่งที่ไม่ดีหากใช้ข้อมูลโดยลำพังคนเดียวอาจทำให้ตอบปัญหาผิดพลาด ต้องระมัดระวังในการพิจารณาข้อมูล
7. เป็นปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง ถูกต้อง แต่ผู้เรียนไม่เชื่อหรือไม่สอดคล้องกับความคิดของผู้เรียน
8. เป็นปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวาง หลากหลายเนื้อหา
9. ปัญหาที่มีความยาก-ง่าย เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของผู้เรียน
10. เป็นปัญหาที่ส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาทักษะ สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาจากการเอกสารที่เกี่ยวข้อง จึงได้สรุปลักษณะสำคัญของปัญหาที่เหมาะสมกับการนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้
 1. ปัญหาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสัมพันธ์กับประสบการณ์ของผู้เรียน หรือผู้เรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น
 2. เป็นปัญหาที่มีความคลุมเครือ แสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย สร้างความท้าทายให้ผู้เรียน
 3. ปัญหาที่มีความสำคัญ แสดงข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า ได้ฝึกทักษะการตัดสินใจโดยข้อเท็จจริง ใช้เหตุผล และตั้งสมมติฐาน
 4. ปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องการการสำรวจ ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลหรือพิสูจน์ทดสอบ ไม่สามารถที่จะคาดการณ์ได้ง่ายว่าต้องใช้ความรู้ใด
 5. ปัญหาเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่ บูรณาการระหว่างเนื้อหา ก่อให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่และนำไปประยุกต์ใช้ได้
 6. ปัญหาอาจมีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง ใช้สื่อได้หลายรูปแบบในการระบุปัญหา เช่น ข้อความบรรยาย รูปภาพ วิดีทัศน์สั้นๆ ข้อมูลจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ข่าว บทความจากวารสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ
 7. ปัญหาเหมาะสมกับเวลาอันจำกัด

8. เป็นปัญหาที่ต้องอาศัยข้อมูลจากหลากหลายแหล่งประกอบการตัดสินใจ เพื่อสร้างบรรยากาศของการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแบ่งงานกันทำโดยเชื่อมโยงกัน ไม่สามารถแยกส่วนกันได้

9. ปัญหาที่มีความยากความง่ายเหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

10. เป็นปัญหาที่ส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาและสอดคล้องกับแนวคิดของหลักสูตรการศึกษา

1.3 ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน

อานุกาพ เลขะกุล (2548, น. 2) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย

1. ใช้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงเป็นตัวกระตุ้นการแก้ปัญหาและเป็นจุดเริ่มต้นในการแสวงหาความรู้

2. บูรณาการเนื้อหาความรู้ในสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัปัญหา นั้น

3. เน้นกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ

4. เรียนเป็นกลุ่มย่อย โดยมีครูหรือผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนและกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในกลุ่ม

5. เน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตนเองหรือกลุ่มตั้งไว้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, น. 2-3) อธิบายลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้

2. ปัญหาที่นำมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถพบได้ในชีวิตจริงหรือมีโอกาสเกิดขึ้นได้จริง

3. ผู้เรียนต้องเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-directed learning) กล่าวคือ สามารถค้นคว้าหาคำตอบได้ด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้เรียนจะต้องวางแผนการศึกษาค้นคว้า บริหารเวลา การแก้ปัญหาที่ตรงประเด็น รู้จักเลือกและใช้แหล่งเรียนรู้และวิธีการที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ข้อมูลร่วมกัน เป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกทักษะในการรับส่งข้อมูล เรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคล และฝึกการจัดระบบตนเอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ความรู้ที่ได้มีความหลากหลาย องค์ความรู้ที่ได้จะผ่านการวิเคราะห์โดยผู้เรียนเอง มีการสังเคราะห์

และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้ สามารถจัดได้ทั้งการเรียนรู้เป็นกลุ่มแล การเรียนรู้เป็นรายบุคคล แต่การเรียนรู้รายบุคคลอาจทำให้ผู้เรียนขาดการพัฒนาทักษะการทำงาน ร่วมกับผู้อื่น

5. การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้ และบูรณาการทักษะกระบวนการ ต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และคำตอบที่ชัดเจน ไม่คลุมเครือ

6. ความรู้ที่เกิดจากการเรียนรู้ จะได้มาภายหลังจากกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานเท่านั้น

7. การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากการ ปฏิบัติงาน ความก้าวหน้าของนักเรียน

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2551, น. 14/53 - 14/56) อธิบายถึงการจัดการเรียน การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ โดยผู้สอนจัด สถานการณ์ให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้และพัฒนาทักษะด้วยตนเอง ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวย ความสะดวก ไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้

ไพศาล สุวรรณน้อย (2558, น. 4) ได้อธิบายรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการ ใช้ ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (student-centered learning)
2. จัดผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ ให้มีจำนวนกลุ่มละประมาณ 5-8 คน
3. ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) หรือผู้ให้คำแนะนำ (guide)
4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้น (สิ่งเร้า) ให้เกิดการเรียนรู้
5. ลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ ต้องมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน มีวิธีแก้ไขปัญหา ได้อย่างหลากหลาย อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ
6. ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง (self-directed learning)
7. ใช้การประเมินผลจากสถานการณ์จริง (authentic assessment) ดูจาก ความสามารถในการปฏิบัติของผู้เรียนในขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning process) และ พิจารณาจากผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ (Learning product)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการเรียนรู้ โดยการนำตนเอง (Self-directed learning) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการจัดการ เรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาจกล่าวถึง self-

directed learning ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนพัฒนาทักษะด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง วางแผนการศึกษาค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ฯลฯ เป็นการกล่าวถึงที่มีความหมายโดยนัยว่าผู้เรียนจะต้องเกิดการเรียนรู้โดยการนำตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจของผู้เรียน ผู้เรียนเกิดความสนใจต้องการเรียนรู้ และมีความรับผิดชอบ ทั้งนี้ ศักยภาพและความสามารถของทุกคนในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองเริ่มจากการประเมินความต้องการภายในใจตนว่าต้องการเรียนรู้เรื่องใด จะสามารถกำหนดเป้าหมายที่สามารถปฏิบัติได้จริง วางแผนการเรียนรู้ และปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ รวมถึงการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนอาจเรียนรู้ร่วมกันเพื่อนหรือครูผู้สอน โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยการความสะดวกและส่งเสริมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้เช่นนี้จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่ง self-directed learning มีแนวทางในการปฏิบัติ 2 แนวทาง ได้แก่ (1) การเรียนรู้โดยการนำตนเองเป็นรายบุคคล ผู้เรียนเริ่มต้นประเมินความต้องการเรียนรู้ของตน วางแผนการเรียนรู้ เลือกวิธีการเรียน แสวงหาแหล่งเรียนรู้ และประเมินตนเอง โดยอาจได้รับความช่วยเหลือจากผู้อื่นหรือไม่ก็ได้ และ (2) การเรียนรู้โดยการนำตนเองเป็นกลุ่ม เป็นแนวคิดส่วนขยายของการเรียนรู้เป็นรายบุคคล ผู้เรียนเริ่มต้นด้วยความสนใจ กำหนดเป้าหมาย วางแผนวิธีการเรียนรู้ เลือกวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับตนเอง ประเมินตนเอง และมีกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างเพื่อน ครูผู้สอน และบุคคลอื่นๆ (เชมณัฐ มิ่งศิริธรรม 2552, น. 7) ทั้งสองแนวทางนี้สามารถปฏิบัติร่วมกันได้ ดังนั้น ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ปัญหา (scenario) และความรู้เดิมหรือประสบการณ์ สร้างแรงผลักดันในการค้นคว้าหาความรู้ วางแผนปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ สังเคราะห์ความรู้เพื่อมาตอบประเด็นปัญหานั้น ผ่านขั้นตอนความร่วมมือระหว่างบุคคลที่ต้องทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม อาจเป็นกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ก็ได้ มีขั้นตอนการค้นคว้าทั้งแบบรายบุคคลและแบบเป็นกลุ่ม โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ (guide) ไม่ใช่ผู้ให้ความรู้โดยตรง

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ชมิทท์, อลันด์, เมาส์, ค็อก, และบูน (Schmidt, Arend, Moust, Kokx, & Boon, 1993) ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กล่าวคือ

1. กระตุ้นความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (activation of prior knowledge)
2. เสริมความรู้ใหม่เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา (encoding specificity)
3. ต่อเติมความเข้าใจให้สมบูรณ์ (elaboration of knowledge)

อานุกาพ เลขะกุล (2548, น. 4) ระบุกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งจะต้องจัดผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย 8-10 คน โดยมีผู้สอนประจำกลุ่ม 1 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุน (facilitator) กระบวนการประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจคำศัพท์และแนวคิด ผู้เรียนรับสถานการณ์ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาและศัพท์ต่างๆ ในสถานการณ์ปัญหานั้นให้ตรงกัน
2. จับประเด็นและระบุปัญหา จับประเด็นสำคัญ หรือระบุปัญหาในสถานการณ์
3. วิเคราะห์และอธิบายประเด็นปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายหาคำตอบในแต่ละประเด็นของปัญหาว่าเป็นอย่างไร มีสาเหตุมาจากอะไร มีความเป็นมาอย่างไร โดยอาศัยความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่
4. ตั้งสมมติฐานและลำดับความสำคัญ ตั้งสมมติฐานเพื่อหาคำตอบปัญหาประเด็นต่างๆ พร้อมลำดับความสำคัญของสมมติฐานอย่างมีเหตุและผล
5. กำหนดประเด็นหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กำหนดประเด็นการเรียนรู้ (learning issue) หรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (learning objective) เพื่อนำไปศึกษาค้นคว้า โดยเริ่มจากผู้เรียนประเมินความรู้ที่ตนเองมีจากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น มีเรื่องอะไรที่ขาดความรู้ ความรู้ใดที่สามารถนำมาพิสูจน์สมมติฐาน ซึ่งเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้
6. ค้นคว้าและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น หนังสือตำรา สื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ วารสาร ห้องปฏิบัติการ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน อินเทอร์เน็ต หรือปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาขาเฉพาะ พร้อมทั้งประเมินความถูกต้อง
7. สังเคราะห์ ประยุกต์ความรู้ใหม่ และสรุป นำความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา พร้อมสรุปแนวคิดหรือหลักการทั่วไป

ขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 เป็นขั้นตอนในกระบวนการกลุ่มในห้องเรียน ขั้นตอนที่ 6 เป็นกิจกรรมของผู้เรียนรายบุคคลนอกห้องเรียน และขั้นตอนที่ 7 เป็นกิจกรรมที่กลับมาในกระบวนการกลุ่ม

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2551, น. 14/53 - 14/56) ได้สรุปขั้นตอนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กระตุ้นด้วยสถานการณ์ปัญหา ผู้สอนให้สถานการณ์ปัญหา (scenario) แก่กลุ่มผู้เรียน ซึ่งสถานการณ์ปัญหาจะเป็นสถานการณ์จริงที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในวิชาชีพนั้น ๆ
2. ทำความเข้าใจปัญหาและตั้งสมมติฐาน ให้ผู้เรียนจับกลุ่ม 8-10 คน โดยมีผู้สอน 1 คน ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ (2.1) ทำความกระจ่างในศัพท์ที่ไม่ชัดเจนหรือไม่เข้าใจในสถานการณ์ปัญหา (2.2) ระบุปัญหาโดยแยกแยะปัญหาออกเป็นประเด็นต่างๆ ที่

สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับ (2.3) ระดมสมองโดยหยิบยกประเด็นปัญหาต่างๆ มาพิจารณาที่ละข้อว่าเกิดจากอะไรได้บ้าง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์/เหตุการณ์ต่างๆ ในสถานการณ์ปัญหา (2.4) เรียงลำดับคำอธิบายที่เป็นไปได้และตั้งสมมติฐาน และพยายามตรวจสอบสมมติฐานที่คิดค้นขึ้นมาได้ เมื่อถึงขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะทราบดีด้วยตนเองว่าไม่สามารถตรวจสอบสมมติฐานได้ เพราะยังขาดความรู้อีกมาก และ (2.5) กลุ่มผู้เรียนจะร่วมกันกำหนดหัวข้อที่ต้องค้นหาเพิ่มเติมเพื่อนำมาตรวจสอบสมมติฐาน เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งผู้สอนต้องใช้เทคนิคทางอ้อม

3. ศึกษาค้นคว้า หลังจากได้วัตถุประสงค์การเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนแต่ละคนจะแยกย้ายไปศึกษาจากแหล่งความรู้ต่างๆ ด้วยตนเองในทุกหัวข้อ แต่อาจจะต่างแหล่งกันได้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย

4. อภิปรายและสรุป ผู้เรียนกลับมารวมกลุ่มอีกครั้งหนึ่ง เพื่อร่วมกันอภิปรายถกเถียงถึงหัวข้อความรู้ที่ได้เรียนด้วยตนเองว่าตรงประเด็นและแก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างไร พร้อมสรุปเป็นเนื้อหาความรู้ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดให้

สำนักงานเลขาธิการศึกษา (2550, น. 6-8) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอน โดยสรุป ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สร้างขึ้นหรือสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

2. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนนำเสนอ แล้วตั้งคำถามที่อยากรู้ ระบุงประเด็นให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยบอกแนวทางและวิธีการค้นคว้าหาคำตอบ

3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนแบ่งภาระงาน วางแผนการทำงาน กำหนดเป้าหมาย ตั้งประเด็นการเรียนรู้เพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและนำความรู้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม วิเคราะห์ สังเคราะห์ความรู้ ตรวจสอบความถูกต้องอย่างเหมาะสมเพื่อคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล อภิปรายสรุปผลจากวิธีการแก้ปัญหาว่าสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากน้อยเพียงใด

5. ขั้นสรุปเป็นหลักการและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประมวลสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ประเมินประสิทธิภาพคุณภาพการปฏิบัติงานกลุ่ม ประเมินตนเองทั้งด้านความรู้และกระบวนการกลุ่ม ความพึงพอใจ และเลือกวิธีการและรูปแบบการนำเสนอผลงานที่น่าสนใจ

6. ชื่อนำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำเสนอผลการค้นคว้าต่อผู้สอน เพื่อน และผู้ที่สนใจ ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินร่วมกับกลุ่มเพื่อน ในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน นั้น ผู้สอนจำเป็นต้องฝึกหัดผู้เรียนบ่อยๆ จนเกิดทักษะ

อุไรวรรณ ไชยช่วย และประยุกต์ ศรีวิไล (2558, น. 58-59) ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของวอลซ์ (Walsh, 2013) 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นรับรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา
2. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา
3. ขั้นระดมสมองเพื่อเสนอคำอธิบาย
4. ขั้นจัดเรียงลำดับความสำคัญของคำตอบที่เป็นไปได้
5. ขั้นขยายแนวคิด
6. ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม
7. ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้

กัญญาวีร์ ชายเรียน, สุริศักดิ์ ประสานพันธ์, และวาริรัตน์ แก้วอุไร (2559, น. 18-32) ได้อธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 5 ขั้นตอน (5S-MODEL) ดังนี้

1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Syndicate and Identify the Problem to Cognitive Conflict) นำเสนอสถานการณ์/ประเด็นปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ผู้สอนซักถามผู้เรียนเพื่อดึงความรู้เดิมในเรื่องที่จะเรียนมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ สถานการณ์ปัญหาจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสงสัยและเกิดความคิดเห็นที่แตกต่างกัน เพื่อนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านการคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย ผู้เรียนสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา ระบุว่าสภาพการณ์ปัญหาคืออะไร ปัญหาที่มีข้อจำกัดหรือมีความยุ่งยากซับซ้อนของปัญหาอย่างไร และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

2. กำหนดกรอบแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ด้วยการไตร่ตรอง (Set Up the Frame to Solve the Problem with Reflective Activity) ผู้เรียนร่วมกันเสนอแนวทางในการคิดแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้บนพื้นฐานของความเป็นจริงอย่างหลากหลายวิธี พร้อมทั้งร่วมกันพิจารณาอย่างมีเหตุผลว่า จะเลือกแนวทางใดมาใช้ในการคิดแก้ปัญหา

3. ศึกษาค้นคว้า และ/หรือลงมือแก้ปัญหาตามแนวทางแก้ปัญหา (Search and Solve the Problem by the Best Solution) ผู้เรียนร่วมกันแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้สำรวจตรวจสอบ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์แนวทางในการคิดแก้ปัญหา ตามที่กลุ่มได้เลือกไว้ หรืออาจปรับเปลี่ยนแนวทางใหม่เมื่อมีข้อมูล หรือประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม ตัดสินใจ เลือกแนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และนำเสนอวิธีคิดแก้ปัญหา

4. สรุปโครงสร้างใหม่ทางปัญญาและประเมินค่าคำตอบ (Summarize the New Intellectual and Evaluate the Answer) ผู้เรียนบอกข้อสรุปหรือองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการคิดแก้ปัญหา พร้อมทั้งบอกว่าแนวทางที่เลือกนั้นสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้มากน้อยเพียงใด หรือมีแนวทางอื่นใดที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าหรือไม่อย่างไร

5. นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Show and Knowledge Sharing) ผู้เรียนแบ่งปันความรู้ความเข้าใจของกลุ่มตนเองแก่ผู้อื่น โดยร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยแต่ละกลุ่มส่งสมาชิกออกมาแนะนำเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด ตามที่กลุ่มคิด และบอกถึงแนวทางที่กลุ่มตัดสินใจเลือกมาใช้ในการคิดแก้ปัญหา พร้อมทั้งแสดงเหตุผลและบอกผลที่เกิดจากการคิดแก้ปัญหา สมาชิกกลุ่มอื่นๆ รับฟัง และร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยร่วมแสดงความคิดเห็นและซักถามข้อสงสัย

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังตาราง 2.1 พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) รับรู้ปัญหา (2) ทำความเข้าใจปัญหา (3) ศึกษาค้นคว้า (4) สังเคราะห์ความรู้ (5) สรุปความรู้ และ (6) นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาของสำนักงานเลขาธิการศึกษา (2550) มีความสมบูรณ์ครบถ้วนกับขั้นตอนสำคัญทั้ง 6 ขั้นตอน จึงเลือกใช้ขั้นตอนดังกล่าว

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Schmidt (1993)	อานูภาพ เลขะกุล (2548)	ทวิศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2551)	สำนักงานเลขาธิการศึกษา (2550)	Walsh (2013)	กัญญาวีร์ ชายเรียน (2559)
1. กระตุ้นความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. ทำความเข้าใจคำศัพท์และแนวคิด	1. กระตุ้นด้วยสถานการณ์ปัญหา	1. กำหนดปัญหา	1. รับรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา	1. เชื่อมโยงและระบุปัญหาให้เกิดความขัดแย้งทางปัญหา
	2. จับประเด็นและระบุปัญหา	2. ทำความเข้าใจปัญหาและตั้งสมมติฐาน	2. ทำความเข้าใจปัญหา	2. กำหนดขอบเขตของปัญหา 3. ระดมสมองเพื่อเสนอคำอธิบาย	2. กำหนดกรอบแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ด้วยการไตร่ตรอง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Schmidt (1993)	ானุภาพ เลขะกุล (2548)	ทวิศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2551)	สำนักงานเลขาธิการศึกษา (2550)	Walsh (2013)	กัญญาวีร์ ชายเรียน (2559)
2. เสริมความรู้ใหม่เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	3. วิเคราะห์และอธิบายประเด็นปัญหา			4. จัดเรียงลำดับความสำคัญของคำตอบที่เป็นไปได้	
	4. ตั้งสมมติฐานและลำดับความสำคัญ				5. ขยายแนวคิด
	5. กำหนดประเด็นหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้				
3. ต่อเติมความเข้าใจให้สมบูรณ์	6. ค้นคว้าและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม	3. ศึกษาค้นคว้า	3. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า	6. เก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม	3. ศึกษาค้นคว้าและ/หรือลงมือแก้ปัญหาตามแนวทางแก้ปัญหา
	7. สังเคราะห์ประยุกต์ความรู้ใหม่ และสรุป	4. อภิปรายและสรุป	4. สังเคราะห์ความรู้	7. แลกเปลี่ยนเรียนรู้	4. สรุปโครงสร้างใหม่ทางปัญญาและประเมินค่าคำตอบ
		5. สรุปเป็นหลักการและประเมินค่าของคำตอบ	5. สรุปเป็นหลักการและประเมินค่าของคำตอบ		5. นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้
		6. นำเสนอและประเมินผลงาน	6. นำเสนอและประเมินผลงาน		

1.4 บทบาทผู้สอนและผู้เรียนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for Problem-Based Learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (University of Illinois) สหรัฐอเมริกา (Torp & Sage, 1998, pp. 64-65; citing Illinois Problem-Based Learning Network, 1996, unpage) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้ ดังนี้

บทบาทผู้สอน

1. ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ กระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนออกแบบโครงสร้างการแก้ปัญหาหรือสร้างวิธีการแก้ปัญหา
2. มอบอิสระให้ผู้เรียนเป็นผู้สำรวจและควบคุมกระบวนการสำรวจด้วยตนเอง ให้คำแนะนำ ส่งเสริมการคิดและฝึกกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้แก่ผู้เรียน
3. ฝึกฝน ให้คำแนะนำที่ไม่เป็นการชี้แนะโดยตรง ในขณะที่ผู้เรียนดำเนินการเรียนรู้จนได้คำตอบของปัญหา

บทบาทผู้เรียน

1. ดำเนินการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการที่ดึงดูดความสนใจ และมีปัญหากระตุ้นการเรียนรู้
2. สำรวจ ค้นคว้าข้อมูล ดำเนินการสำรวจอย่างมีเหตุผลและปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างอิสระ
3. ใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
4. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหา
5. พัฒนาตนเองให้เป็นผู้เรียนรู้โดยการชี้แนะตนเองและเป็นนักแก้ปัญหา

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, น. 7-8) ได้กำหนดบทบาทผู้สอนและผู้เรียน ดังนี้

บทบาทผู้สอน ออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอน รวมไปถึงการประเมินผล การเรียนรู้ ปรับปรุงและพัฒนาการศึกษา โดยมีรายละเอียด คือ

1. มุ่งมั่นและแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
2. รู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล และเข้าใจศักยภาพของผู้เรียน
3. เข้าใจขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างแท้จริง
4. มีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และติดตามประเมินผลการพัฒนาผู้เรียน
5. อำนวยความสะดวกในการจัดหา และสนับสนุนสื่อ อุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้ให้เหมาะสมและเพียงพอ

6. มีความมุ่งมั่นสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวที่จะเรียนรู้
7. ปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
8. มีความรู้ ความสามารถด้านการวัดประเมินผลจามสภาพจริง

บทบาทผู้เรียน รู้จักการเรียนรู้นำตนเองและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านปัญหาที่เป็นตัวกระตุ้น โดยมีรายละเอียด คือ

1. ปรับทัศนคติต่อบทบาทและหน้าที่ในการเรียนรู้ของตนเอง

2. ต้องพัฒนาพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้
3. มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน และรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
4. พัฒนาทักษะการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และบทบาทผู้สอนและผู้เรียนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงได้สรุปรูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยเน้นรูปแบบของสำนักงานเลขาธิการศึกษา (สกศ.) (2550) รวมถึงบทบาทระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และบทบาทระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นกำหนดปัญหา - การกำหนดปัญหาจากบทเรียน เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน - ศึกษาข้อมูลข่าวสารจากสื่อต่างๆ - การสร้างสถานการณ์จำลอง - ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สร้างขึ้นหรือเป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้	ผู้สอนให้สถานการณ์ปัญหา	รับรู้ปัญหาหรือประเด็น
2. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา - การให้ความหมาย นิยาม ของเขต - การศึกษาจากบทความ สื่อต่างๆ - การสอบถามผู้รู้ - นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่ครูนำเสนอ แล้วตั้งคำถามที่อยากรู้ ระบุประเด็นให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยบอกแนวทางและวิธีการค้นหาคำตอบ	- ตั้งคำถามที่เหมาะสม - กระตุ้นให้นักเรียนเอา ความรู้เดิมที่มีอยู่มาใช้ อภิปรายหรือแสดงความ คิดเห็น	- นักเรียนทำความเข้าใจ กลไกของปัญหาที่เกิดขึ้น - ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหา และตั้งคำถามที่ อยากรู้ - ระบุประเด็นที่สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา - เสนอแนวทางและวิธีการ ค้นหาคำตอบ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
<p>3. ขั้นตอนดำเนินการศึกษาค้นคว้า</p> <ul style="list-style-type: none"> - การใช้ประสบการณ์กำหนดขั้นตอนการศึกษาแหล่งข้อมูล และสื่อต่างๆ - ขั้นตอนการดำเนินควรประกอบด้วย การวางแผนการปฏิบัติ และการสรุปผล - นักเรียนแบ่งภาระงาน ลำดับการทำงาน กำหนดเป้าหมายการทำงาน ตั้งประเด็นการเรียนรู้เพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง 	<ul style="list-style-type: none"> - กระตุ้นและส่งเสริม กระบวนการกลุ่มให้ ดำเนินการตามขั้นตอนของการเรียนรู้ - เน้นผู้เรียนตระหนักว่าการเรียนรู้เป็นความรับผิดชอบ ของนักเรียนเอง 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนแบ่งภาระงาน วางแผนการทำงาน กำหนดเป้าหมายการทำงาน - ตั้งประเด็นการเรียนรู้เพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
<p>4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้</p> <ul style="list-style-type: none"> - การระดมความคิดเห็นในกลุ่มย่อย - การตรวจสอบองค์ความรู้โดยครูที่ปรึกษาและเพื่อน - การสร้างผังความคิด - นักเรียนรวบรวมข้อมูลและนำความรู้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม วิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ ตรวจสอบความถูกต้องอย่างเหมาะสม เพื่อคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด มาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล อภิปรายสรุปผลจากวิธีการแก้ปัญหาว่าสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากน้อยเพียงใด 	<ul style="list-style-type: none"> - หลีกเลี่ยงการแสดงความคิดเห็นหรือตัดสินว่าถูกหรือผิด 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้ของตนให้ถูกต้องและเชื่อถือได้ - รวบรวมข้อมูลและนำความรู้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม วิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ - ตรวจสอบความถูกต้องอย่างเหมาะสม เพื่อคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด มาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล - อภิปรายสรุปผลจากวิธีการแก้ปัญหาว่าสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
<p>5. ขั้นสรุปเป็นหลักการและประเมินค่าของคำตอบ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ร่วมกันลงความเห็นความเหมาะสมและถูกต้องของความรู้ใหม่ - การร่วมแสดงความคิดอย่างอิสระ - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประมวลสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ประเมินประสิทธิภาพ คุณภาพการปฏิบัติงานกลุ่ม ประเมินตนเองทั้งด้านความรู้และกระบวนการกลุ่ม ความพึงพอใจ และเลือกวิธีการ และรูปแบบการนำเสนอผลงานที่น่าสนใจ 	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นผู้ประเมินทักษะของนักเรียนและกลุ่ม พร้อมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ 	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ทักษะกระบวนการคิด และแก้ปัญหาต่างๆ อย่างมีเหตุผล - เลือกวิธีการ และรูปแบบการนำเสนอผลงานที่น่าสนใจ
<p>6. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน</p> <ul style="list-style-type: none"> - การนำเสนอด้วยวาจา และมีเอกสารประกอบ - การนำเสนอในรูปแบบของนิทรรศการ การแสดงละคร ฯลฯ - นักเรียนนำเสนอผลการปฏิบัติงานต่อครู เพื่อน และผู้ที่สนใจ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินร่วมกับกลุ่มเพื่อน ในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนนั้น ครูจำเป็นต้องฝึกหัดนักเรียนบ่อย ๆ จนเกิดทักษะ 	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเอง 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนนำเสนอผลการปฏิบัติงานต่อครู และเพื่อน - นักเรียนประเมินผลงานร่วมกับกลุ่มเพื่อน

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ฮิลการ์ด (Hilgard, 1962, pp. 121-125) ได้อธิบายไว้ว่า การคิดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การคิดอย่างไม่มีจุดมุ่งหมาย (Association thinking) เป็นการคิดที่ไม่ได้ตั้งใจจะคิดหรือไม่มีจุดมุ่งหมายในการคิด เช่น การคิดเสรี (Free association) การฝันกลางวัน (Day dreaming)

2. การคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย (Directed thinking) เป็นการคิดเพื่อค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาหรือไปสู่จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายโดยตรง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) เป็นการคิดอย่างมีเหตุผล ใช้ในการแก้ปัญหา

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีคำในภาษาอังกฤษว่า Critical Thinking อาจถูกเรียกด้วยชื่ออื่นๆ ในภาษาไทย เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงวิจารณ์ การคิดเชิงวิพากษ์ หรือการคิดอย่างมีเหตุผล ดังนั้นเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ผู้วิจัยจึงใช้คำว่า “การคิดอย่างมีวิจารณญาณ”

นักวิชาการ นักการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ไว้อย่างหลากหลายในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

ฮิลการ์ด (Hilgard, 1962, pp. 336) อธิบายความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า คือ ความสามารถในการตัดสินใจว่าสิ่งใดเป็นจริง และสิ่งใดเป็นเหตุเป็นผลกัน

วัตสันและเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964, น. 10) ระบุความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ รูปแบบของการคิดที่ประกอบด้วย ทักษะ ความรู้ และทักษะ โดยทัศนคติหมายถึง ทักษะที่มีต่อการแสวงหาความรู้และการให้ความสำคัญกับหลักฐานที่มาสนับสนุนสิ่งที่กล่าวอ้างว่าเป็นจริง แล้วใช้ความรู้ด้านการอนุมานสรุปใจความสำคัญตามหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับหลักตรรกศาสตร์ ตลอดจนการใช้ทักษะการประเมินผลความถูกต้องของความรู้และทัศนคติ

กู๊ด (Good, 1973, pp. 680) ระบุความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่าเป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักการของการประเมินผล และมีหลักฐานอ้างอิงเนื้อหา ข้อเสนอที่น่าจะเป็นไปได้ พิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการทางตรรกวิทยาอย่างสมเหตุสมผล

ฮัดกินส์ (Hudgins, 1977, pp.173-206) ระบุความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การมีทัศนคติในการค้นคว้าหาหลักฐาน การวิเคราะห์ และประเมินข้อโต้แย้งต่าง ๆ การมีทักษะในการใช้ความรู้จำแนกข้อมูลและตรวจสอบข้อสมมติฐานเพื่อลงข้อสรุปได้อย่างมีเหตุผล

เอนนิส (Ennis, 1985, pp. 46) อธิบายความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นการคิดอย่างพิจารณาไตร่ตรองด้วยเหตุผล และมีจุดมุ่งหมายเพื่อการตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อก่อนการลงมือปฏิบัติ และเน้นประเด็นสำคัญ คือ เป็นการคิดโดยใช้เหตุผล มีการไตร่ตรองตรวจสอบเหตุผลทั้งของตนเองและผู้อื่น เน้นสติสัมปชัญญะ และเน้นการตัดสินใจว่าอะไรควรเชื่อควรปฏิบัติ

ดิวอี้ (Dewey, 1993, pp. 9) กล่าวถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นการคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง รอบคอบต่อความเชื่อหรือความรู้ต่างๆ โดยอาศัยหลักฐานมาสนับสนุน รวมทั้งข้อสรุปอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในขอบเขตของเรื่องนั้นๆ

กรมวิชาการ (2540, น. 21) อธิบายความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หาสาเหตุและเหตุผลที่นำมาสนับสนุนความเชื่อเพื่อหาทางเลือกและตัดสินใจ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, น. 9) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลโดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์และความสมบูรณ์ของข้อมูล หรือจากพยานหลักฐานในการแก้ปัญหาแล้วลงความเห็นหรือประเมินหรือลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น.33) อธิบายการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วยมุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้

2.2 ทฤษฎีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของเพียเจท์ (Piaget's Theory of Intellectual Development) เพียเจท์ (Piaget, 1964) ได้อธิบายว่า พัฒนาการทางสมองของมนุษย์เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง และมีหลักการสำคัญ 2 ประการ (ทิสนา แชมมณี, 2544, น. 13-14; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น.13-14) ได้แก่

1. การปรับตัวให้สมดุล ประกอบขึ้นจากการรับเข้ามาและการปรับให้เข้ากัน สำหรับการรับเข้ามา คือ การจัดประสบการณ์ใหม่ให้ลงตัวได้เหมาะสมกับความคิดที่มีอยู่ก่อน ส่วนการปรับให้เข้ากัน คือ การปรับเปลี่ยนความคิดให้เหมาะสมกับประสบการณ์ที่รับเข้ามาใหม่

2. พัฒนาการทางเขาวนปัญญา ต้องอาศัยวุฒิภาวะ ประสบการณ์ทางกายภาพและทางสมอง การรวมไปถึงการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยพัฒนาการทางเขาวนปัญญานี้จะถูกพัฒนาได้ 4 ระยะ ตามการเจริญเติบโต ได้แก่ ระยะแรกเกิดถึงประมาณ 2 ปี ด้านการเคลื่อนไหวและ

ประสาทสัมผัส อายุ 2-7 ปี ด้านการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ อายุ 7-11 ปี ความสามารถในการสร้างภาพแทนในใจ การจัดประเภทสิ่งของหรือการเปรียบเทียบ และอายุ 12-15 ปี ด้านการคิดอย่างสมเหตุสมผล

ทฤษฎีเชาวันปัญญาสามตรของสเตอร์นเบิร์ก (A Triarchic Theory of Human Intelligence) สเตอร์นเบิร์ก (Sternberg, 1985) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับสติปัญญาครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ประการ (ทีศนา แชมมณี, 2544, น. 30-31) ดังนี้

1. ทฤษฎีย่อยด้านบริบทสังคม (Contextual Subtheory) กล่าวถึงความสามารถทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรมของบุคคล รวมทั้งการปฏิบัติและการกระทำ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนตนเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม การเลือกสรรสิ่งแวดล้อมที่ให้ประโยชน์สูงสุด และการดัดแปลงสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับตนเอง

2. ทฤษฎีย่อยด้านประสบการณ์ (Experiential Subtheory) กล่าวถึงความสามารถทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงและนำความรู้มาใช้ในการสร้างสรรค์ โดยต้องอาศัยความสามารถในการแก้ปัญหาแปลกใหม่ และความคล่องในการประมวลผลข้อมูล

3. ทฤษฎีย่อยด้านกระบวนการคิด (Componential Subtheory) กล่าวถึงความสามารถทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด หรือความสามารถในการเรียนรู้สื่อใหม่ ครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ ด้านปรับความคิด ด้านปฏิบัติ และด้านการแสวงหาความรู้

2.3 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เดรสเซล และ เมย์ฮิว (Dressel & Mayhew, 1957, pp. 179-181) กล่าวถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้าน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเดรสเซลและเมย์ฮิว

ลำดับที่	ความสามารถ	องค์ประกอบของความสามารถ
(1)	ความสามารถในการนิยามปัญหา	การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา และการนิยามปัญหา
(1.1)	การตระหนักถึงความ เป็นไปของปัญหา	การรู้ถึงเงื่อนไขต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ การรู้ถึง ความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์ การระบุจุด เชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดของเหตุการณ์ หรือความคิดและ การรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ลำดับที่	ความสามารถ	องค์ประกอบของความสามารถ
(1.2)	การนิยามปัญหา	การระบุถึงธรรมชาติของปัญหา ความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา นิยามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมจำแนกแยกแยะ องค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็น ส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ ระบุงค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน
(2)	ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา	การตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา การจำแนกแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้กับแหล่งข้อมูลที่ไม่ได้ การระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่ การเลือกตัวอย่างข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ ตลอดจนการจัดระบบระเบียบของข้อมูล
(3)	ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	การระบุข้อตกลงที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวกับการอ้าง
(4)	ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน	การค้นหาคำชี้แนะต่อคำตอบปัญหา การกำหนดสมมติฐานต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น
(5)	ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผล	การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป และการประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้
(5.1)	การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	การระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำกับประพจน์ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็นและเงื่อนไขที่เพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการระบุและกำหนดข้อสรุป

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ลำดับที่	ความสามารถ	องค์ประกอบของความสามารถ
(5.2)	การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป	การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผลจากการสรุปที่อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจ และความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอนกับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่เป็นข้อยุติได้
(5.3)	การประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้	การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินความเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

วัตสัน และเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964, pp. 1-10) ได้เสนอแนวคิดไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีองค์ประกอบ คือ (1) เจตคติ หมายถึง ความสนใจในการแสวงหาความรู้ ความสามารถในการพิจารณาปัญหา ตลอดจนมีนิสัยในการค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าจริง (2) ความรู้ หมายถึง ความสามารถในการอนุมาน สรุปใจความสำคัญ และการสรุปความเหมือน โดยพิจารณาหลักฐานและการใช้หลักตรรกศาสตร์ และ (3) ทักษะ หมายถึง ความสามารถที่จะนำทั้งเจตคติและความรู้ไปประยุกต์ใช้พิจารณาตัดสินปัญหา สถานการณ์ ข้อความหรือข้อสรุปต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้ วัตสันและเกลเซอร์ ได้เสนอว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถย่อย ๆ 5 ด้าน ได้แก่

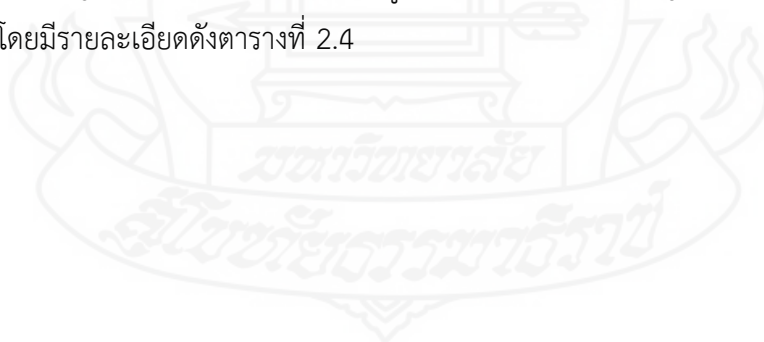
1. ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ (Inference) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการสรุปข้อมูลต่าง ๆ ของข้อมูลที่กำหนดให้ได้
2. ความสามารถในการตระหนักถึงข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) เป็นความสามารถในการรับรู้ข้อตกลงเบื้องต้นหรือข้อความสมมติที่กำหนดในประโยค โดยสามารถจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น หรือข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น
3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอนและข้อความใดไม่เป็นผลต่อความสัมพันธ์นั้น
4. ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป จำแนกได้ว่าข้อสรุปใดที่เป็นไปได้ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) เป็นความสามารถในการประเมินน้ำหนักข้อมูลเพื่อตัดสินว่าเข้าประเด็นกับเรื่องหรือไม่ เห็นด้วยหรือไม่ เห็นด้วย ควรหรือไม่ควร

ดีคาโรลี (Decaroli, 1973, pp. 67-69) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย

1. การนิยาม คือ การกำหนดปัญหาทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำข้อความ และการกำหนดเกณฑ์
2. การแสวงหาสมมติฐาน คือ การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล การหาทางเลือก และการพยากรณ์
3. การประมวลผลข่าวสาร คือ การระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องหาหลักฐานและจัดระบบข้อมูล
4. การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน รวมถึงการระบอคติหรือความลำเอียง
5. การใช้เหตุผล คือ การใช้เหตุผลโดยระบุความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์
6. การประเมินผล คือ การประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ กำหนดความสมเหตุสมผล
7. การประยุกต์ คือ การทดสอบข้อสรุป การสรุปอ้างอิง การนำไปปฏิบัติ

นีดเลอร์ (Woolfolk, 1987, pp. 312; citing Kneedler, 1985, pp. 227) กล่าวถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบ่งความสามารถออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การนิยามและทำความเข้าใจข้างต้นของปัญหา การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับปัญหา และการลงสรุปหรือการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.4



ตารางที่ 2.4 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนิตเลอร์

ลำดับ ที่	ความสามารถของ กระบวนการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	ความสามารถย่อย
(1)	การนิยามและทำ ความกระจ่างชัดของ ปัญหา	<p>(1.1) การระบุปัญหา เป็นความสามารถในการระบุความสำคัญของเรื่องที่อ่าน การอ้างเหตุผล การใช้เหตุผลต่าง ๆ และข้อสรุปในการอ้างเหตุผล</p> <p>(1.2) การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่าง ระหว่างคน วัตถุ สิ่งของ ความคิด หรือผลลัพธ์ตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไป</p> <p>(1.3) การกำหนดข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกัน เป็นความสามารถในการจำแนกระหว่างข้อมูลที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้กับข้อมูลที่ไม่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้ รวมทั้งการจำแนกระหว่างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องราว</p> <p>(1.4) การกำหนดคำถามที่เหมาะสม การจะเข้าใจเรื่องราวต่างๆ ได้ลึกซึ้งและชัดเจน จำเป็นต้องใช้ความสามารถในการกำหนดคำถาม</p>
(2)	การพิจารณาตัดสิน ข้อมูลที่มีความ สัมพันธ์กับปัญหา	<p>(2.1) การจำแนกหลักฐาน เป็นลักษณะข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ซึ่งพิจารณาตัดสินโดยใช้เหตุผล เป็นความสามารถในการประยุกต์เกณฑ์ต่างๆ เพื่อการพิจารณาตัดสินลักษณะคุณภาพของการสังเกตและการคิดหาเหตุผล</p> <p>(2.2) การตรวจสอบความสอดคล้อง เป็นความสามารถในการตัดสินว่าข้อความหรือสัญลักษณ์ที่กำหนดมีความสอดคล้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความสอดคล้องกับบริบททั้งหมดหรือไม่</p> <p>(2.3) การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่ได้กล่าวอ้าง เป็นความสามารถในการระบุว่าข้อตกลงเบื้องต้นในที่ไม่ได้กล่าวไว้ในการอ้างเหตุผล</p> <p>(2.4) การระบุภาพพจน์ในการอ้างเหตุผล เป็นความสามารถของการระบุความคิดเห็นที่บุคคลยึดติด หรือความคิดตามประเพณี</p> <p>(2.5) การระบุความมีอคติปัจจัยทางอารมณ์และการโฆษณา เป็นความสามารถในการระบุความมีอคติในการอ้างเหตุผลและการตัดสินความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล</p> <p>(2.6) การระบุความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยมและอุดมการณ์ เป็นความสามารถในการระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยมและอุดมการณ์</p>

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ความสามารถของ กระบวนการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	ความสามารถย่อย
(3)	การลงสรุปหรือการ แก้ปัญหา	(3.1) การระบุความเพียงพอของข้อมูล เป็นความสามารถในการตัดสินใจว่า ข้อมูลที่มีอยู่เพียงพอทั้งด้านปริมาณและคุณภาพต่อการนำไปสู่ข้อสรุป การ ตัดสินใจ หรือการกำหนดสมมติฐานที่เป็นไปได้หรือไม่ (3.2) การพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้ เป็นความสามารถในการทำนาย ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้ของเหตุการณ์ หรือชุดของเหตุการณ์ต่าง ๆ

เอนนิส (Ennis, 1985, pp. 45-48) ได้นิยามความหมายของการคิดอย่างมี
วิจารณญาณเผยแพร่ครั้งแรกในปี 1962 ต่อมาในปี 1989 เอนนิสได้เขียนหนังสือร่วมกับนอริส
(Noris) มีชื่อว่า Evaluating Critical Thinking คำนิยามในหนังสือนี้ได้อธิบายถึงการคิดอย่างมี
วิจารณญาณไว้ว่า เป็นการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดแบบไตร่ตรอง เพื่อการตัดสินใจก่อนจะเชื่อ
หรือก่อนจะลงมือปฏิบัติ ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกันกับคำนิยามที่เคยให้ไว้ โดยแนวคิดเกี่ยวกับการ
คิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องประกอบด้วย 3 ทักษะย่อย ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเอนนิส

ลำดับที่	ทักษะ	ลักษณะของทักษะ
(1)	ทักษะการนิยาม	- การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป - ระบุเหตุผล ทั้งที่ปรากฏและไม่ปรากฏ - การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ - การระบุเงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้น
(2)	ทักษะการตัดสินใจข้อมูล	- การตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล - การตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา - การพิจารณาความสอดคล้อง
(3)	ทักษะการสรุปอ้างอิงใน การแก้ปัญหาและการลง สรุปอย่างสมเหตุสมผล	- การอ้างอิงและการสรุปแบบอุปนัย - การนิรนัยโดยมีความตรง - การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่างน่าเชื่อถือ

ควอลล์มอลซ์ (Quellmalz, 1985, pp. 312) ได้สรุปความคล้ายคลึงกันของการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างทฤษฎีของนักจิตวิทยากับทฤษฎีของนักปรัชญาใน 4 ขั้นตอนย่อยของกระบวนการคิด ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างทฤษฎีของนักจิตวิทยากับทฤษฎีของนักปรัชญาโดยควอลล์มอลซ์

ลำดับที่	ทฤษฎีของนักจิตวิทยา	ทฤษฎีของนักปรัชญา
(1)	ขั้นการนิยามปัญหา เป็นการค้นหาองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา	ขั้นการทำความเข้าใจ ประกอบด้วย การกำหนดคำถามวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหาและนิยามคำถาม
(2)	ขั้นการระบุข้อมูล เนื้อหาและกระบวนการที่จำเป็นในการแก้ปัญหา	ขั้นการตัดสินใจที่เชื่อถือได้ ของข้อมูลที่นำมาสนับสนุน แหล่งข้อมูล ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากการสังเกต
(3)	ขั้นการนำข้อมูลมาประกอบใช้ เพื่อการแก้ปัญหา	ขั้นการคิดหาเหตุผล ประกอบด้วย การคิดหาเหตุผลเชิงอนุมาน และการคิดหาเหตุผลเชิงอุปมาน
(4)	ขั้นการประเมินผลสำเร็จของคำตอบ	ขั้นการใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจเพียงพอของคำตอบ

อินช์ (Inch, 2006) อธิบายถึงตัวชี้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถ 8 ด้าน ได้แก่

1. การตั้งคำถามปัญหา (Question at issue) นักเรียนสามารถตอบคำถามตามปรากฏการณ์หรือข้อมูลได้
2. สารสนเทศ (Information) อธิบายสิ่งที่อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลหรือสารสนเทศ และกำหนดสิ่งต่างๆ ตามข้อมูลที่ให้ไว้
3. วัตถุประสงค์ประสงค์ (Purpose) กำหนดวัตถุประสงค์ และอธิบายหน้าที่ ประโยชน์ บทบาทได้
4. แนวคิด (Concept) อธิบายแนวคิด
5. สมมติฐาน (Assumptions) การตั้งสมมติฐาน
6. การแสดงความคิดเห็น (Points of View) การออกแบบมุมมอง
7. การตีความและการอนุมาน (Interpretation and Inference) การตีความ และคาดคะเนตามหลักการและเหตุผล

8. การให้ความหมายและสรุปผล (Implication and Consequences) อธิบาย

ความหมายและผลกระทบของกรณีศึกษา

เมื่อพิจารณาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของเดรสเซล และเมย์ฮิว (Dressel & Mayhew, 1957) วัตสัน และเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964) ดีคาโรลี (Decaroli, 1973) นีดเลอร์ (Kneedler, 1985) เอนนิส (Ennis, 1985) เควลล์มอลซ์ (Quellmalz, 1985) และ อินช์ (Inch, 2006) ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Dressel & Mayhew, 1957	Watson & Glaser, 1964	Decaroli, 1973	Kneedler, 1985	Ennis, 1985	Quellmalz, 1985	Inch, 2006
1. การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา และการนิยามปัญหา	1. การสรุปอ้างอิง (Inference)	1. การนิยาม 2. การแสวงหาสมมติฐาน	1. การนิยามและทำความเข้าใจของปัญหา	1. การนิยาม	1. วิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหาและการนิยามคำถาม	1. การตั้งคำถามปัญหา (Question at issue)
2. การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา	2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions)	3. การประมวลผลข่าวสาร	2. การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับปัญหา	2. การตัดสินข้อมูล	2. การระบุข้อมูล	2. สารสนเทศ (Information)
3. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น						3. ระบุวัตถุประสงค์ (Purpose)
4. การกำหนดและเลือกสมมติฐาน	3. การนิรนัย (Deduction)					4. แนวคิด (Concept)
5. การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผลพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุปและประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้	4. การตีความ (Interpretation)	4. การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน	3. การลงสรุปหรือการแก้ปัญหา	3. การสรุปอ้างอิงในการแก้ปัญหา และการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล	3. การคิดหาเหตุผลเชิงอนุมานและเชิงอุปมาน	5. สมมติฐาน (Assumptions)
	5. การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments)	5. การใช้เหตุผล 6. การประเมินผล 7. การประยุกต์			4. การประเมินผลและตัดสิน	6. การแสดงความคิดเห็น (Points of View)
						7. การตีความและการอนุมาน (Interpretation and Inference)

สามารถสรุปแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้จะต้องประกอบด้วยความสามารถ ได้แก่ (1) การจำแนกความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการสรุปข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้อง (2) ความสามารถในการจำแนกข้อตกลงเบื้องต้นหรือการพิจารณาข้อมูลที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า (3) การสรุปที่ต้องอาศัยข้อมูลจากหลักฐานหรือข้อค้นพบ นำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นหลักการ (4) การแปลความหมาย ลงข้อสรุปหรือการสืบอ้างอิงที่อยู่บนฐานของข้อมูลปรากฏ และ (5) การให้เหตุผลเพื่อตัดสินข้อสรุปและอ้างอิงเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล

2.4 ลักษณะการแสดงออกของผู้ที่มีวิจารณญาณ

วัตสัน และเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964, pp. 11) กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ จำแนกระดับความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่คาดคะเนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำแนกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นและต้องยอมรับ ก่อนมีการโต้แย้งหรืออธิบายข้อความอื่น ๆ จำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอน จำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติทั่วไปที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนด และจำแนกระหว่างการอ้างอิงเหตุผลที่หนักแน่นกับไม่หนักแน่น เพื่อพิจารณาความสำคัญและเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา

เครก (Craig, 1966, pp. 108–111) ระบุลักษณะของผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ คือ ใช้คำถามที่มีลักษณะเป็นการอธิบายเหตุการณ์ ค้นหาอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ตระหนักว่าปรากฏการณ์บางอย่างที่นักวิทยาศาสตร์ยังอธิบายไม่เหมาะสม ไม่อ้างให้เป็นเรื่องของธรรมชาติในการอธิบาย ไม่เชื่อในเรื่องเหนือธรรมชาติ ตระหนักได้ว่าคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์อาจถูกต้องในวันนี้ และอาจจะปรับปรุงใหม่โดยนักวิทยาศาสตร์คนเดิมหรือคนใหม่ได้ในวันข้างหน้า ยอมรับความคิดเห็นใหม่เมื่อมีหลักฐานใหม่ที่อธิบายได้ดีกว่า ไม่ใช้การคาดเดาในการหาข้อเท็จจริง ทำการทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริง หาหลักฐานเพิ่มเติมเมื่อหลักฐานมีไม่เพียงพอ ละทิ้งความคิดที่ผิด เต็มใจที่จะได้รับการตรวจสอบข้อสรุป ถามถึงแหล่งข้อมูลความรู้ที่ถูกต้อง พิสูจน์คำกล่าวของผู้อื่น ไม่เชื่อถือเมื่อยังพิสูจน์ไม่ได้ ถามเกี่ยวกับความเชื่อถือหรือความกลัวที่ไร้เหตุผล ตั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหา เสนอวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน ตระหนักถึงความสำคัญของความรู้ที่เชื่อถือได้ และเชื่อมั่นในวิธีทางวิทยาศาสตร์

เอนนิส (Ennis, 1985, pp. 45-48) กล่าวถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณควรประกอบด้วย 12 ทักษะ ได้แก่

1. สามารถกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา ได้แก่ ระบุปัญหาสำคัญได้ชัดเจน และระบุเกณฑ์เพื่อตัดสินคำตอบที่เป็นไปได้

2. สามารถคิดวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง ได้แก่ ระบุข้อมูลที่มีเหตุผลหรือน่าเชื่อถือได้ ระบุข้อมูลที่ไม่มีเหตุผลหรือน่าเชื่อถือได้ ระบุความเหมือนและความแตกต่างของความคิดเห็นหรือข้อมูลที่มีอยู่ได้ และสรุปได้

3. สามารถถามคำถามที่ท้าทายและตอบคำถามได้อย่างชัดเจน

4. สามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ได้แก่ เป็นข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญน่าเชื่อถือ ไม่มีข้อโต้แย้ง ได้รับการยอมรับ และต้องเป็นข้อมูลที่สามารถให้เหตุผลว่าเชื่อถือได้

5. สามารถสังเกตและตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเองโดยมีเกณฑ์ คือ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเอง โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 และการบันทึกข้อมูลเป็นผลจากการสังเกตด้วยตนเองและมีการบันทึกทันที

6. สามารถนำหลักการใหญ่ไปแตกเป็นหลักการย่อยได้ หรือนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้

7. สามารถอุปนัยและตัดสินผลการอุปนัยได้ คือ ในการสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรนั้น กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นตัวแทนของประชากรและก่อนการอุปนัยนั้นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องตามกำหนดและข้อมูลมีเพียงพอต่อการสรุปแบบอุปนัย

8. สามารถตัดสินคุณค่าได้ นั่นคือ สามารถพิจารณาทางเลือก โดยมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอ และสามารถชั่งน้ำหนักระหว่างดีและไม่ดี หรือผลดีและผลเสียก่อนการตัดสินใจ

9. สามารถให้ความหมายของคำและตัดสินความหมาย

10. สามารถระบุข้อสันนิษฐานได้

11. สามารถตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติได้

12. การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

ฮาร์นาเด็ค (Harnadek, 1989, pp. 21) ได้ศึกษาลักษณะของบุคคลที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ คือ มีใจกว้างยอมรับความคิดใหม่ ไม่โต้แย้งในเรื่องใดๆ ถ้ายังไม่ทราบรายละเอียด ข้อมูลของเรื่องนั้น ทราบว่าเมื่อไหร่ที่จำเป็นต้องค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา จำแนกระหว่างข้อสรุปที่อาจจะเป็นจริงกับข้อสรุปที่ต้องเป็นจริงได้ ยอมรับว่าคนเรานั้นมีความคิดเกี่ยวกับความหมายของคำที่แตกต่างกัน พยายามหลีกเลี่ยงการให้เหตุผลที่ผิดพลาด พยายามตั้งคำถามในสิ่งที่ไม่เข้าใจ พยายามจำแนกความคิดด้วยเหตุผลเชิงตรรกวิทยาโดยปราศจากความคิดด้วยอารมณ์ พยายามสร้างสรรค์คำใหม่ๆ เพื่อความเข้าใจเมื่อผู้อื่นกล่าวถึง ตลอดจนสามารถนำความคิดของตนเองมาเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจชัดเจน

2.5 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544, น. 180-186) กล่าวถึง การวัดความสามารถทางการคิด โดยสรุป คือ การวัดความสามารถในการคิด มีเทคนิคการวัดที่สามารถเลือกใช้ได้หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นการวัดโดยใช้แบบทดสอบ (test) การสัมภาษณ์รายบุคคล (individual interview) การบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล (comprehensive personal record) การสังเกตพฤติกรรมทางตรง (direct observation) รวมไปถึงการตรวจผลงานจากแฟ้มสะสมผลงาน (portfolio) สำหรับการวัดความสามารถในการคิดโดยใช้แบบสอบสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบข้อเขียน (paper-pencil test) และแบบทดสอบปฏิบัติการ (performance test)

แบบทดสอบข้อเขียนเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้ง่ายและสะดวก สำหรับผู้ถูกทดสอบทั้งกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ ในการพัฒนาแบบทดสอบข้อเขียนเพื่อวัดความสามารถในการคิด ผู้พัฒนาสามารถใช้แบบทดสอบประเภทปรนัย (objective test) หรืออัตนัย (subjective test) ก็ได้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบทดสอบประเภทปรนัย เป็นแบบสอบที่ใช้เวลาในการสร้างมากแต่ตรวจง่าย และนิยมพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐาน รูปแบบการตอบที่นิยมใช้กัน เช่น แบบทดสอบหลายตัวเลือก (multiple-choice tests) เป็นต้น

2. แบบสอบประเภทอัตนัย เป็นแบบสอบที่สร้างง่ายแต่ตรวจยาก การพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐานจึงกระทำได้ยาก รูปแบบการตอบที่นิยมใช้กัน เช่น การตอบสั้น (short answer) การเขียนตอบตามกรอบที่กำหนด (restricted essay tests) การเขียนตอบอย่างเป็นอิสระ (extended essay tests) เป็นต้น

แบบทดสอบข้อเขียนเพื่อวัดความสามารถในการคิด ครูผู้สอนสามารถสร้างขึ้นมาใช้เองได้ เรียกว่า แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นมาใช้ (teacher-made tests) ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐานได้ ส่วนแบบสอบที่เลือกซื้อจากต่างประเทศ หน่วยงานหรือบริษัทผู้ผลิต ซึ่งจะมีกลุ่มนักวัดผลผู้เชี่ยวชาญทำการสร้างและพัฒนาแบบสอบจนได้มาตรฐานเพื่อการจำหน่าย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาตรฐานที่มีผู้เชี่ยวชาญสร้างขึ้น ได้แก่

1. Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA) ในปี ค.ศ. 1937 นักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญ Watson และ Glaser ได้สร้างแบบทดสอบขึ้น และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้ฉบับปรับปรุงล่าสุดในปี ค.ศ. 1980 สำหรับนักเรียนเกรด 9 หรือเทียบเท่าระดับ ม.3 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบสอบมี 2 แบบซึ่งคู่ขนานกันคือ แบบ A และแบบ B แต่ละแบบประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย มีข้อสอบรวม 80 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 50 นาที วัดความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

1.1 ความสามารถในการอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ และมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3-5 ข้อสรุป จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อสรุปเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง (true) น่าจะเป็นจริง (probably true) ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ (insufficient data) น่าจะเป็นเท็จ (probably false) และเป็นเท็จ (false)

1.2 ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่ปรากฏลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ และมีข้อความตามมา สถานการณ์ละ 2-3 ข้อความ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจข้อความในแต่ละข้อว่า ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด

1.3 ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 ย่อหน้า แล้วมีข้อสรุปตามมา สถานการณ์ละ 2-4 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่ตามสถานการณ์นั้น

1.4 ความสามารถในการแปลความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้นำหนักข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินใจความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปสถานการณ์ละ 2-3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่าข้อสรุปในแต่ละข้อว่าน่าเชื่อถือหรือไม่ภายใต้สถานการณ์อันนั้น

1.5 ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Argument) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดของคำตอบพร้อมกับเหตุผลกำกับ จากนั้นผู้พิจารณาตัดสินใจคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่ และให้เหตุผลประกอบต้องพิจารณาตัดสินใจคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่และให้เหตุผลประกอบ

2. Cornell Critical Thinking Test, Level X and Z พัฒนาโดย Ennis และ Millman (Ennis & Millman, 1985) พัฒนาขึ้นโดยยึดทฤษฎีของ Ennis เป็นหลัก ทฤษฎีได้กำหนดว่าการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

2.1 การนิยามปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องและการทำให้กระจ่าง ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่างๆ ได้แก่ (2.1.1) ระบุประเด็นปัญหาต่างๆ ที่สำคัญ ระบุข้อสรุป (2.1.2) ระบุเหตุผล

ที่ปรากฏและไม่ปรากฏ (2.1.3) ตั้งคำถามให้เหมาะในแต่ละสถานการณ์ และ (2.1.4) ระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2.2 การพิจารณาตัดสินข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ได้แก่ (2.2.1) ตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (2.2.2) ตัดสินความเกี่ยวข้องของข้อมูลกับปัญหา และ (2.2.3) ตระหนักในความคงเส้นคงวาของข้อมูล

2.3 การอ้างอิงเพื่อการแก้ปัญหาและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ได้แก่ (2.3.1) ตัดสินสรุปแบบอุปนัยและอ้างอิง (2.3.2) การนิรนัย และ (2.3.2) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นตามมา

คู่มือการใช้แบบทดสอบได้ระบุถึงผู้คิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น จะต้องมีความสมรรถภาพในการตัดสินได้ว่าสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งมี 10 ลักษณะ ได้แก่ (1) ข้อความที่ใช้สืบเนื่องมาจากข้อความที่กำหนดให้ (2) สิ่งที่กำลังกล่าวถึงเป็นข้อตกลงเบื้องต้น (3) สิ่งที่กำลังกล่าวถึงได้มีความตรง (4) สิ่งที่กำลังกล่าวหาเชื่อถือได้ (5) การสรุปอ้างอิงเบื้องต้นมีความถูกต้อง (6) สมมติฐานมีความสมเหตุสมผล (7) ทฤษฎีที่ใช้มีความเหมาะสม (8) ประเด็นโต้แย้งขึ้นกับประเด็นที่คลุมเครือ (9) ข้อความที่ใช้มีความเฉพาะและชัดเจน และ (10) การใช้เหตุผลได้ตรงประเด็น ซึ่งแบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test มีข้อแตกต่างระหว่าง Level X และ Z ดังนี้

แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test, Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับ 4 ถึงระดับ 12 หรือเทียบเท่าระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยข้อสอบเลือกตอบ 71 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 4 ด้าน (สมนึก ภัททิยธนี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, และวิภาดา คำดี, 2559, น. 3) คือ

ด้านที่ 1 ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และการสังเกต (Credibility of Sources and Observations) คือ ความสามารถในการพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล ความเป็นไปได้ของข้อความ รายงานจากการสังเกตของบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์ว่า ข้อใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากันหรือน่าเชื่อถือพอ ๆ กัน

ด้านที่ 2 ความสามารถในการอุปนัย (Induction) คือ ความสามารถในการตัดสินใจว่าข้อเท็จจริงใดสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปที่คาดคะเนไว้

ด้านที่ 3 ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) คือ ความสามารถในการหาข้อสรุปในสถานการณ์เฉพาะจากประโยคหลักที่กำหนดให้

ด้านที่ 4 ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) คือ ความสามารถในการระบุข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งจำเป็นต้องมีก่อนข้อความหลักที่กำหนดให้ เพื่อให้การลงข้อสรุปมีความถูกต้องตามหลักการนิยาม

Cornell Critical Thinking Test, Level X มุ่งวัดสมรรถภาพครอบคลุม 7 ลักษณะ ได้แก่ สมรรถภาพที่ 1-6 และสมรรถภาพที่ 10 ยกเว้นสมรรถภาพที่ 7-9

แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test, Level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีปัญญาเป็นเลิศ นักศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา รวมทั้งผู้ใหญ่ ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบ 52 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 7 ด้าน (สมนึก ภัททิยธนี, จุฑาทิพย์ ชาตีสวรรณ์, และวิภาดา คำดี, 2559) คือ

ด้านที่ 1 ด้านอุปนัย (Inductive)

ด้านที่ 2 ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล (Credibility of Source)

ด้านที่ 3 การพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง (Prediction and Experimental of Planning)

ด้านที่ 4 การอ้างอิงเหตุผลผิดหลักตรรกศาสตร์ (Fallacies)

ด้านที่ 5 การนิรนัย (Deduction)

ด้านที่ 6 การให้คำจำกัดความ (Definition)

ด้านที่ 7 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification)

Cornell Critical Thinking Test, Level Z มุ่งวัดสมรรถภาพที่ครอบคลุมทั้ง 10 ลักษณะ ยกเว้นสมรรถภาพที่ 7 และเน้นน้อยลงสำหรับสมรรถภาพที่ 3 และ 4

3. แบบวัด Ross Test of Higher cognition Process หรือแบบทดสอบวัดกระบวนการคิดทางสติปัญญาในระดับสูงของโรสส์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 แบบวัดการคิดวิจารณ์ญาณฉบับนี้ สร้างโดย John D. Ross และ Catherine M. Ross จากนั้นมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนปี ค.ศ. 1979 แบบวัดฉบับนี้ถูกใช้วัดการคิดวิจารณ์ญาณของเด็กตั้งแต่ระดับ 4 ถึงระดับ 6 โดยวัดความสามารถของเด็กในด้านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล ซึ่งสร้างขึ้นตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom's Taxonomy of Educational Objective) ข้อสอบมีทั้งสิ้น 105 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 8 ด้านย่อย ๆ คือ (3.1) การอุปมาอุปมัย (Analogies) (3.2) การอ้างเหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reason) (3.3) ข้ออ้างที่ผิด (Missing Premises) (3.4) ความสัมพันธ์แบบนามธรรม (Abstract Relation) (3.5) การจัดลำดับ (Sequential Synthesis) (3.6) ยุทธวิธีการตั้งคำถาม (Questioning Strategies) (3.7) การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง (Analysis of relevant and irrelevant information) และ (3.8) การวิเคราะห์การอ้างเหตุผล (Analysis of Attributes)

ในแต่ละตอนของแบบวัด Ross Test of Higher cognition Process จะเป็นการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณเป็นลำดับขั้น คือ ในตอนที่ 1, 3 และตอนที่ 7 จะเป็นการวัดความสามารถขั้นการวิเคราะห์ และตอนที่ 4, 5 และตอนที่ 8 จะเป็นการวัดความสามารถขั้นการ

สังเคราะห์ ส่วนตอนที่ 2 และ 6 จะเป็นการวัดความสามารถขั้นการประเมิน ในการดำเนินการสอบ จะแบ่งการสอบออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 จะสอบตั้งแต่ตอนที่ 1-5 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่ตอนที่ 6-8 ในแต่ละครั้งใช้เวลาสอบ 60 นาที

4. วัตสัน และเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964, pp. 2) ได้เสนอพัฒนาแบบวัด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking test) ในปี ค.ศ.1980 โดยได้เสนอแบบวัดการคิดอย่างมี วิจารณญาณในแง่ต่างๆ เพื่อวัดความสามารถ 5 ด้าน คือ การสรุปอ้างอิง การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

4.1 การสรุปอ้างอิง/การสรุปความ (Inference) หมายถึง ความสามารถในการ ตัดสินจำแนก ความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือข้อสรุปใดเป็นเท็จ โดยอาศัย สถานการณ์ที่กำหนด

4.2 การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น/การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกข้อตกลงเบื้องต้น หรือข้อ สมมติฐานล่วงหน้าในประโยคหรือข้ออ้าง

4.3 การนิรนัย/การอนุมาน (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการหา ข้อสรุปจากประโยคที่อ้าง โดยอาศัยเหตุผลส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อย ซึ่งข้อสรุปที่ได้จำเป็นต้อง สมเหตุสมผล

4.4 การตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย เป็นการลงข้อสรุปหรือการสืบอ้างอิงอยู่บนฐานของข้อมูลที่เป็นจริง (Interpretation)

4.5 การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) หมายถึง ความสามารถ ในการให้เหตุผลเพื่อตัดสินข้อสรุปหรือข้อโต้แย้ง และอ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล

5. ฟาซิโอนี (Facione, 1990, pp. 7) กล่าวถึงการวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 6 ด้าน และใช้สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของฟาซิโอนี

ลำดับที่	ทักษะ	ลักษณะ
1	การตีความ (Interpretation)	การตีความ คือ การทำความเข้าใจกับปัจจัยที่ หลากหลายของสถานการณ์ ต้องมีการชี้แจง วัตถุประสงค์ ประเด็นสำคัญ ปัญหาหรือการตั้ง คำถาม ความหมาย ฯลฯ

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

ลำดับที่	ทักษะ	ลักษณะ
2	การวิเคราะห์ (Analysis)	การวิเคราะห์ หมายถึง การพิสูจน์ ตรวจสอบ หรือสำรวจประเด็นอื่น ๆ ของข้อมูลที่มีอยู่ ข้อโต้แย้ง ฯลฯ ด้วยการวิเคราะห์ จำเป็นต้องจัดการกระบวนการ หรือทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ใช้งานอยู่ เพื่อให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้น
3	การประเมินค่า (Evaluation)	การประเมินผล คือ การกำหนดคุณสมบัติ ประเมินค่า ประสิทธิภาพ คุณประโยชน์ ความคุ้มค่า ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ผลกระทบหรือความสำคัญของบางสิ่งบางอย่าง (เช่น หลักฐาน การเรียกร้อง สมมติฐาน อคติ มุมมอง ฯลฯ)
4	การลงความเห็น (Inference)	การให้เหตุผลควบคู่ไปกับการใช้หลักฐานและมาตรฐานที่จำเป็น สำหรับการสังเคราะห์ รวมถึงการสรุป การตัดสินใจ การระบุทางเลือก การกล่าวโดยสรุป การวางแผน การพยากรณ์ ฯลฯ
5	การอธิบาย (Explanation) หรือการสื่อสาร (Communication)	การสื่อสารผลลัพธ์ของการคิด เช่น การระบุผลลัพธ์ การแสดงขั้นตอน การอธิบายความหมาย การนำเสนอข้อโต้แย้ง ฯลฯ สิ่งเหล่านี้เป็นการคิดเชิงวิพากษ์เนื่องจากมีกระบวนการทางจิตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบข้อความ (หรือการพูด) ที่เขียนได้ดี
6	การควบคุมตนเอง (self-regulation) หรือการตระหนักรู้ การรู้คิด (Metacognition)	ในช่วงข้างต้นทั้งหมด (และอาจเป็นไปตามความคิด) การไตร่ตรอง การตรวจสอบตนเอง การตั้งคำถามเกี่ยวกับการคิด การแก้ไขตนเองให้ถูกต้อง ฯลฯ

ที่มา: Facione (1990)

เมื่อนำข้อสรุปแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามตารางที่ 2.7 ไปวิเคราะห์กับแนวทางการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักวิชาการศึกษา ได้แก่ Ennis และ Millman (1985) (Level X) Watson และ Glaser (1964) และ Facione (1990) ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 เปรียบเทียบข้อสรุปแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแนวทางการสร้าง
แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำอธิบายความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	Ennis & Millman, 1985, (Level X)	Watson & Glaser, 1964	Facione, 1990
1. การจำแนกความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการสรุปข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้อง	1. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Sources and Observations)	1. การสรุปอ้างอิง (Inference)	1. การตีความ (Interpretation)
2. การจำแนกข้อตกลงเบื้องต้น หรือการพิจารณาข้อมูลที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า	2. การอุปนัย (Induction) 4. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification)	2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption)	2. การวิเคราะห์ (Analysis) 3. การประเมินค่า (Evaluation)
3. การสรุปที่ต้องอาศัยข้อมูลจากหลักฐานหรือข้อค้นพบนำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นหลักการ	3. การนิรนัย (Deduction)	3. การนิรนัย/การอนุมาน (Deduction)	4. การลงความเห็น (Inference)
4. การแปลความหมาย ลงขอสรุปหรือการสืบอ้างอิงอยู่บนฐานของข้อมูลปรากฏ		4. การตีความ (Interpretation)	
5. การให้เหตุผลเพื่อตัดสินข้อสรุปและอ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล		5. การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments)	5. การอธิบาย (Explanation) หรือ การสื่อสาร (Communication)
			6. การควบคุมตนเอง (self-regulation) หรือ การตระหนักรู้ การรู้คิด (Metacognition)

ผลการพิจารณาข้อเปรียบเทียบของข้อสรุปแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแนวทางการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า การให้นิยามและกรอบการวัด

ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Watson และ Glaser (1964) มีความชัดเจน สมบูรณ์ และครบถ้วน กับผลการสรุปแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากที่สุด จึงเลือกใช้แนวทางการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Watson และ Glaser (1964)

2.6 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดการการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540, น. 86-92) ได้กล่าวถึงหลักของการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิดไว้ว่า การคิดเป็นกิจกรรมทางสมองที่เกิดขึ้นตลอดเวลา การคิดที่เราสนใจและสามารถวัดได้ต้องเป็นการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย (Directed thinking) ซึ่งเป็นการคิดที่นำไปสู่เป้าหมายโดยตรง หรือคิดค้นข้อสรุปอันเป็นคำตอบสำหรับตัดสินใจหรือแก้ปัญหาสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การคิดจึงเป็นความสามารถอย่างหนึ่งทางสมอง การคิดเป็นนามธรรมที่มีลักษณะซับซ้อน ไม่สามารถมองเห็น ไม่สามารถสังเกตสัมผัสได้โดยตรง จึงต้องอาศัยหลักการวัดทางจิตมิติ (Psychometric) มาช่วยในการวัด ในการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถทางการคิด มีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ ผู้พัฒนาแบบทดสอบจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบทดสอบไปใช้ว่าต้องการใช้วัดความสามารถทางการคิดทั่วไป หรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะรายวิชา (Aspect-specific)
 2. กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการ ผู้พัฒนาแบบทดสอบควรศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ
 3. สร้างผังข้อสอบ (table of specification) การสร้างผังข้อสอบ เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างว่าต้องการให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้าง และกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด
 4. เขียนข้อสอบ กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน จากนั้นร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้ โดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อทดสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา
 5. นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อทดสอบเป็นรายข้อในด้านความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อทดสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้ และปรับปรุงข้อทดสอบที่ไม่เหมาะสม
 6. นำแบบทดสอบไปใช้จริง
- แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทำการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยการหาความตรงของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเชิงโครงสร้าง ค่าความยาก ค่าอำนาจการจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) เครื่องมือนี้สามารถวัดขอบเขต ความหมายหรือคุณลักษณะตามโครงสร้างที่ต้องการวัดได้หรือไม่ โดยพิจารณาค่า IOC ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป คำนวณโดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 231) ดังนี้

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

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
	R	คือ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		+1	แน่ใจว่าตรงกับวัตถุประสงค์
		0	ไม่แน่ใจว่าตรงกับวัตถุประสงค์หรือไม่
		-1	แน่ใจว่าไม่ตรงกับวัตถุประสงค์
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย

การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยหาค่าความยาก และค่าอำนาจการจำแนก ซึ่งมีผู้เข้าทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 32 คน และใช้เกณฑ์ 27% ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ซึ่งการหาความยากและอำนาจการจำแนก พิจารณาความยาก (p) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และอำนาจจำแนก (r) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้ (กัญจนา ลินทรตันศิริกุล, 2557, น. 9/58 - 9/59)

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก (p)} &= \frac{H+L}{N_H + N_L} \\ \text{ค่าอำนาจจำแนก (r)} &= \frac{H-L}{N_H} \end{aligned}$$

เมื่อ	H	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
	L	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น
	N_H	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
	N_L	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

3. การหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ของแบบวัดการคิดฯ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2538, น.120-128) อธิบายว่า ความเชื่อมั่นเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือต่างๆ ให้ผลการวัดที่สม่ำเสมอ แน่นนอน และคงที่ (Stability or Consistency) มากน้อยเพียงใด ถ้าเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผลการวัดที่แน่นอนคงที่มากไม่ว่าจะนำไป

วัดก็ครั้งก็ตาม เครื่องมือนั้นก็มีความเชื่อมั่นสูง ในทางตรงข้ามถ้าเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผลการวัดที่มีความคงที่น้อย เครื่องมือนั้นก็มีความเชื่อมั่นต่ำ

การใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 225) ดังนี้

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ α	แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดฯ
n	แทน จำนวนข้อของแบบวัดการคิดฯ ทั้งฉบับ
S_i^2	แทน ความแปรปรวนรายข้อ
S^2	แทน ความแปรปรวนของแบบวัดการคิดฯ ทั้งฉบับ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) และได้รวบรวมหัวข้อสำคัญที่จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กู๊ด (Good, 1973, pp. 7) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้วิชาต่างๆ สามารถสังเกตได้จากผลการทดสอบของครูผู้สอนหรือผู้รับผิดชอบในการสอน เป็นความสามารถหรือคุณลักษณะของผู้เรียนที่เกิดขึ้นหลังจากการเรียนการสอน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540, น.19) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งทดสอบความรู้ ทักษะ สมรรถภาพของสมองในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่า เมื่อได้รับการเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้ว ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้น ๆ เพียงใด

ภพ เลหาทไพบูลย์ (2542, น. 295) ได้อธิบายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใด จากที่ไม่เคยกระทำหรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้นั้นอาจเป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากผู้สอน เรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้จาก

สถานการณ์หรือประสบการณ์ เรียนรู้จากสภาพแวดล้อม หรือเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ก็ได้ ทั้งนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะสามารถบ่งชี้ผู้เรียนได้เมื่อเครื่องมือการประเมินผลมีคุณภาพ และเกณฑ์การประเมินเหมาะสมต่อผู้เรียน

3.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมอง หรือวัดความรู้ความสามารถทางการเรียนด้านเนื้อหา ด้านวิชาการและทักษะต่าง ๆ ของผู้เรียนว่า บรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด ซึ่งการเรียนรู้นั้น เป็นการเรียนรู้ในช่วงเวลาที่กำหนดผ่านกระบวนการขั้นตอนการเรียนรู้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2550, น. 95) โดยได้รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังต่อไปนี้

เวียส์มา และเจอร์ส (Wiersma & Jurs, 1990; อ้างอิงจาก สมคิด พรหมจรรย์, 2560, น. 13/6 - 13/11) ได้เสนอเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยจัดแบ่งเป็น 2 ประเภท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Selected-response test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้สร้างกำหนดให้ผู้สอบตอบเองเพียงคำหรือวลีสั้น ๆ มีคำตอบค่อนข้างแน่นอน มีลักษณะเป็นปรนัย ซึ่งหมายถึงมีความชัดเจนในคำถาม มีวิธีการตรวจให้คะแนนที่ตรงกันและมีความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนนนั้น ลักษณะแบบทดสอบแบ่งออกได้ดังนี้

1.1 แบบทดสอบแบบถูก-ผิด (True-false) ใช้ในการวัดความสามารถของผู้สอบ โดยการให้ระบุว่าข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ลักษณะข้อสอบแบบนี้จึงมีคำตอบให้เลือกเพียง 2 คำตอบเท่านั้น โดยมีหลักเกณฑ์ในการสร้างข้อสอบ ดังนี้

1) ข้อความที่ต้องการให้พิจารณาว่าถูกหรือผิด ต้องเป็นแนวความคิดเดี่ยว หรืออาจรวมความคิดย่อยที่เป็นเรื่องเดียวกัน

2) เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบต้องเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ใช้ภาษาถูกต้อง เข้าใจง่าย และไม่ทำให้เกิดความสับสน

3) ไม่ใช่คำหรือข้อความที่เป็นการขึ้นนำคำตอบ

4) ไม่ใช่คำปฏิเสธหรือใช้คำปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

5) ข้อความแต่ละข้อควรให้ความยาวใกล้เคียงกัน

6) เขียนคำสั่งและข้อความที่เป็นทั้งคำถาม คำตอบให้ชัดเจน

1.2 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยคำหรือข้อความ 2 ส่วน ให้เลือกจับคู่กัน ส่วนที่ 1 คือ ปัญหาที่เขียนเป็นคำหรือข้อความ ซึ่งเป็นแนวคิดหลัก จะเป็นคำถามเขียนเรียงไว้เป็นแนวตั้ง 1 แถว และส่วนที่ 2 คือ คำตอบซึ่งเป็นคำหรือข้อความที่

สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับปัญหา เขียนเรียงไว้เป็นแนวตั้งอีก 1 แถว โดยทั่วไปจำนวนข้อของปัญหาจะมีประมาณ 6-12 ข้อ และจำนวนข้อของคำตอบมีมากกว่าคำถาม

1.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบ ตอบคำถามหรือเติมคำในข้อความที่กำหนดให้สมบูรณ์โดยหารเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างให้สมบูรณ์ โดยแนวทางการสร้างแบบทดสอบแบบเติมคำ มีดังนี้

- 1) ไม่ควรสร้างคำถามโดยลอกสถานการณ์ตามที่มีอยู่ในหนังสือ
- 2) คำหรือข้อความที่ขาดหายไปหรือเว้นว่างไว้ให้เติม จะต้องมีความเฉพาะเจาะจง เป็นข้อความที่สั้นและมีความชัดเจนเพียงพอที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน
- 3) คำหรือข้อความที่ขาดหายไปหรือเว้นว่างไว้ให้เติม ควรมีความหมายหรือมีความสำคัญ แต่ควรเว้นช่องว่างไว้ให้มีความกว้างใกล้เคียงกันทุกข้อ

1.4 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) ให้ผู้สอบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง หรือคำตอบที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดหรือถูกต้องที่สุด จากตัวเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ลักษณะของแบบทดสอบนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

- 1) คำถาม (Stem) เป็นข้อความที่กระตุ้นใจให้ผู้สอบค้นหาคำตอบ
- 2) ตัวเลือก (Choice) เป็นส่วนที่เป็นไปได้ในการตอบคำถาม แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ตัวถูกหรือคำตอบ (Correct choice) และตัวลวง โดยทั่วไปตัวเลือกจะกำหนดให้มี 3-5 ตัวเลือก ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับชั้น หรือวัยของผู้ตอบ การมีตัวเลือกมากขึ้นจะทำให้โอกาสการตอบถูกโดยการเดาลดลง เช่น ถ้ามี 5 ตัวเลือก โอกาสการตอบถูกโดยการเดาจะเท่ากับ 1 ใน 5 และถ้ามี 4 ตัวเลือก โอกาสการตอบถูกโดยการเดาจะเท่ากับ 1 ใน 4

2. แบบทดสอบแบบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยคำถามและให้ผู้ตอบเขียนคำตอบเองจากคำถามที่กำหนดให้ เป็นการเขียนในลักษณะความเรียง ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ ความสามารถ และความคิดระดับสูงในลักษณะของการสรุปความ การเปรียบเทียบ การประยุกต์หลักวิชาหรือนำความรู้ไปใช้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการเขียน การจัดระเบียบความรู้ การเชื่อมโยงความคิด การแสดงความคิดเห็น การวิพากษ์วิจารณ์ การจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน และการแก้ปัญหาการเขียนบรรยายความเรียงอาจมีแผนภูมิ กราฟ ตาราง หรือภาพประกอบ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปัญหาหรือเนื้อสาระ ลักษณะของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

2.1 คำถามแบบจำกัดคำตอบ (Restricted response question) เป็นคำถามที่จำกัดทั้งเนื้อหาและคำตอบ การจำกัดเนื้อหาเป็นการกำหนดขอบเขตที่จะให้ตอบ ส่วนการจำกัดคำตอบจะกำหนดขอบเขตของการตอบไว้ในคำถามแต่ละข้อ

2.2 คำถามแบบขยายคำตอบ เป็นคำถามที่ไม่จำกัดขอบเขตให้ผู้ตอบ ผู้ตอบสามารถเลือกข้อความรู้และนำความรู้เหล่านั้นมาจัดระบบให้ดีที่สุดแล้วนำมาเขียนตอบ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ผู้สอบสามารถตอบได้โดยเสรี ผู้สอบแสดงความคิดเห็น อธิบาย บรรยาย อภิปรายได้อย่างเต็มที่ ลักษณะของคำถามมักจะมีคำว่า จงอธิบาย อภิปราย เปรียบเทียบ วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ออกแบบการทดลอง วางแผนแก้ปัญหา เป็นต้น

สมนึก ภัททิยธนี (2546, น. 78-82) ได้อธิบายประเภทของแบบทดสอบแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น และแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่วัดผลนักเรียน คือ สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูได้สอน ซึ่งแบบทดสอบที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบได้อย่างอิสระ เขียนบรรยายความรู้ และแสดงความคิดเห็น

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่สามารถเลือกได้ 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน

3. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่าง เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ข้อสอบนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง จะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่ ตอนนำหรือคำถาม และตอนเลือกซึ่งประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับลักษณะหรือประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้พัฒนาข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ โดยสร้างข้อสอบที่มีลักษณะเป็นปรนัย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบแบบเขียนตอบที่มีลักษณะเป็นอัตนัย ซึ่งมีทั้งคำถามแบบจำกัดคำตอบและคำถามแบบขยายคำตอบ

3.3 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นการกำหนดและวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการวัดตามขอบเขตเนื้อหาสาระหรือโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการวัด ในการวัดความความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) หรือกระบวนการทางปัญญา

พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom, 1956) ตามแนวคิดใหม่ จำแนกออกเป็น 6 ระดับ (สมคิด พรหมจ้อย, 2560, น. 13/13 - 13/16) ดังนี้

1. จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุได้ คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดความจำ เช่น ระบุ ระลึก นิยาม บอกชื่อ ฯลฯ

2. เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความหมายของเรื่องราวต่างๆ โดยการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุปล้างอิง คำกริยาที่นำมาใช้วัดระดับความเข้าใจ เช่น อธิบาย แปลความหมาย สรุป ถอดความ แสดงตัวอย่าง จัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่ ย่อความ ฯลฯ

3. ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับประยุกต์ เช่น คำนวณ ดำเนินการให้สำเร็จ แก้ปัญหา ตรวจสอบ ฯลฯ

4. วิเคราะห์ (Analysing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ แยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับวิเคราะห์ เช่น จำแนก คัดเลือก ทดลอง เปรียบเทียบ วิเคราะห์ ฯลฯ

5. ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจาร์ณตัดสินเรื่องราวต่างๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับประเมินค่า เช่น ทดสอบ ตัดสิน ทดลอง ค้นหา อ้างอิง วิพากษ์ ประเมิน ฯลฯ

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ วางแผน ผลิตจากการใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้มาก่อน คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับคิดสร้างสรรค์ เช่น สร้าง ออกแบบ ประดิษฐ์ วางแผน ผลิต เขียน ฯลฯ

พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของคลอปเฟอร์ (Kloper, 1971) (ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ ศิลป์ รูปพรหม, และปรีชาญ เดชศรี, 2527; สมคิด พรหมจ้อย, 2560, น. 13/16 - 13/19) จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. ความรู้ความจำ แบ่งเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ ได้แก่ (1.1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (1.2) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์ (1.3) ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ (1.4) ความรู้

เกี่ยวกับข้อตกลง (1.5) ความรู้เกี่ยวกับลำดับชั้นและแนวโน้ม (1.6) ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภท จัดประเภท และเกณฑ์ (1.7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิควิธีการทางวิทยาศาสตร์ (1.8) ความรู้เกี่ยวกับ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ และ (1.9) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความเข้าใจ ได้แก่ (2.1) ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ และ (2.2) ความสามารถในการแปลความรู้จาก สัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนรู้ด้าน กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

3.1 การสังเกตและการวัด ความสามารถในการสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ ต่างๆ การบรรยายสิ่งที่สังเกตโดยใช้ภาษาที่เหมาะสม การวัดขนาดของวัตถุ ปรากฏการณ์และการ เปลี่ยนแปลงต่างๆ การเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม และการประเมินค่าในการวัดและรู้ข้อจำกัดของ เครื่องมือที่ใช้วัด

3.2 การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา ความสามารถในการ มองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐาน และการ ออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3.3 การแปลความหมายของข้อมูลและการสร้างข้อสรุป ความสามารถในการจัด กระทำข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การแปลความหมายผลของ การสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การเพิ่มเติมและการขยายผลจากการสังเกตและทดลอง การตรวจสอบสมมติฐานด้วยข้อมูล และการสร้างข้อสรุป (กฎหรือหลักการ) ที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผล ตามความสัมพันธ์ที่พบ

3.4 การสร้าง การทดสอบ การปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี มีความเข้าใจถึง ความจำเป็นที่ต้องมีแบบจำลองเชิงทฤษฎี ความสามารถในการสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีที่ใช้อธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ความสามารถในการระบุ ปรากฏการณ์และหลักการต่างๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองเชิงทฤษฎี ความสามารถในการ สร้างสมมติฐานจากแบบจำลองเชิงทฤษฎี ความสามารถในการแปลความหมายและประเมินผลการ ทดลองเพื่อตรวจสอบแบบจำลองเชิงทฤษฎี และความสามารถในการปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติม แบบจำลองเชิงทฤษฎี

3.5 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ (4.1) การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน (4.2) การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขา และ (4.3) การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2524, น. 25) ได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือ

1. ความรู้ความจำ คือ ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ คือ ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความ และแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3. การนำไปใช้ คือ ความสามารถในการนำความรู้ นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ จนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การสังเกต การคำนวณ การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ต้องอาศัยพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าวในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยพิจารณาให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในสาระเนื้อหาที่สอน

จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ตามแนวคิดการสร้างพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม ประกอบด้วย ความจำ (Remembering) ความเข้าใจ (Understanding) การนำไปใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analysing) การประเมินค่า (Evaluating) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) โดยพฤติกรรมการเรียนรู้ที่วัด ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอน (สมคิด พรหมจ้อย, 2560, น. 13/12-13/26) ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องมือ ต้องระบุให้ชัดเจนว่าต้องการสร้างเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อวัตถุประสงค์ใด เช่น เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียน เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียน เพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อตรวจสอบความสามารถในการคิดของนักเรียน หรือเพื่อคัดเลือกนักเรียน

เข้าศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น การทราบวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้สามารถกำหนดลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่จะใช้ได้อย่างเหมาะสม เช่น ถ้าต้องการตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ข้อสอบที่ใช้ควรถามเฉพาะเนื้อหาที่ได้เรียนได้ สอนแต่ละเรื่อง ความยากของข้อสอบขึ้นอยู่กับความยากของเนื้อหาเรื่องที่วัด ซึ่งการสร้างเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายในการตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นแบบวัดความรู้จึงมีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียนรู้และตัวชี้วัดโดยตรง โดยมีข้อที่ง่าย ปานกลาง ไปจนถึงยาก ในสัดส่วนที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และตัวชี้วัด

2. การกำหนดสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการกำหนดและวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการวัดว่ามีขอบเขตเนื้อหาสาระหรือมีโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการวัดอย่างไร การวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย สามารถได้ตามแนวคิดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom, 1956) หรือพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของคลอปเฟอร์ (Klopfer, 1971)

3. การกำหนดลักษณะของเครื่องมือ เลือกเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับนักเรียน เครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายประการ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบให้ทดลอง แบบทดสอบเชิงสถานการณ์ แบบทดสอบให้นักเรียนปฏิบัติ แบบทดสอบแบบเขียนตอบ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบถูกผิด เป็นต้น ในการเลือกใช้เครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องเลือกให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละระดับ การกำหนดลักษณะของข้อสอบ มีข้อควรคำนึง ดังนี้

3.1 การเลือกแบบข้อสอบขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเรื่องความเหมาะสมระหว่างแบบข้อสอบกับเนื้อหาวิชา ความเหมาะสมกับระบบตรวจให้คะแนน และความเหมาะสมกับการดำเนินการสอบ

3.2 การกำหนดความยาวของข้อสอบและการกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการสอบ ในการสร้างข้อสอบที่ดี การกำหนดความยาวของข้อสอบและเวลาที่เหมาะสมจะได้จากข้อมูลของผู้เรียนร้อยละ 90 สามารถทำข้อสอบได้เสร็จทันเวลา

3.3 กำหนดจำนวนข้อที่จะใช้ในการทดสอบ จำนวนข้อสอบที่ใช้ในการทดสอบปกติจะต้องสร้างไว้ให้มากกว่าที่จะสร้างฉบับจริง เพราะเมื่อนำไปทดลองสอบแล้ววิเคราะห์จะปรากฏว่ามีข้อสอบจำนวนหนึ่งที่ใช้ไม่ได้ต้องตัดทิ้ง จึงควรสร้างเผื่อไว้อย่างน้อยร้อยละ 20

3.4 กำหนดวิธีการสอบในการวางแผนการสร้างข้อสอบ จะต้องกำหนดวิธีการดำเนินการสอบไว้ด้วยเพื่อให้ผู้นำข้อสอบไปใช้ไปใช้ได้อย่างถูกต้อง ดำเนินการสอบเหมือนๆ กัน โดยควรแนะนำอย่างละเอียดว่าจะทำอะไร ทำอย่างไร เมื่อไร ซึ่งประกอบด้วย การชี้แจงแผนของข้อสอบ เวลา จำนวนข้อ ตัวอย่างวิธีการตอบ ชนิดและลักษณะของกระดาษคำตอบ

4. การจัดทำแผนผังการสร้างเครื่องมือ (Blueprint) เป็นพิมพ์เขียวของการสร้างเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวางแผนการสร้างเครื่องมือวัดโดยจัดเตรียมตารางแผนผังการสร้างข้อสอบซึ่งเป็นตาราง 2 ทาง ทางที่หนึ่งคือส่วนที่เป็นเนื้อหา และทางที่สองคือส่วนที่เป็นพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัย เป็นการระดมความคิดเพื่อกำหนดรายละเอียดเรื่องเนื้อหาที่วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ ระดับพฤติกรรมที่วัด น้ำหนักของเนื้อหาแต่ละเรื่องที่จะวัด จำนวนข้อสอบ รวมทั้งรูปแบบของข้อสอบ

5. การจัดทำเครื่องมือฉบับร่าง เป็นการเขียนข้อสอบ/ข้อคำถามตามแผนผังการสร้างเครื่องมือที่ได้จัดทำไว้แล้ว รวมถึงการจัดทำคำชี้แจงในการตอบ จัดเรียงข้อสอบ/ข้อคำถาม กำหนดเวลาในการตอบ กำหนดวิธีการตรวจให้คะแนนและการสรุปผลการตอบ ดังนี้

5.1 คำชี้แจงในการตอบ อธิบายว่าจะได้ตอบในแบบทดสอบ หรือตอบในกระดาษคำตอบที่จัดแยกไว้ หรือตอบโดยกาบาทตัวเลือกหรือฝนรหัสในกระดาษคำตอบ

5.2 จัดเรียงข้อสอบ/คำถาม เป็นการจัดเรียงข้อสอบ ข้อคำถาม ซึ่งอาจจัดเรียงตามรูปแบบคำถาม เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบจัดไว้ส่วนหน้า ข้อสอบเขียนตอบจัดเรียงไว้ส่วนหลัง หรือเป็นข้อสอบแบบเดียวกัน จัดเรียงจากข้อง่ายในหาข้อยาก หรือจัดเรียงตามลำดับเนื้อหา

5.3 กำหนดเวลาในการตอบ กำหนดว่าจะให้เวลาในการตอบข้อละประมาณเท่าไร ในการกำหนดเวลาการตอบนั้น ครูสามารถกำหนดได้โดยนำไปทดลองให้นักเรียนทดลองทำ และจับเวลาว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติได้ทัน อาจจะใช้เกณฑ์ว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80-90 สามารถปฏิบัติได้ทัน

5.4 กำหนดวิธีการตรวจให้คะแนน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนข้อคำถาม/ข้อสอบแต่ละข้อ เช่น ตอบถูกให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนนหรือให้ 3 คะแนน เมื่อตอบชัดเจนสอดคล้องกับสถานการณ์และมีความเป็นไปได้ ตอบอย่างมีเหตุผล เหมาะสมกับความสามารถตามวัยและประสบการณ์ของนักเรียนใช้เวลาคิดก่อนตอบไม่เกิน 30 วินาที

2 คะแนน เมื่อ คำตอบยังไม่ชัดเจน ต้องใช้คำถามชี้แจงหรือกระตุ้นเพิ่มเติม

1 คะแนน เมื่อ คำตอบไม่ตรงกับคำถาม ตอบแบบเดา

0 คะแนน เมื่อ เจียบไม่ตอบหรือตอบว่าไม่รู้

5.5 กำหนดวิธีการสรุปผลการตอบ เมื่อตรวจให้คะแนนข้อคำถาม/ข้อสอบ นับคะแนน และแปลผลคะแนน

เมื่อจัดทำเครื่องมือฉบับร่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้จัดทำเครื่องมือควรตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือใบเบื้องต้นก่อนนำไปใช้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่

1) ความตรงของข้อคำถามหรือข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือตัวบ่งชี้ที่กำหนดว่าตรงตามประเด็นหรือพฤติกรรมบ้างชี้หรือไม่

2) ความเป็นปรนัยของข้อคำถามหรือข้อสอบ คือ คำถามชัดเจนว่าถามประเด็นใด มีคำตอบถูกต้องและคำตอบที่ถูกมีจำนวนสอดคล้องกับรูปแบบของข้อสอบ/ข้อคำถาม มีแนวทางการตรวจให้คะแนนที่ชัดเจน

3) จำนวนคำถาม/ข้อสอบสอดคล้องกับแผนผังการสร้างเครื่องมือ

4) ลักษณะของข้อคำถาม/ข้อสอบมีลักษณะที่ดีหรือไม่ เช่น ประเด็นคำถามชัดเจน มีคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถาม คำตอบที่เป็นตัวเลือกมีความเป็นเอกพันธ์ ใช้ถ้อยคำกะทัดรัด ชัดเจน ไม่เยิ่นเย้อ ตัวลวงที่น่าเลือกไม่ผิดอย่างชัดเจน

6. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

6.1 ตรวจสอบความตรง มีหลายประเภท ดังนี้

1) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา เป็นการตรวจสอบว่าเครื่องมือ วัดได้ตรงตามนิยามเชิงปฏิบัติการหรือพฤติกรรมบ่งชี้หรือไม่ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของเครื่องมือ นั้น ๆ เพื่อพิจารณาข้อคำถาม/ข้อสอบว่าตรงตามวัตถุประสงค์หรือนิยามเชิงปฏิบัติการหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่คาดหวังหรือไม่

2) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นการแสดงหลักฐานว่าเครื่องมือ นั้นสามารถวัดขอบเขต ความหมายหรือคุณลักษณะตามโครงสร้างที่ต้องการวัด เช่น แบบวัดความสามารถในการคิด แบบวัดความถนัด แบบวัดเชาวน์ปัญญา เป็นต้น

6.2 ตรวจสอบความเที่ยง เป็นคุณภาพเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ ความเที่ยงของเครื่องมือวัดมีวิธีการตรวจสอบหลายวิธี เช่น วิธีวัดซ้ำ วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน วิธีหาความสอดคล้องภายใน วิธีใช้ผู้สังเกต สังเกตพฤติกรรมนักเรียนอย่างน้อย 2 คน

6.3 ตรวจสอบความยาก เป็นคุณภาพของเครื่องมือรายข้อ ใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่มีเนื้อหาสาระชัดเจนว่าข้อสอบมีความยากเหมาะสมหรือไม่

6.4 ตรวจสอบอำนาจการจำแนก เป็นคุณภาพของเครื่องมือรายข้อ ใช้เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องมือสามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบได้หรือไม่

7. การจัดทำเครื่องมือฉบับสมบูรณ์และคู่มือการใช้เครื่องมือ การจัดทำพิมพ์เครื่องมือวัดฉบับสมบูรณ์ ต้องมีคำชี้แจงในการตอบ และข้อคำถามหรือข้อสอบตามจำนวนที่กำหนดในแผนผังการสร้างเครื่องมือ นอกจากนี้ ควรจัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องมือ (Test manual) ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของเครื่องมือ โครงสร้างของเครื่องมือ คุณภาพของเครื่องมือ วิธีการใช้และวิธีดำเนินการสอบ วิธีการตรวจให้คะแนน และการแปลความหมายคะแนน

การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยในตอนที่ 1 เป็นแบบวัดความรู้แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบวัดความรู้แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความรู้ทั้งสองตอน ถูกนำไปหาคุณภาพ

เครื่องมือ ได้แก่ ความตรงของเครื่องมือวิจัยเชิงเนื้อหา ค่าความยาก ค่าอำนาจการจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ

1. ตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัยเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) คำนวณโดยใช้สูตร IOC (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 231)

2. การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย

วิเคราะห์ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) โดยใช้เกณฑ์ 27% (กัญญา ลินทรัตน์ศิริกุล (2557, น. 9/58 - 9/59) ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

3. การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย

วิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยหาค่าความยาก และค่าอำนาจการจำแนกตามวิธีการของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Mehrens and Lehmann, 1984, pp. 198 – 199; citing Whitney and Sabers, 1970; อ้างอิงจาก กัญญา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2557, น. 9/62) โดยใช้เกณฑ์ 25% ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

$$\text{ค่าความยาก (p)} = \frac{\sum H + \sum L - (2N \text{ Score}_{\min})}{2N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก (r)} = \frac{\sum H - \sum L}{N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ	$\sum H$	คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 25%
	$\sum L$	คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 25%
	N	คือ 25% ของจำนวนผู้สอบ
	Score_{\max}	คือ คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด
	Score_{\min}	คือ คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4. การหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ แบบปรนัยและอัตนัย โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 225)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ผู้วิจัยได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในผู้เรียน ซึ่งมีหลากหลาย เช่น การศึกษาของออแก้ว เดือนอุประ (2555) เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทำการศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 28 คน โดยศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาที่มีผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ตอบได้สอดคล้องกับสิ่งที่กำหนด ทั้งในด้านการนิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการประเมิน ส่วนด้านการรวบรวมและการลงข้อสรุปนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับสิ่งที่กำหนด แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น และอยู่ในกลุ่มคำตอบที่ตอบได้สอดคล้องกับสิ่งที่กำหนดในทุกตัวบ่งชี้ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณนี้ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ด้าน ได้แก่ (1) การนิยามปัญหา (2) การตั้งสมมติฐาน (3) การรวบรวมข้อมูล (4) การลงข้อสรุป และ (5) การประเมิน (ออแก้ว เดือนอุประ, 2555, น. 6)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และมีความสัมพันธ์การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รายละเอียดดังต่อไปนี้ การศึกษาของ วิภาณีย์ จิรธรรักษ์ (2554) เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวก 6 ใบ ได้ทำการศึกษากับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 88 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 44 คน และกลุ่มที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบ ระยะเวลาในการทดสอบ 16 คาบ ผลการศึกษาสรุปได้ ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ตามแนวทางของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 11.61 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 19.59 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 16.39 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลัง

เรียนเท่ากับ 23.95 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 11.29 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.20 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 16.18 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.34 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการทดลอง พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงชีววิทยาส่งกว่าก่อนเรียน และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงชีววิทยาส่งกว่าก่อนเรียน และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีแนวโน้มความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยของอุไรวรรณ ไชยช่วย และประยุทธ์ ศรีวิล (2558, น. 55-69) เรื่อง การเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์จากการเรียน ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบผสมผสานตามวิธีวิทยาศาสตร์ และวิธีปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้ ต่างกัน ทำการศึกษากับนักเรียน 2 ห้องเรียน จำนวน 54 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 27 คน คือ

กลุ่มที่ 1 เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานตามวิธีวิทยาศาสตร์ มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นรับรู้ปัญหา (2) ขั้นค้นหากรอบแนวคิด (3) ขั้นเก็บรวบรวมข้อสนเทศ (4) ขั้นเสนอแนวคิด (5) ขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์แนวคิด และ (6) ขั้นสรุปยืนยันแนวคิด

กลุ่มที่ 2 เรียนด้วยรูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐาน มี 7 ขั้น มีขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) ขั้นรับรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา (2) ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา (3) ขั้น

ระดมสมองเพื่อเสนอคำอธิบาย (4) ชั้นจัดเรียงลำดับความสำคัญของคำตอบที่เป็นไปได้ (5) ชั้นขยายแนวคิด (6) ชั้นเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม และ (7) ชั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้

นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาเดียวกัน 3 ประเด็น ได้แก่ การอัมบงู การสร้างอวัยวะจากเซลล์ต้นกำเนิด และการใช้สารเคมีในการเกษตร ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ รูปแบบละ 3 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวมเป็น 18 ชั่วโมง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของการนำตนเองในการเรียนรู้ไว้จากการอ้างอิง Fischer and Scharff (1998) ผู้ที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้ (Self-directed Learning) คือ การที่ผู้เรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้มาจากความต้องการของตนเอง มีความรับผิดชอบในงานของตนเอง ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้เรียนจะพยายามหาข้อสนับสนุนหรือคัดค้าน หาหลักฐานอ้างอิงก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ สามารถแสดงเหตุผลสนับสนุนและคัดค้านได้อย่างเหมาะสม ผู้เรียนจึงมีความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์และมีความสามารถโต้แย้งที่ดีขึ้น โดยผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดการนำตนเองในการเรียนรู้เพื่อจำแนกกลุ่มที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้สูงและต่ำ

การคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์นี้ แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (2) ด้านการนิรนัย (3) ด้านการอุปนัย และ (4) ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ผลปรากฏว่า นักเรียนโดยรวม ทั้งนักเรียนที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้สูงและนักเรียนที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้ต่ำ รวมทั้งนักเรียนที่เรียนด้วยประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์รูปแบบผสมผสานทั้ง 2 รูปแบบ มีความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้สูงและต่ำ พบว่า กลุ่มที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้สูงมีการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์โดยรวม และรายด้านทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น มากกว่านักเรียนที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเรียนรู้ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่า กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานตามวิธีวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการโต้แย้งมากกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาของ สุกพิตรี ฮินนะ (2558) เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา การคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้ทำการศึกษาแก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ระยะเวลาการทดลอง 12 ชั่วโมง ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ตามแนวทางของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, น. 7-8) ร่วมกับการใช้กราฟิก ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้ผังกราฟิก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ก่อนเรียนเฉลี่ย 11.13 คะแนน หลังเรียน

เฉลี่ย 16.93 คะแนน คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนเฉลี่ย 8.40 คะแนน หลังเรียนเฉลี่ย 12.90 คะแนน คะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้ผังกราฟิกอยู่ในระดับมาก

จากการศึกษางานวิจัยของสุคนธา โคตรโสภา, ปัทมาวดี ปาสาจะ, และภูวดล โกมณเทียร (2559) เรื่อง การเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนประเด็นปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐาน และวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากับนักเรียน จำนวน 98 คน จาก 2 ห้องเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน 9 ชั่วโมง เรื่อง การปลูกถ่ายอวัยวะ การโคลนนิ่ง และการทำแท้ง ซึ่งการสอนโดยใช้ประเด็นปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับแนวทางทั้ง 2 แบบ ได้แก่ การสอนแบบวิธีปัญหาเป็นฐาน และการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น มีขั้นตอนที่แตกต่างกัน ดังนี้

การสอนแบบวิธีปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นรับรู้ปัญหาของสถานการณ์ (2) ขั้นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ (3) ขั้นระดมความคิดเกี่ยวกับปัญหา (4) ขั้นหาความรู้เพิ่มเติม (5) ขั้นนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ และ (6) ขั้นสะท้อนความคิด/ประเมินความรู้ที่ได้ (Hmelo-Silver, 2004, pp. 235-266)

การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (2) ขั้นสำรวจ (3) ขั้นอภิปราย (4) ขั้นขยายความรู้ และ (5) ขั้นประเมินผล ต้องเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้จากกลุ่ม มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (Bybee et al., 1991, pp. 56-63)

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีผลการเรียนชีววิทยาสูง-ต่ำ และเรียนด้วยรูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐาน มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์โดยรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 4 ด้านดังกล่าว ประกอบด้วย (1) ด้านการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (2) ด้านการนิรนัย (3) ด้านการอุปนัย และ (4) ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ยกเว้นนักเรียนที่มีผลการเรียนทางชีววิทยาสูง มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์ด้านนิรนัยไม่เพิ่มจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่นักเรียนที่มีผลการเรียนชีววิทยาสูง-ต่ำ และเรียนด้วยรูปแบบผสมผสานตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์โดยรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อผู้วิจัยได้เปรียบเทียบแนวทางการสอนระหว่างการใช้ปัญหาเป็นฐานและวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น พบว่า การสอนตามวิธีปัญหาเป็นฐานมี

ความสามารถในการคิดวิพากษ์วิจารณ์โดยรวม และรายด้านทั้ง 4 ด้าน มากกว่าการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กัญญาวีร์ ชายเรียน, สุริศักดิ์ ประสานพันธ์, และวาริรัตน์ แก้วอุไร (2559, น. 18-32) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ใช้เวลาทดลอง 21 ชั่วโมง โดยองค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหา ได้แก่ (1) ระบุปัญหา (2) วิเคราะห์ปัญหา (3) เสนอแนวทางเลือก และ (4) ตัดสินใจเลือก ซึ่งได้แบ่งระดับการคิดแก้ปัญหาเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมี 5 ขั้น (5S-MODEL) ได้แก่ ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงและระบุปัญหาให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา ขั้นที่ 2 กำหนดกรอบแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปด้วยการไตร่ตรอง ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้าและ/หรือลงมือแก้ปัญหาตามแนวทางแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 สรุปลงโครงสร้างใหม่ทางปัญญาและประเมินค่าคำตอบ และขั้นที่ 5 นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ผลการศึกษา พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 5 ขั้น (5S-MODEL) ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหลังเรียน (คะแนนเฉลี่ย 55.17 คะแนน) สูงกว่าก่อนเรียน (คะแนนเฉลี่ย 36.6 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยของสุริย์วัลย์ พันธูระ และสุมาลี ชูกำแพง (2561, นน. 196-206) เรื่อง การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ทดลองกับนักเรียนจำนวน 48 คน จาก 1 ห้องเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้ 8 แผน 12 ชั่วโมง พบว่า ด้านการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

แอนาซิฟา (Anazifa, 2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เกรด 10 (เทียบเท่ากับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ในเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับมลพิษสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เก็บข้อมูลการก่อนและหลังการทดลอง โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง (IPA 5) เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา หรือ PBL และกลุ่มควบคุม (IPA 6) เรียนด้วยวิธีการตามปกติ การศึกษานี้มีวิธีการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสังเกต บันทึกภาพเคลื่อนไหว

ภาพนิ่ง เก็บข้อมูลการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้านความรู้ โดย PBL ที่นำมาสอนนั้นประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) วิเคราะห์ปัญหา (2) ศึกษาปัญหา (3) สืบสอบปัญหาเป็นรายบุคคลและกลุ่ม(4) งานนำเสนอปัญหา และ (5) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมิน การทดสอบวัดทักษะการคิดฯ นี้แบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ (1) การตีความ (2) การอนุมาน (3) การ อธิบาย (4) การวิเคราะห์ และ (5) การประเมินผล

ผลการวิจัย กลุ่มทดลอง PBL มีค่าเฉลี่ยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลัง เรียน 77 คะแนน (ก่อนเรียน 50 คะแนน) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 79 คะแนน (ก่อน เรียน 57 คะแนน) สูงขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน 66 คะแนน (ก่อนเรียน 11 คะแนน) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 69 คะแนน (ก่อนเรียน 33 คะแนน)

ผลการทดสอบ Independent Sample T test ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่ม ควบคุม พบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ($sig = .016$) และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน ($sig = .005$) สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลจากการทดสอบ Paired Sample T Test ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนด้วย PBL มี คะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลัง เรียนแตกต่างกัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า PBL ส่งผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณของนักเรียน ($sig = .006$) และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน ($sig = .016$) หมายความว่ามีความแตกต่างระหว่างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนใน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จึงสรุปได้ว่า (1) การเรียนรู้ด้วยปัญหามีส่งผลต่อทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณ (2) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (3) ทักษะการ คิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สูงกว่าส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

ออโลซโค และยางโค (Orozco & Yangco, 2016) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานส่งผลต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยา กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ เป็นนักเรียนชีววิทยาชั้นปีที่ 2 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อายุระหว่าง 14 - 15 ปี (เทียบเท่าเกรด 9 หรือ 10) ในโรงเรียนฟิลิปปินส์ - จีนแห่งหนึ่ง ในเมืองเกซอน ประเทศ ฟิลิปปินส์ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน กลุ่มทดลอง ได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในขณะที่กลุ่มควบคุม ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม (Non-PBL) แต่ละกลุ่มมีนักเรียน 27 คน ดังนั้น จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 54 คน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้าน ได้แก่ (1) การอ้างอิงหรือการสรุปความ (Inference) (2) การตระหนักถึงข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) (3) การนิรนัย (Deduction) (4) การตีความ (Interpretation) และ (5) ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) ส่วนการคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยความสามารถ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความคิดริเริ่ม (Originality) (2) ความคล่องแคล่ว (Fluency) (3) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และ (4) การกระทำอย่างรอบคอบ (Elaboration)

ก่อนการจัดการเรียนการสอน นักวิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการคิดเบื้องต้น และวิเคราะห์ผลด้วย Independent samples T test ผลคือ ความสามารถในการคิดเบื้องต้น ระหว่างกลุ่มทดลอง PBL (26.07 ± 6.10) และกลุ่มควบคุม Non-PBL (25.74 ± 5.09) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.828$) วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนการสอนด้วย Paired Sample T test พบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 31.52 ± 1.87 หมายถึง คะแนนรวมทั้งหมดของกลุ่มทดลอง PBL แตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .000$) ส่วนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มควบคุม Non-PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 30.04 ± 2.95 หมายถึง คะแนนรวมทั้งหมดของกลุ่มควบคุม Non-PBL แตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .000$) และเพื่อทดสอบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 31.52 ± 1.87 ส่วนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มควบคุม Non-PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 30.04 ± 2.95 หมายถึง ทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.032$)

นอกจากนี้ การทดสอบทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยาก่อนการจัดการเรียนการสอน พบว่า ระหว่างกลุ่มทดลอง PBL (5.63 ± 4.64) และกลุ่มควบคุม Non-PBL (5.48 ± 3.87) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .899$) ผลการจัดการเรียนการสอน พบว่า ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยาของกลุ่มทดลอง PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 18.22 ± 6.91 หมายถึง คะแนนรวมทั้งหมดของกลุ่มทดลอง PBL แตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .000$) ส่วนทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยาของกลุ่มควบคุม Non-PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 6.37 ± 4.23 หมายถึง คะแนนรวมทั้งหมดของกลุ่มควบคุม Non-PBL ไม่แตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .207$) และเพื่อทดสอบทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยาระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยาของกลุ่มทดลอง PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 18.22 ± 6.91 ส่วนทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางชีววิทยาของกลุ่มควบคุม Non-PBL มีค่าเฉลี่ยหลังเรียน 6.37 ± 4.23 หมายถึง ทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .05$) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของทักษะการคิดสร้างสรรค์หลังการ

ทดสอบ 13.9% ของคะแนนเฉลี่ย ($R^2 = 0.139$, $F(1.53) = 8.40$) และโมเดลการถดถอยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .005$) หมายความว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทำนายทักษะการคิดสร้างสรรค์อย่างมีนัยสำคัญ นักวิจัยยังได้กล่าวถึง ผลการศึกษาในปัจจุบันนี้สนับสนุนการกล่าวอ้างของ Paul and Elder (2004) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์นั้นเชื่อมโยงกันแยกกันไม่ออก และพึ่งพาซึ่งกันและกัน “เมื่อเราเข้าใจความคิดวิจาร์ณญาณและความคิดสร้างสรรค์อย่างแท้จริงและลึกๆ เราจะตระหนักได้ว่า ทั้ง 2 อย่างนี้ แยกกันไม่ได้ ต้องบูรณาการและอยู่ร่วมกัน”

จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง PBL มีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดสอบสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนแบบดั้งเดิม (Non-PBL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์แปรผันตามทักษะการคิดสร้างสรรค์

ลูกิตาซาลิ เพอร์ณามาซาลิ และซุกกรี (Lukitasari, Purnamasari, & Sukri, 2019) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานการใช้ปัญหาเป็นฐานส่งผลอย่างไรต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษา งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คนที่กำลังศึกษาอยู่ในภาควิชาชีววิทยาศึกษา (Department of Biology Education) มหาวิทยาลัยพีจีอาร์ไอ มีเดียน (Universitas PGRI Madiun) อินโดนีเซีย ผู้วิจัยได้สังเกตนักศึกษาผ่านการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือ Blended Problem-Based Learning (Blended-PBL) ในรายวิชาชีววิทยาของเซลล์ (Cell Biology) จำนวน 12 หัวข้อ และใช้ระบบจัดการเรียนการสอนออนไลน์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือ Learning Management System (LMS) ด้วยกูเกิ้ล คลาสรูม (Google Classroom: GC)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แบบสอบถามการเรียนรู้แบบผสมผสาน (blended learning) สอบถามเกี่ยวกับความสนใจ ความสัมพันธ์ของประเด็นที่ศึกษา ความมั่นใจในตัวเอง การรับรู้สารสนเทศ ทักษะคิดที่มีต่อ Blended-PBL และการประเมินเกี่ยวกับ Blended-PBL แบบสอบถามประกอบด้วย 20 ข้อ และมีช่วงคะแนน 1-5 ซึ่งแปลงเป็นรูปแบบร้อยละ ดังต่อไปนี้ 0-20% = แย่มาก, 21-40% = แย่, 41-60% = เพียงพอ, 61-80 % = ดี, และ 81-100% = ดีมาก

2. แบบสัมภาษณ์เพื่อยืนยันผลการทำแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. เอกสารผลการประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

4. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นรูปแบบปรนัย 10 ข้อ และเรียงความคำถาม 3 ข้อ นำไปใช้กับการทดสอบก่อนและหลังเรียน วัดทักษะการคิด 5 ด้าน ตามแนวทางของแอนนิส (Ennis, 2011) ได้แก่ (4.1) การให้คำอธิบายอย่างง่าย เน้นคำถาม ถามและตอบคำถามที่ต้องการความท้าทาย (4.2) พัฒนาทักษะพื้นฐาน วิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การสังเกต และพิจารณาผลลัพธ์จากการสังเกต (4.3) การสร้างข้อสรุป ตัดสินใจและพิจารณาผลลัพธ์ รวบรวมและ

พิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (4.4) การอธิบายเพิ่มเติม การระบุสมมติฐาน ระบุคำศัพท์ และพิจารณาคำจำกัดความ และ (4.5) กำหนดวิธีการและกระบวนการแก้ปัญหา เลือกรูปแบบดำเนินการ

5. ผลลัพธ์ก่อนทดสอบแบ่งออกเป็นประเภทสูงและต่ำตามเกณฑ์การให้คะแนนของทักษะการคิดวิเคราะห์ที่พัฒนาโดย Zubaidah, Corebima, and Mistianah (2015)

ผลการศึกษาพบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาดีขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานรวมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Blended-PBL) การวิเคราะห์เพิ่มเติมแสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนแบบ Blended-PBL นักศึกษาไม่สามารถระบุคำศัพท์ ไม่สามารถพิจารณาคำจำกัดความ และไม่สามารถให้คำอธิบายเพิ่มเติมได้ นอกจากนี้ นักศึกษามีปัญหาในการสร้างข้อสรุปจากการอภิปรายร่วมกัน ที่เป็นเช่นนั้นเพราะกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถประยุกต์แนวคิดกับปัญหาที่แตกต่างกันได้ แต่หลังจากเรียนด้วย Blended-PBL นักศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ ดังเช่น สามารถให้คำอธิบายอย่างง่าย สร้างทักษะพื้นฐาน ให้คำอธิบายเพิ่มเติม กำหนดวิธีการแก้ปัญหา และสามารถสรุปได้อย่างถูกต้อง



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.1.1 ประชากร นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 232 คน 6 ห้องเรียน

1.1.2 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 72 คน 2 ห้องเรียน

1.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และจับฉลากห้องเรียน เป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

1.2.1 กลุ่มควบคุม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/16 จำนวน 36 คน เรียนด้วยวิธีการแบบปกติ

1.2.2 กลุ่มทดลอง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/19 จำนวน 36 คน เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

2.1 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking test) เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก มีลักษณะเป็นปัญหา ข้อโต้แย้ง ข้อมูล บทความต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน และเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ รวมจำนวน 30 ข้อ ถูกสร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดของวัตสัน และเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964, pp. 10) ครอบคลุมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ด้าน

ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อมีเกณฑ์ คือ ข้อที่ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ตอบผิด ให้ 0 คะแนน โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี หลักการ ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
2. กำหนดนิยามกรอบแนวคิด และรูปแบบเครื่องมือที่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง
3. กำหนดรายละเอียดในการสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง หรือการสรุปความ 6 ข้อ

ด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น หรือการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น 6 ข้อ

ด้านที่ 3 การนิรนัย หรือการอนุมาน 6 ข้อ

ด้านที่ 4 การตีความ 6 ข้อ

ด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง 6 ข้อ

4. สรุบนิยามเชิงปฏิบัติการจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยนิยามความหมายตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และหลักการพัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

5. คัดเลือกบทความจากเรื่องราวและสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

6. พัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ตามบทความ ให้ครอบคลุมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

7. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความชัดเจนของคำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้พฤติกรรม รวมทั้งการใช้ภาษาตาม

หลักการที่ถูกต้อง แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยพิจารณาค่า IOC ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พบ IOC เฉลี่ยเท่ากับ -0.67 จำนวน 1 ข้อ, IOC เฉลี่ยเท่ากับ 0 จำนวน 3 ข้อ, IOC เฉลี่ยเท่ากับ 0.33 จำนวน 14 ข้อ, IOC เฉลี่ยเท่ากับ 0.67 จำนวน 13 ข้อ, และ IOC เฉลี่ยเท่ากับ 1 จำนวน 29 ข้อ

8. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการมาแล้ว จำนวน 32 คน เพื่อหาค่าความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนกของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายข้อ

9. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน เพื่อวิเคราะห์หาความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนก โดยวิเคราะห์แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรายข้อ ใช้เทคนิค 27% พิจารณาความยาก (p) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และอำนาจจำแนก (r) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 (กัญญา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9/58 - 9/59) แล้วคัดเลือกไว้ 30 ข้อ โดยแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายข้อได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนกของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความยาก (P)	อำนาจจำแนก (r)	
	ข้อที่มีค่าต่ำกว่า 0.20 (ข้อ)	ข้อที่มีค่า 0.20 – 1.00 (ข้อ)
ข้อที่มีค่า 0.81 – 1.00 (ข้อ)	0	0
ข้อที่มีค่า 0.20 – 0.80 (ข้อ)	10	32
ข้อที่มีค่า 0.00 – 0.19 (ข้อ)	6	2
รวม	16	34

10. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่คัดเลือกไว้ไปทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับ พบค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

12. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ได้นำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือแล้ว มากำหนดเกณฑ์คะแนนจากการใช้สูตรคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้น 5 ระดับ ของลิเคิร์ต (Likert Scale) ดังแสดงใน ตารางที่ 3.2 และคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้น 3 ระดับ ดังตารางที่ 3.3

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ตารางที่ 3.2 การแปลความหมายคะแนนรวมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับ

คะแนน	ความหมาย
24.00 – 30.00	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูง
18.00 – 23.99	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับค่อนข้างสูง
12.00 – 17.99	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง
6.00 – 11.99	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ
0.00 – 5.99	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับต่ำ

ตารางที่ 3.3 การแปลความหมายคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้าน

คะแนน	ความหมาย
4.00 – 6.00	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูง
2.00 – 3.99	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง
0.00 – 1.99	มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับต่ำ

13. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ เป็นแบบวัดความรู้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และแบบเขียนตอบที่มีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ซึ่งมีทั้งคำถามแบบจำกัดคำตอบและคำถามแบบขยายคำตอบ แบบวัดความรู้รวมจำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อมีเกณฑ์ ดังนี้

2.2.1 แบบวัดความรู้แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ข้อที่ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ตอบผิด ให้ 0 คะแนน

2.2.2 แบบวัดความรู้แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน

1) คำถามแบบจำกัดคำตอบ: แสดงวิธีคิด ให้ 1 คะแนน และตอบถูก ให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ตอบผิด ให้ 0 คะแนน

2) คำถามแบบขยายคำตอบ: อธิบายได้ถูกต้องชัดเจน ให้ 1 คะแนน และ อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ตอบผิด ให้ 0 คะแนน

โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการ ประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิธีการสร้างแบบวัดความรู้และการเขียนข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ

2) ศึกษาสาระมาตรฐาน ว.1.3 ตัวชี้วัด และคุณภาพผู้เรียน ในสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และศึกษาผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ในคู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ พันธุกรรมและวิวัฒนาการ

3) กำหนดนิยามกรอบแนวคิดในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ดังตารางที่ 3.4 รูปแบบเครื่องมือ และรายละเอียดหัวข้อหลัก จุดประสงค์การเรียนรู้ หัวข้อย่อย และ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมการเรียนรู้ของกลุ่ม 4 ระดับ โดยการจัดทำแผนผังการสร้างเครื่องมือ (Blueprint) ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 แนวคิดการสร้างพฤติกรรมกรการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่องพันธุกรรม และวิวัฒนาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หัวข้อหลัก	จุดประสงค์การเรียนรู้	หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
1. ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม	(1) ยีน แอลลีล ดีเอ็นเอ โปรตีน โครโมโซม	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม 2. ระบุตำแหน่งของโครโมโซมในเซลล์ 3. วิเคราะห์โครงสร้างของ DNA 4. อธิบายรูปร่างลักษณะของโครโมโซม 5. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายกับเซลล์สืบพันธุ์ 6. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 7. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความแปรผันทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และความแปรผันทางพันธุกรรมแบบไม่ต่อเนื่องได้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	จุดประสงค์การเรียนรู้	หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	
2. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	2. อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล	(2) ลักษณะทางพันธุกรรม	8. อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต	
		(3) ความแปรผันทางพันธุกรรม	9. นำหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนด	
		(4) การถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ	10. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ	
		(5) มัลติเพิลแอลลีล	11. วิเคราะห์ผลของการถ่ายทอดลักษณะความผิดปกติทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ	
			12. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยมัลติเพิลแอลลีล	
			13. วิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยมัลติเพิลแอลลีล	
3. การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม	3. อธิบายผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	(6) มิวเทชัน	14. บอกความหมายของมิวเทชัน	
		(7) โรคทางพันธุกรรม	15. อธิบายและยกตัวอย่างมิวเทชัน	
			16. ยกตัวอย่างผลของมิวเทชันต่อการแสดงลักษณะทางพันธุกรรม	
	4. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำมิวเทชันไปใช้ประโยชน์		17. ยกตัวอย่างการนำมิวเทชันไปใช้ประโยชน์	
			18. อธิบายการเกิดโรคทางพันธุกรรม	
			19. วิเคราะห์ความผิดปกติทางพันธุกรรมจากหลักฐานหรือข้อมูลกำหนดให้ได้	
4. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	5. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	(8) เทคโนโลยีชีวภาพ	20. บอกความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ	
				21. บอกความหมายของพันธุวิศวกรรม
				22. อธิบายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์
			23. อธิบายผลดีและผลเสียของการดัดแปลงพันธุกรรม	
			24. วิเคราะห์ผลของการดัดแปลงพันธุกรรมที่มีต่อสิ่งแวดล้อม	

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	จุดประสงค์การเรียนรู้	หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
5. วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ	(9) ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	25. อธิบายผลของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อสังคม
		(10) วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	26. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อสิ่งแวดล้อม 27. บอกลักษณะที่ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม 28. อธิบายทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน 29. อธิบายความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผลมาจากวิวัฒนาการ 30. ยกตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผลมาจากวิวัฒนาการ

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรม (ระดับของบลูม 4 ระดับ)				อัตราย	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ข้อสอบ (ข้อ)
		ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์			
(1) ยีน แอลลีล ดีเอ็นเอ โปรตีน โครโมโซม	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม		✓				✓	1
	2. ระบุตำแหน่งของโครโมโซมในเซลล์	✓					✓	1
	3. วิเคราะห์โครงสร้างของ DNA		✓				✓	1
	4. อธิบายรูปร่างลักษณะของโครโมโซม	✓					✓	1
	5. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายกับเซลล์สืบพันธุ์		✓				✓	1

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรม (ระดับของบลูม 4 ระดับ)				อัตร้อย	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ข้อสอบ (ข้อ)
		ความจำ	ความ เข้าใจ	การ นำไปใช้	วิเคราะห์			
	6. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม		✓				✓	1
(2) ลักษณะทางพันธุกรรม	7. อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต		✓				✓	1
	8. นำหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนด			✓			✓	1
(3) ความแปรผันทางพันธุกรรม	9. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความแปรผันทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่อง และความแปรผันทางพันธุกรรมแบบไม่ต่อเนื่องได้		✓				✓	1
(4) การถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ	10. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ		✓				✓	1
	11. วิเคราะห์ผลของการถ่ายทอดลักษณะความผิดปกติทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ				✓	✓		1
(5) มัลติเพิลแอลลีล	12. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยมัลติเพิลแอลลีล		✓				✓	1
	13. วิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยมัลติเพิลแอลลีล				✓	✓		1

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรม (ระดับของบลูม 4 ระดับ)				อัตร้อย	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ข้อสอบ (ข้อ)
		ความจำ	ความ เข้าใจ	การ นำไปใช้	วิเคราะห์			
(6) มิวเทชั่น	14. บอกความหมายของมิวเทชั่น	✓					✓	1
	15. อธิบายและยกตัวอย่างมิวเทชั่น		✓				✓	1
	16. ยกตัวอย่างผลของมิวเทชั่นต่อการแสดงลักษณะทางพันธุกรรม		✓				✓	1
	17. ยกตัวอย่างการนำมิวเทชั่นไปใช้ประโยชน์		✓				✓	1
(7) โรคทางพันธุกรรม	18. อธิบายการเกิดโรคทางพันธุกรรม		✓				✓	1
	19. วิเคราะห์ความผิดปกติทางพันธุกรรมจากหลักฐานหรือข้อมูลกำหนดให้ได้				✓	✓		1
(8) เทคโนโลยีชีวภาพ	20. บอกความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ	✓					✓	1
	21. บอกความหมายของพันธุวิศวกรรม	✓					✓	1
	22. อธิบายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์		✓				✓	1
	23. อธิบายผลดีและผลเสียของการดัดแปลงพันธุกรรม		✓				✓	1
	24. วิเคราะห์ผลของการดัดแปลงพันธุกรรมที่มีต่อสิ่งแวดล้อม				✓	✓		1

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรม (ระดับของบลูม 4 ระดับ)				อัตร้อย	ปรนัย 4 ตัวเลือก	ข้อสอบ (ข้อ)
		ความจำ	ความ เข้าใจ	การ นำไปใช้	วิเคราะห์			
(9) ความ หลากหลายของ สิ่งมีชีวิต	25. อธิบายผลของความ หลากหลายทางชีวภาพที่มี ต่อสังคม		✓				✓	1
	26. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ของความหลากหลายทาง ชีวภาพที่มีต่อสิ่งแวดล้อม				✓	✓		1
	27. บอกสาเหตุที่ทำให้เกิด ความหลากหลายทาง พันธุกรรม	✓					✓	1
(10) วิวัฒนาการ ของสิ่งมีชีวิต	28. อธิบายทฤษฎีการ คัดเลือกโดยธรรมชาติของ ชาลส์ ดาร์วิน	✓					✓	1
	29. อธิบายความ หลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่ เป็นผลมาจากวิวัฒนาการ		✓				✓	1
	30. ยกตัวอย่างความ หลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่ เป็นผลมาจากวิวัฒนาการ		✓				✓	1
รวมจำนวนข้อสอบ		7	17	1	5	5	25	30

4) พัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หรือปรนัย จำนวน 68 ข้อ และแบบเขียนตอบหรืออัตนัย จำนวน 11 ข้อ

5) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

6) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอน วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความชัดเจนและความถูกต้องของคำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รวมทั้งการใช้ภาษาตามหลักการที่ถูกต้อง แล้วหาค่าดัชนี ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยพิจารณาค่า IOC ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พบแบบวัดชนิดปรนัยมี IOC เฉลี่ยเท่ากับ 1 ทั้ง 68 ข้อ และแบบวัดชนิด อัตนัยมี IOC เฉลี่ยเท่ากับ 1 ทั้ง 11 ข้อ

7) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการมาแล้ว จำนวน 32 คน เพื่อหาค่าความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนกของแบบวัดความรู้รายข้อ

8) นำกระดาษคำตอบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ชนิดปรนัย ที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน เพื่อวิเคราะห์หาความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนก โดยวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ เป็นรายข้อ ใช้เทคนิค 27% พิจารณาความยาก (p) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และอำนาจจำแนก (r) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 (กัญจนา ลินทรต้นศิริกุล, 2557, น. 9/58 - 9/59) แล้วคัดเลือกไว้ 25 ข้อ โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ปรนัยรายข้อ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธกรรมและวิวัฒนาการ ชนิดปรนัย

ความยาก (P)	อำนาจจำแนก (r)	
	ข้อที่มีค่าต่ำกว่า 0.20 (ข้อ)	ข้อที่มีค่า 0.20 – 1.00 (ข้อ)
ข้อที่มีค่า 0.81 – 1.00	3	1
ข้อที่มีค่า 0.20 – 0.80	15	43
ข้อที่มีค่า 0.00 – 0.19	5	1
รวม	23	45

นำกระดาษคำตอบแบบอัตนัยที่นักเรียนเขียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนน เพื่อวิเคราะห์หาความยาก-ง่าย และค่าอำนาจการจำแนก โดยวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ เป็นรายข้อ ใช้เทคนิค 25% พิจารณาความยาก (p) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และอำนาจจำแนก (r) ที่อยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 (กัญจนา ลินทรต้นศิริกุล, 2557, น. 9/62) แล้วคัดเลือกไว้ 5 ข้อ โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ อัตนัยรายข้อ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ความยาก-ง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธุกรรมและวิวัฒนาการ ชนิดอัตนัย

ความยาก (P)	อำนาจจำแนก (r)	
	ข้อที่มีค่าต่ำกว่า 0.20 (ข้อ)	ข้อที่มีค่า 0.20 – 1.00 (ข้อ)
ข้อที่มีค่า 0.81 – 1.00	0	0
ข้อที่มีค่า 0.20 – 0.80	0	5
ข้อที่มีค่า 0.00 – 0.19	2	4
รวม	2	9

9) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ชนิดปรนัย จำนวน 25 ข้อ และแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ที่คัดเลือกไว้ไปทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 32 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ทั้งฉบับ โดยแยกวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ระหว่างชนิดเลือกตอบและแบบเขียนตอบ พบค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดชนิดปรนัย เท่ากับ 0.66 และแบบวัดชนิดอัตนัย เท่ากับ 0.69

10) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.3 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พันธุกรรมและวิวัฒนาการ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ศึกษาตัวชี้วัดในมาตรฐาน ว.1.3: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ม.4-6/1 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีนการสังเคราะห์ โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม

ม.4-6/2 อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล

ม.4-6/3 อธิบายผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

ม.4-6/4 สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำมิวเทนชันไปใช้ประโยชน์

ม.4-6/5 สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ม.4-6/6 สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ

ศึกษาคู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ พันธุกรรมและวิวัฒนาการ ศึกษาผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

2.3.2 ศึกษาหลักการและวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และสื่อประกอบการเรียนรู้

2.3.3 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พันธุกรรมและวิวัฒนาการ ให้มีความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งแผนการจัดการการเรียนรู้ประกอบด้วย (3.1) สาระสำคัญ (3.2) สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ (3.3) ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ (3.4) จุดประสงค์การเรียนรู้ (3.5) สาระการเรียนรู้แกนกลาง (3.6) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (3.7) คุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (3.8) ชิ้นงาน/ภาระงาน (3.9) การวัดและประเมินผล (3.10) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (3.11) การเรียนรู้สู่การบูรณาการ และ (3.12) สื่อ/แหล่งเรียนรู้ โดยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน 21 คาบ ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเวลาเรียน 2 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โครโมโซม เวลาเรียน 1 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเวลาเรียน 6 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มิวเทชัน เวลาเรียน 1 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 โรคทางพันธุกรรม เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เวลาเรียน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต เวลาเรียน 5 ชั่วโมง

2.3.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.3.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของผลการเรียนรู้ที่

คาดหวัง สารการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ในการสอน รูปแบบการประเมิน และการใช้ภาษาตามหลักการที่ถูกต้อง รวมทั้งเสนอแนะอื่น ๆ

2.3.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 รูปแบบการวิจัย การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research)

3.2 แบบแผนการทดลอง แบบสองกลุ่มวัดก่อนและหลังทดลอง (Pretest Posttest Control Group Design)

กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
C	T ₁	X ₁	T ₂
E	T ₁	X ₂	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนรูปแบบการวิจัย

C แทน กลุ่มควบคุม

E แทน กลุ่มทดลอง

T₁ แทน การทดสอบก่อนจัดการเรียนการสอน T₂ แทน การทดสอบหลังจัดการเรียน

การสอน

X₁ แทน การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

X₂ แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา

เป็นฐาน

ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ดังนี้

1. ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธุกรรมและวิวัฒนาการ และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เพื่อหาความแตกต่างของความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

2. ดำเนินการสอน โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ใช้เวลาการสอนเท่ากัน กลุ่มละ 21 คาบ คาบละ 50 นาที ดังนี้

2.1 กลุ่มควบคุม เรียนด้วยวิธีการแบบปกติ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

2.2 กลุ่มทดลอง เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3. เมื่อสิ้นสุดแผนการสอนตามกำหนด ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4. นำผลการทดสอบจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนการจัดการเรียนรู้

4.1.1 นำคะแนนจากการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนการจัดการเรียนรู้ มาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้ t-test for Independent Samples พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีระดับความรู้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.1.2 นำคะแนนจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ก่อนการจัดการเรียนรู้ มาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้ t-test for Independent Samples พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีระดับความรู้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลการจัดการเรียนรู้

4.2.1 วิเคราะห์ก่อนการจัดการเรียนรู้

1) นำกระดาษคำตอบที่ได้จากการสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนการจัดการเรียนรู้มาตรวจแล้วนับคะแนนในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปแบบตาราง

2) นำคะแนนที่ได้จากการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนการจัดการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) นำคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ก่อนการจัดการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2.2 วิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้

1) นำกระดาษคำตอบที่ได้จากการสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้มาตรวจแล้วนับคะแนนในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปแบบตาราง

2) นำคะแนนที่ได้จากการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) นำคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการหลังการจัดการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

4.3.1 นำคะแนนที่ได้จากการวัดคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน (Pre-test) กับคะแนนหลังเรียน (Post-test) มาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ t - test for Dependent Samples

4.3.2 นำคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ t - test for Dependent Samples

4.3.3 นำคะแนนจากการวัดคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้ t -test for Independent Samples

4.3.4 นำคะแนนจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ หลังการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้ t -test for Independent Samples

5. สถิติในการวิจัย

5.1 การหาคุณภาพเครื่องมือ

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

5.1.1 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking test)

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ได้ถูกสร้างไว้ 60 ข้อ สำหรับวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อนำไปหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ความตรงของเครื่องมือ วิจัยเชิงโครงสร้าง ค่าความยาก ค่าอำนาจการจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence)

ความตรงตามโครงสร้างของแบบวัดการคิดฯ คำนวณโดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 231) ดังนี้

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

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
	R	คือ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
		+1	แน่ใจว่าตรงกับวัตถุประสงค์
		0	ไม่แน่ใจว่าตรงกับวัตถุประสงค์หรือไม่
		-1	แน่ใจว่าไม่ตรงกับวัตถุประสงค์
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย

การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยหาค่าความยาก และค่าอำนาจการจำแนก ซึ่งมีผู้เข้าทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 32 คน และใช้เกณฑ์ 27% ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ซึ่งการหาความยากและอำนาจการจำแนก สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้ (กัญญา ลินทรตันศิริกุล, 2557, น. 9/58 - 9/59)

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก (p)} &= \frac{H+L}{N_H + N_L} \\ \text{ค่าอำนาจจำแนก (r)} &= \frac{H-L}{N_H} \end{aligned}$$

เมื่อ	H	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
	L	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น
	N_H	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
	N_L	คือ	จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

3) การหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ของแบบวัดการคิดฯ

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับ จำนวน 30 ข้อ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 225) ดังนี้

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดฯ
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบวัดการคิดฯ ทั้งฉบับ

- S_1^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อ
 S^2 แทน ความแปรปรวนของแบบวัดการคิดฯ ทั้งฉบับ

5.2.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ

การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ แบ่งออกเป็น 2 ตอน จำนวน 79 ข้อ ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบวัดความรู้แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ผู้วิจัยได้สร้างไว้ จำนวน 68 ข้อ

ตอนที่ 2 แบบวัดความรู้แบบอัตนัย ผู้วิจัยได้สร้างไว้ จำนวน 11 ข้อ
 แบบวัดความรู้ทั้ง 79 ข้อนี้ ถูกนำไปหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ความตรงของเครื่องมือวิจัยเชิงเนื้อหา ค่าความยาก ค่าอำนาจการจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ

1) ตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัยเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) คำนวณโดยใช้สูตร IOC (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 231)

2) การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย

วิเคราะห์ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) โดยใช้เกณฑ์ 27% (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 9/58 - 9/59) ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

3) การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย

วิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยหาค่าความยาก และค่าอำนาจการจำแนกตามวิธีการของวิทนีย และซาเบอร์ส (Mehrens and Lehmann, 1984, pp.198 – 199; citing Whitney and Sabers, 1970; อ้างอิงจาก กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9/62) โดยใช้เกณฑ์ 25% ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

$$\text{ค่าความยาก (p)} = \frac{\sum_H + \sum_L - (2N \text{ Score}_{\min})}{2N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก (r)} = \frac{\sum_H - \sum_L}{N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ	\sum_H	คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 25%
	\sum_L	คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 25%
	N	คือ 25% ของจำนวนผู้สอบ

Score _{max}	คือ คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด
Score _{min}	คือ คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4) การหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ แบบปรนัยและอัตนัย โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 225)

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 สถิติพื้นฐาน

6.1.1 ค่าเฉลี่ย

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

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

6.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x$	แทน	ผลรวมคะแนนทั้งหมด
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

6.2 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

6.2.1 *t-test for Independent Sample* ใช้ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้สูตรคำนวณ กรณีที่ 1 หรือ กรณีที่ 2 (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557, น. 10/125)

กรณีที่ 1 ความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มเท่ากัน (Pooled Variance: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)SD_1^2 + (n_2 - 1)SD_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

กรณีที่ 2 ความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน (Separate Variance: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{SD_1^2}{n_1} + \frac{SD_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{[(SD_1^2/n_1) + (SD_2^2/n_2)]^2}{\frac{(SD_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(SD_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ แทน ผลต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

$\mu_1 - \mu_2$	แทน	การประมาณค่าพารามิเตอร์ผลต่างเฉลี่ย
SD_1	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
SD_2	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
n_1	แทน	ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1
n_2	แทน	ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2
df	แทน	ค่าความเป็นอิสระ

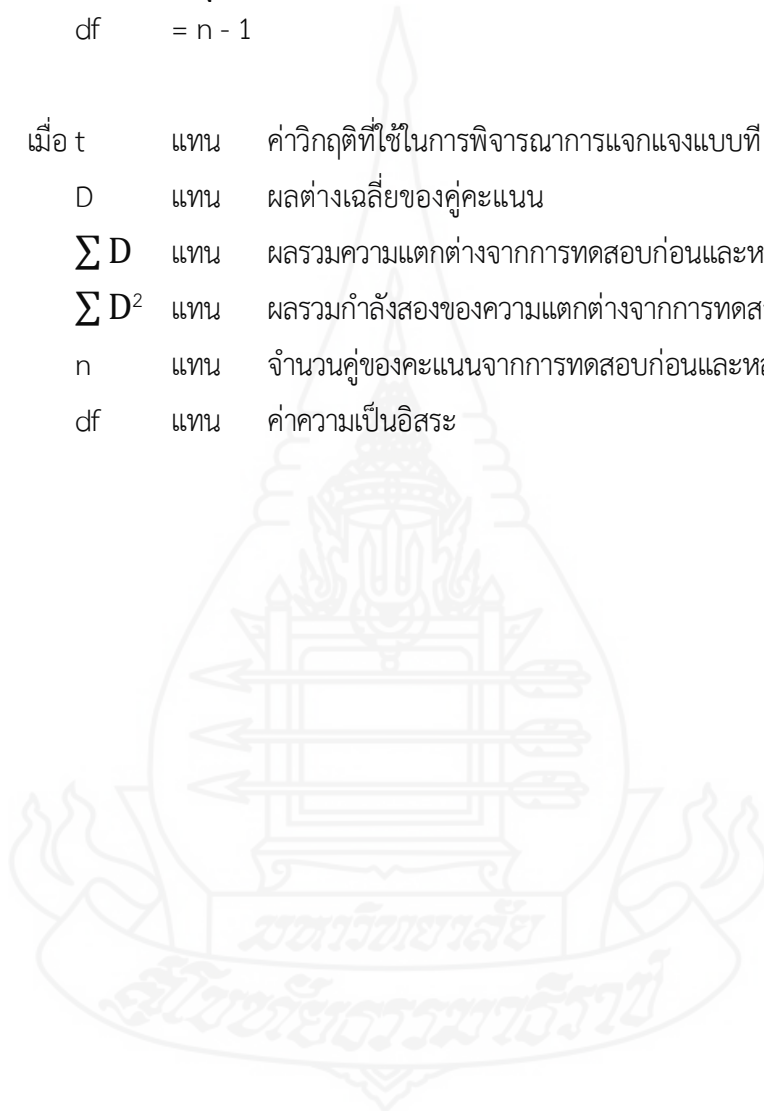
การทดสอบความเป็นเอกพันธ์หรือความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร ทั้ง 2 กลุ่ม มีสมมติฐาน $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และ $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ใช้สถิติทดสอบ F-test ของเลอวิน (Levene's test, 1960) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557, น. 10/124 – 10/134) วิเคราะห์เพื่อนำไปเลือกใช้ สูตร t-test ซึ่งหาก sig มากกว่าระดับนัยสำคัญ หมายถึง การยอมรับ H_0 แต่หาก sig น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ หมายถึง การปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1

6.2.2 *t-test for Dependent Samples* หรือ *Paired sample t-test* ใช้ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ทั้งสองวิธีที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยใช้สูตรคำนวณดังสมการ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 242)

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

$$df = n - 1$$

เมื่อ t	แทน	ค่าวิกฤติที่ใช้ในการพิจารณาการแจกแจงแบบที
D	แทน	ผลต่างเฉลี่ยของคู่คะแนน
$\sum D$	แทน	ผลรวมความแตกต่างจากการทดสอบก่อนและหลังเรียน
$\sum D^2$	แทน	ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างจากการทดสอบก่อนและหลังเรียน
n	แทน	จำนวนคู่ของคะแนนจากการทดสอบก่อนและหลังเรียน
df	แทน	ค่าความเป็นอิสระ



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี ได้ทำการศึกษากับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 72 คน 2 ห้องเรียน ที่เลือกโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม และจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งแต่ละห้องเรียนมีนักเรียนจำนวน 36 คน นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 36 คน มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 12.33 คะแนน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 36 คน มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 13.31 คะแนน

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for Independent Sample พบว่า ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์หรือความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติทดสอบ F-test ของเลอวิน (Leven's test) แสดงค่า Sig = .645 ค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 (Sig. > α) ค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (pooled variance) จากนั้นจึงทำการทดสอบค่าสถิติ t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ก่อนการจัดการเรียนรู้ จากค่า p = .229 มีค่ามากกว่าระดับ

นัยสำคัญ .05 ($p > \alpha$) ดังนั้น ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

กลุ่ม	n	\bar{X}	S.D.	Sig.	t	p
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	36	12.33	3.50			
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	36	13.31	3.29	.645	-1.214	.229

นัยสำคัญทางสถิติที่ .05, $p > .05$

1.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ทดสอบความแตกต่างของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for Dependent Samples ผลการวิเคราะห์ คือ ค่า $p = .000$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ($p < \alpha$) กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัยที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบการคิดฯ	n	\bar{X}	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	36	13.31	3.30		
หลังเรียน	36	16.75	3.64	-6.868	.000

นัยสำคัญทางสถิติที่ .05, $p < .05$

1.3 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 36 คน มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 12.75 คะแนน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 36 คน มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 16.75 คะแนน

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for Independent Sample พบว่า ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์หรือความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่ม ด้วย F-test จากค่า Sig = .118 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 (Sig. > α ; ยอมรับ H_0) ค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (pooled variance) จากนั้นทำการทดสอบค่าสถิติ t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หลังการจัดการเรียนรู้ จากค่า $p = .000$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ($p < \alpha$) ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

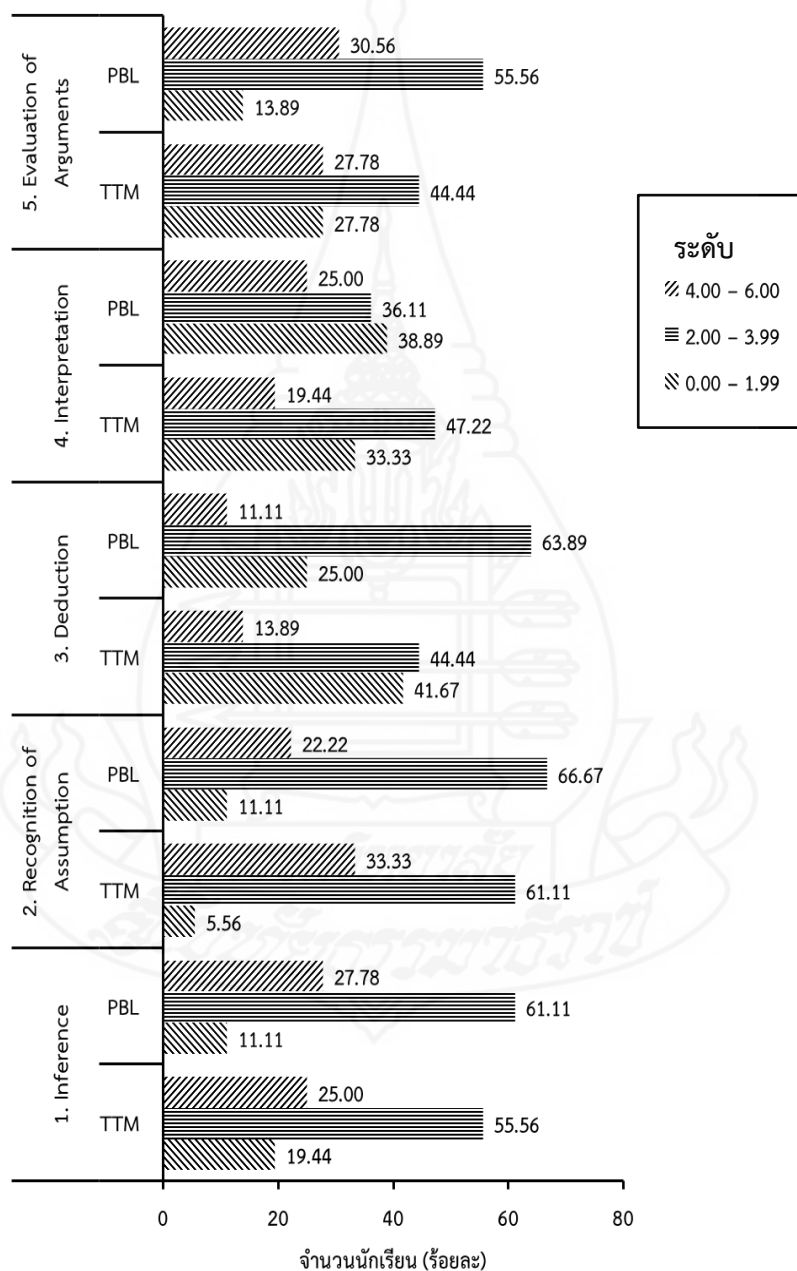
กลุ่ม	n	\bar{X}	S.D.	Sig.	t	p
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	36	12.75	2.81	.118	-5.214	.000
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	36	16.75	3.64			

นัยสำคัญทางสถิติที่ .05, $p < .05$

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของนักเรียนที่ได้คะแนนการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณทั้ง 5 ด้าน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based
 learning: PBL) และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (Traditional teaching model: TTM)
 ซึ่งในแต่ละด้านมี 6 คะแนน พบว่า

ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณรายด้านก่อนการจัดการเรียนรู้ ดัง

ภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณรายด้านก่อนการจัดการเรียนรู้

ผลการทดสอบกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL)

ด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง (Inference) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการสรุปอ้างอิงอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 61.11 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 27.78 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 11.11

ด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 66.67 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 22.22 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 11.11

ด้านที่ 3 การนิรนัย หรือการอนุมาน (Deduction) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการอนุมานอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 63.89 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 25 และระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 11.11

ด้านที่ 4 การตีความ (Interpretation)) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการตีความอยู่ในระดับต่ำมากที่สุด (0.00 – 1.99) ร้อยละ 38.89 รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง (2.00 – 3.99) ร้อยละ 36.11 และระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 25 และ

ด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการประเมินข้อโต้แย้งในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 55.56 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 30.56 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 13.89

ผลการทดสอบกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (TTM)

ด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการสรุปอ้างอิงอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 55.56 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 19.44 และระดับสูง ร้อยละ 25

ด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 61.11 รองลงมาอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 33.33 และระดับต่ำ ร้อยละ 5.56

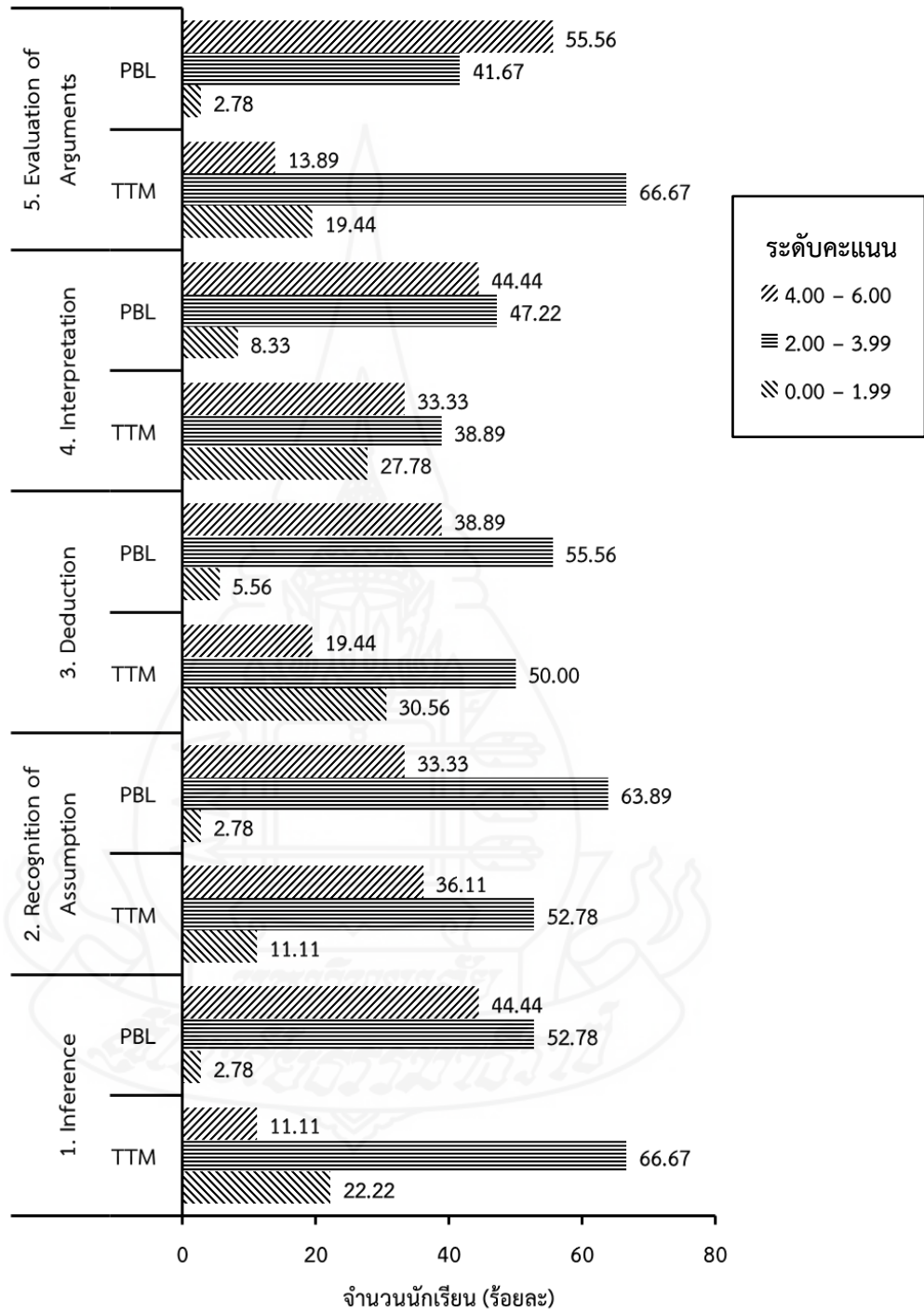
ด้านที่ 3 การนิรนัย หรือการอนุมาน กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการอนุมานอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 44.44 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 41.67 และระดับสูง ร้อยละ 13.89

ด้านที่ 4 การตีความ กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการตีความอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 47.22 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 33.33 และระดับสูง ร้อยละ 19.44 และ

ด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการประเมินข้อโต้แย้งในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 44.44 รองลงมาอยู่ในระดับสูงและระดับต่ำเท่ากัน ร้อยละ 27.78

ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้านหลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้านหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการทดสอบกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL)

ด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง (Inference) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการสรุปอ้างอิงอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 52.78 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 44.44 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 2.78

ด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 63.89 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 33.33 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 2.78

ด้านที่ 3 การนิรนัย หรือการอนุมาน (Deduction) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการอนุมานอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 55.56 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 38.89 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 5.56

ด้านที่ 4 การตีความ (Interpretation) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการตีความอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด (2.00 – 3.99) ร้อยละ 47.22 รองลงมาอยู่ในระดับสูง (4.00 – 6.00) ร้อยละ 44.44 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 8.33

ด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) กลุ่ม PBL มีการคิดด้านการประเมินข้อโต้แย้งในระดับสูงมากที่สุด (4.00 – 6.00) ร้อยละ 55.56 รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง (2.00 – 3.99) ร้อยละ 41.67 และระดับต่ำ (0.00 – 1.99) ร้อยละ 2.78

ผลการทดสอบกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (TTM)

ด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการสรุปอ้างอิงอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 66.67 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 22.22 และระดับสูง ร้อยละ 11.11

ด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 52.78 รองลงมาอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 36.11 และระดับต่ำ ร้อยละ 11.11

ด้านที่ 3 การนิรนัย หรือการอนุมาน กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการอนุมานอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 50 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 30.56 และระดับสูง ร้อยละ 19.44

ด้านที่ 4 การตีความ กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการตีความอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 38.89 รองลงมาอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 33.33 และระดับต่ำ ร้อยละ 27.78

ด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง กลุ่ม TTM มีการคิดด้านการประเมินข้อโต้แย้งในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 66.67 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 19.44 และระดับสูง ร้อยละ 13.89

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็น ฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการก่อน เรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการ จัดการเรียนรู้แบบปกติ

การสอบวัดความรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ มีคะแนนเต็มทั้งหมด 35 คะแนน
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.54 คะแนน ผลการสอบวัดความรู้ก่อนเรียน ดังนี้

กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนความรู้เรื่องพันธุกรรมและ
วิวัฒนาการก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 9.06 คะแนน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา
เป็นฐาน มีคะแนนความรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 10.03 คะแนน ดัง
ตารางที่ 4.4

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการระหว่างกลุ่ม
ตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for Independent Sample พบว่า ผลการทดสอบ
ความเป็นเอกพันธ์หรือความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่ม ด้วย F-test จากค่า
Sig = .671 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 (Sig. > α) ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้เรื่องพันธุกรรมและ
วิวัฒนาการของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (pooled variance) เมื่อ
ทำการทดสอบค่าสถิติ t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของความรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จากค่า p = .088 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ($p > \alpha$)
ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้เรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่าง
กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{X}	S.D.	Sig.	t	p
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	36	9.06	2.33	.671	-1.732	.088
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	36	10.03	2.43			

นัยสำคัญทางสถิติที่ .05, $p > .05$

2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for Dependent Sample ผลการวิเคราะห์ คือ ค่า $p = .000$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ $.05$ ($p < \alpha$) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ หลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ	n	\bar{X}	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	36	10.03	2.43	-10.765	.000
หลังเรียน	36	18.75	5.34		

นัยสำคัญทางสถิติที่ $.05$, $p < .05$

2.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติทดสอบ t – test for Dependent Samples ผลการวิเคราะห์ คือ ค่า $p = .000$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ $.05$ ($p < \alpha$) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ หลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ	n	\bar{X}	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	36	9.06	2.33	-10.371*	.000
หลังเรียน	36	16.39	5.16		

นัยสำคัญทางสถิติที่ $.05$, * $p < .05$

2.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ จากคะแนนเต็มทั้งหมด 35 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.57-คะแนน ผลการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ หลังเรียน ดังนี้

กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการเฉลี่ยเท่ากับ 16.39 คะแนน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการเฉลี่ยเท่ากับ 18.75 คะแนน ดังตารางที่ 4.8

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for Independent Sample พบว่า ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์หรือความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่มด้วย F-test จากค่า Sig = .969 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 (Sig. > α) ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (pooled variance) เมื่อทำการทดสอบค่าสถิติ t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จากค่า p = .030 (p > α) ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฯ หลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{X}	S.D.	Sig.	t	p
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	36	16.39	5.16	.969	-1.908	.030
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	36	18.75	5.34			

นัยสำคัญทางสถิติที่ .05, p > .05

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี สรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 **แบบการวิจัย** การวิจัยเชิงทดลอง มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2.2 **ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

1) **ประชากร** นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 232 คน 6 ห้องเรียน

2) **กลุ่มตัวอย่าง** นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนศิลป์ โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 72 คน 2 ห้องเรียน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และจับฉลากห้องเรียน เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

(1) กลุ่มควบคุม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/16 จำนวน 36 คน เรียนด้วยวิธีการแบบปกติ

(2) กลุ่มทดลอง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/19 จำนวน 36 คน เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3) เครื่องมือการวิจัย ได้แก่

- (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 7 แผน 21 คาบ
- (2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ
- (3) แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.3 ผลการวิจัย

1.3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีคะแนนเฉลี่ย 16.75 คะแนน สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่มีคะแนนเฉลี่ย 12.75 คะแนน

1.3.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 16.39 คะแนน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 18.75 คะแนน

2. อภิปรายผล

งานวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการของนักเรียนได้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ลักษณะสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นสถานการณ์ที่เชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของผู้เรียน แต่สถานการณ์ปัญหานั้นนักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้เดิมตอบคำถามนั้นได้ทันที หรือการตอบคำถามโดยใช้ความรู้เดิมไม่สามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ยังเป็นสถานการณ์ที่มีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง มีข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า ลักษณะปัญหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เช่นนี้ ช่วยหรือส่งเสริมหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการค้นคว้า วิเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าและประยุกต์ใช้ในการตอบปัญหาตามข้อคำถามเชิงวิเคราะห์ สอดคล้องกับการเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful leaning) เป็นการเรียนรู้โดยการนำสิ่งที่เรียนรู้เชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือประสบการณ์

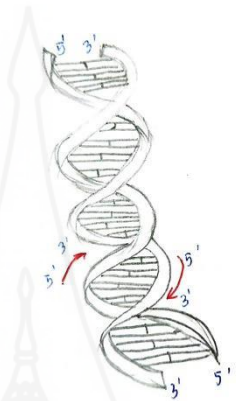
เดิม (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ ศิวธีรานนท์, 2557, น. 6/45) นักเรียนจะต้องฝึกฝนการคิดเช่นนี้ซ้ำ ๆ กันหลายครั้งผ่านการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงจะสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ประกอบด้วยความสามารถย่อยๆ 5 ด้าน ได้แก่ การสรุปอ้างอิง (Inference) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) การนิรนัย (Deduction) การตีความ (Interpretation) และการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) วัตสันและเกลเซอร์ (Watson, & Glaser, 1964, pp. 10) ดังตัวอย่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (รหัสหัวข้อการเรียนรู้ PBL3) สถานการณ์เกี่ยวกับการถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และลักษณะการมีขนที่ใบหูส่วนล่าง (Hair ears) ‘ชายคนหนึ่งมีขนที่ใบหูส่วนล่าง (Hair ears) แต่งานกับหญิงสาว ได้ตรวจสอบสุขภาพก่อนมีบุตร พบว่า ฝ่ายชายมีหมู่เลือด B ส่วนฝ่ายหญิงมีหมู่เลือด B และผลการตรวจวิเคราะห์ทางการแพทย์ยืนยันได้ว่า ฝ่ายชายมีลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ Y จึงทำให้เขามีขนที่ใบหูส่วนล่าง ในขณะที่เมื่อมีการตรวจสอบประวัติของครอบครัวฝ่ายชายพบว่า พ่อของฝ่ายชายก็มีขนที่ใบหูส่วนล่างเช่นเดียวกัน ต่อมาทั้งคู่มีลูกด้วยกันคนแรกเป็นหมู่เลือด AB’ ประเด็นปัญหาในสถานการณ์นี้ คือ ‘ลูกของพวกเขามีโอกาสเป็นหมู่เลือดใด’ และ ‘ลูกของหนุ่มสาวคู่นี้จะมีโอกาสเกิดลักษณะมีขนที่ใบหูส่วนล่างหรือไม่ อย่างไร’ จากสถานการณ์เชื่อมโยงเข้าสู่การค้นคว้าจากความรู้เดิมที่ว่า ลูกได้รับการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากพ่อและแม่ ผ่านเซลล์สืบพันธุ์ในเพศชาย คือ อสุจิของพ่อ และเซลล์สืบพันธุ์ในเพศหญิง คือ ไข่ของแม่ ที่เกิดการปฏิสนธิ เซลล์สืบพันธุ์บรรจุโครโมโซมแบบแฮพลอยด์ (haploid: n) ที่มีโครโมโซม 23 โครโมโซม ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการให้เรียนรู้คือ มัลติเปิล แอลลีล (Multiple alleles) และลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดบนโครโมโซมเพศ (Sex-linked inheritance) ดังนั้นมีเนื้อหาที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจ 2 ส่วน ได้แก่ การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหา ค้นคว้าหาคำตอบ วิเคราะห์ข้อมูล และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เช่น มัลติเปิล แอลลีล คืออะไร ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน PO1 ได้อธิบายว่า ‘ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนตำแหน่งเดียวกัน 1 ตำแหน่ง แต่มีมากกว่า 2 แอลลีล’ เพื่อให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างบรรลุเป้าหมาย และเพื่อส่งเสริมความเข้าใจแต่ละส่วนเป็นขั้นตอน เช่น หากนักเรียนไม่เข้าใจความหมายของมัลติเปิล แอลลีล ผู้เรียนก็ไม่อาจทำความเข้าใจการถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO ได้ ผู้เรียนจึงต้องอภิปรายร่วมกัน หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องดำเนินการศึกษาค้นคว้าและพบกับข้อคำถาม เช่น ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศของพ่อและแม่ สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้หรือไม่ อย่างไร ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน PO1 ได้อธิบายว่า ‘ถ่ายทอดได้ เพราะยีนบนโครโมโซมเพศของพ่อ XY และแม่ XX ควบคุมลักษณะบางอย่างทางพันธุกรรม บางกรณีจึงสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกได้เมื่อลูกได้รับยีนบนโครโมโซมเพศของพ่อและแม่’ และคำถาม เพราะเหตุใดลักษณะทางพันธุกรรมบางประการจึงไม่ปรากฏในรุ่นลูก แต่กลับไปปรากฏในรุ่นลูกของลูก

(หลาน) ตัวอย่างคำตอบของ P01 อธิบาย ‘เพราะจีโนไทป์ของพ่อซึ่งเป็นยีนเด่น (PP) ผสมกับจีโนไทป์ของแม่ซึ่งเป็นยีนด้อย (pp) จะทำให้เกิดลูกรุ่น F₁ มีลักษณะเด่นทั้งหมด (Pp) โดยลักษณะเด่นของพ่อข้ามลักษณะด้อยของแม่ แต่เมื่อนำลูกรุ่น F₁ มาผสมกัน (Pp x Pp) จะทำให้ลูกรุ่น F₂ แสดงทั้งลักษณะเด่นและลักษณะด้อย’ ลักษณะคำถามเช่นนี้จะทำให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบระหว่างเนื้อหาและความเข้าใจของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน โดยกระบวนการรับรู้สถานการณ์จนถึงสิ้นสุดการสรุปสถานการณ์ หากผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ก็สามารถอธิบายถึงความขัดแย้งในสถานการณ์นั้น ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการกำหนดสถานการณ์ที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-directed learning) อันเป็นการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ แต่ก็มีสิ่งสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยการนำตนเอง นั่นคือการใช้คำถาม

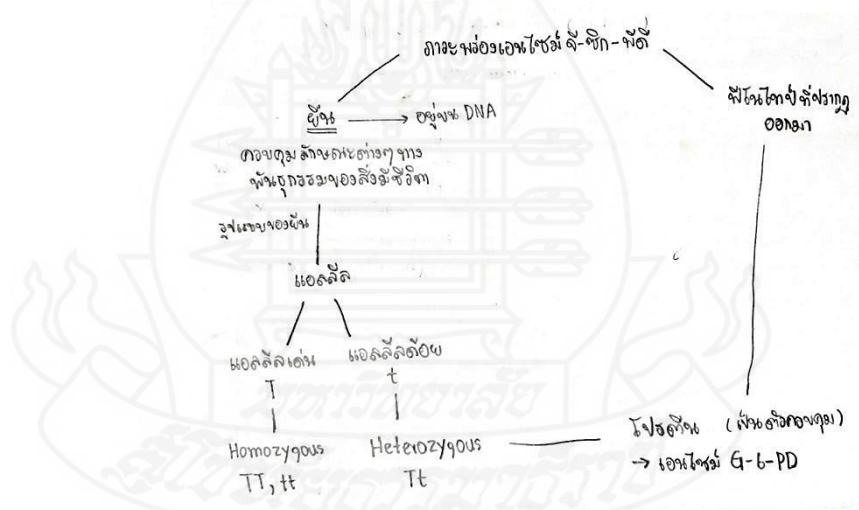
ลักษณะคำถามที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้ ใช้คำถามวิเคราะห์ เป็นคำถามที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา มีการลำดับการเรียนรู้เนื้อหาสำคัญต่างๆ ข้อคำถามจะต้องทำให้นักเรียนตั้งคำถามด้วยตนเองและเกิดการอธิบาย โดยนักเรียนจะเกิดความรู้สึกสงสัยใคร่รู้ เกิดคำถามจากภายในใจของตนเอง ไตร่ตรอง นำสิ่งที่เข้าใจมาอธิบายด้วยตนเองและสรุปผลการค้นคว้า โดยกระบวนการทั้งหมดที่ข้อคำถามมีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคือส่วนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการค้นคว้าแบบกลุ่ม ให้สมาชิกภายในกลุ่มลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ด้วยตนเอง เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการถกประเด็นและข้อค้นพบ เพื่อเสนอแนวทางการให้คำอธิบายแก่ข้อคำถามวิเคราะห์ อาจกล่าวได้ว่า คำถามที่ใช้ในสถานการณ์จะต้องทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-directed learning) ร่วมกัน และเนื่องจากการใช้คำถามวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสถานการณ์ปัญหาถูกกำหนดให้มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาพันธุกรรมและวิวัฒนาการ เช่นนั้นแล้ว คำถามวิเคราะห์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทิศทางการค้นคว้าให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการวัดกระบวนการทางปัญญาหรือพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ที่เรียกว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning achievement) ด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ตามแนวคิดของบลูม (Bloom, 1956) ดังตัวอย่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม (รหัสหัวข้อการเรียนรู้ PBL1) สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับยีนกับการควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์จี-ซิก-พีดี ‘ผู้มีภาวะพร่องเอนไซม์จี-ซิก-พีดี (Glucose-6-phosphate dehydrogenase: G-6-PD deficiency) ส่งผลให้ร่างกายไม่ผลิตเอนไซม์จี-ซิก-พีดี เมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ เช่น ถั่วปากอ้า หรือยาบางชนิด จะเกิดภาวะซีดจากการที่เม็ดเลือดแดงแตกอย่างเฉียบพลัน’ ประเด็นปัญหาในสถานการณ์นี้ คือ ‘เหตุใดร่างกายจึงไม่ผลิตเอนไซม์จี-ซิก-พีดี’ ก่อนที่นักเรียนจะอธิบายประเด็นปัญหาได้ นักเรียนจะต้องเรียนรู้เรื่องยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเสียก่อน โดยเรียนรู้ผ่านคำถามเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบ

ความเข้าใจของนักเรียนก่อนทำการค้นคว้า ยกตัวอย่างคำถามก่อนค้นคว้า เช่น ยีนคืออะไร ตัวอย่างคำตอบของ P01 ได้อธิบายว่า ‘ยีนเป็นหน่วยพันธุกรรมที่อยู่บนโครโมโซม’ และคำถาม ยีนควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร P01 ได้อธิบายว่า ‘ยีนเป็นตัวกำหนด DNA ในหน่วยพันธุกรรม’ หลังจากนั้นนักเรียนจะทำการค้นคว้าและตอบคำถามเชิงความสัมพันธ์ เช่น DNA ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตได้อย่างไร ตัวอย่างคำตอบของ P01 อธิบายว่า ‘ยีนอยู่บน DNA ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรม เพราะฉะนั้นยีนจึงควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตได้’ และคำถาม โครงสร้าง DNA เป็นอย่างไร จึงสามารถควบคุมลักษณะสิ่งมีชีวิตได้ P01 ได้อธิบายว่า ‘DNA ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรมประกอบด้วย DNA 2 สาย เข้าคู่กันในทิศทางตรงกันข้าม คือ DNA หนึ่งมีทิศจาก 5’ ไป 3’ และอีกสายหนึ่งมีทิศจาก 3’ ไป 5’ โดย DNA 2 สาย เชื่อมกันด้วยไนโตรจีนัสเบสที่จับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) โดยอะดีนีน (A) จับกับไทมีน (T) ในขณะที่กวานีน (G) จับกับไซโทซีน (C) เสมอ จึงทำให้โครงสร้างมีลักษณะเป็นเกลียว และส่วนใหญ่มีโครงสร้างเวียนขวา’ พร้อมวาดภาพประกอบดังภาพที่ 5.1 ลำดับต่อมาครูใช้ข้อความที่ต้องการคำตอบเชิงวิเคราะห์ เช่น ประเด็นที่นักเรียนได้ศึกษามีความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร ตัวอย่างคำตอบของ P01 ได้อธิบายว่า ‘ภาวะพร่องเอนไซม์จี-ซีก-พีดี เป็นโรคที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากพ่อแม่มาสู่ลูกได้ โดยยีนที่ควบคุมอยู่บนโครโมโซมเพศ X ผู้ที่เป็นโรคหรือมีภาวะพร่อง G-6-PD จะพบในเพศชายที่เป็น Hemizygous และเพศหญิง Homozygous’ นักเรียนได้มีการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีน ‘ผู้ที่เป็น Heterozygous คือเพศหญิงที่มียีน G-6-PD เป็น Hemizygous โดยจะถ่ายทอดภาวะนี้ไปให้บุตรชาย ส่วนบุตรหญิงที่บิดาเป็นปกติจะเป็น Heterozygous แบบมาร์ดา และบุตรหญิงที่รับยีน G-6-PD มาจากทั้งบิดามาร์ดา (Homozygous) จะเกิดภาวะพร่อง G-6-PD’ หลังจากนั้นนักเรียนได้ค้นคว้าแล้ว ครูให้นักเรียนกลับไปตอบคำถามเดิมก่อนการค้นคว้า เช่น ยีนคืออะไร คำตอบของ P01 หลังการค้นคว้าได้อธิบายว่า ‘ยีนเป็นหน่วยพันธุกรรมที่อยู่บนส่วนของ DNA บรรจุข้อมูลทางพันธุกรรม (genetic information) สำหรับสังเคราะห์โปรตีนต่าง ๆ ซึ่ง DNA อยู่บนโครโมโซม (chromosome) โดยยีนมีลักษณะเรียงกันเหมือนสร้อยลูกปัด’ และคำถาม ยีนควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร คำตอบของ P01 หลังการค้นคว้าได้อธิบายว่า ‘แต่ละยีนที่เข้าคู่กันจะควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะเดียว’ แม้ว่าคำถามวิเคราะห์ตามลำดับขั้นตอนเนื้อหาการเรียนรู้อาจเป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถามและค้นคว้าด้วยตนเอง แต่การสรุปองค์ความรู้จากประเด็นปัญหาเป็นแผนภาพที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างยีน โปรตีน พีไอไทป์ และประเด็นปัญหาตามสถานการณ์ที่ศึกษาจะสามารถแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนดังภาพที่ 5.2 ฉะนั้นแล้ว คำถามวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาจึงสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นคว้าความรู้ และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการอธิบายคำตอบ ที่นักเรียนต้องคิดหาคำตอบมาอธิบายอย่างสมเหตุสมผล จะต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลาย

เหมาะสมกับสถานการณ์ มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วย มุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2561 ก, น.33) ร่วมกับการทำความเข้าใจความรู้ที่ค้นคว้ากับสถานการณ์ที่ได้รับ



ภาพที่ 5.1 โครงสร้าง DNA ที่นักเรียนวาดประกอบคำอธิบาย



ภาพที่ 5.2 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างยีน โปรตีน ฟีนไทป์ และประเด็นปัญหาตามสถานการณ์

อย่างไรก็ตาม การกำหนดสถานการณ์ที่เหมาะสมและการใช้คำถามวิเคราะห์ที่จะก่อให้เกิด การเรียนรู้โดยการนำตนเองและสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปพร้อมๆ กับการพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ บทบาทของผู้สอนยังเป็นส่วนสำคัญในการ

สร้างบทบาทให้แก่ผู้เรียน ผู้เรียนจะได้วิเคราะห์ ค้นคว้า สังเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง มากเพียงใด การควบคุมบทบาทของผู้สอนจึงมีส่วนสำคัญอย่างมาก

บทบาทระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในการศึกษานี้ เริ่มต้นจากครูผู้สอนให้สถานการณ์ ปัญหาและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอธิบายความเข้าใจหลังจากที่รับรู้สถานการณ์ปัญหาก่อนที่จะเริ่ม ทำการค้นคว้าความรู้ แล้วดำเนินการตามขั้นตอน PBL 6 ขั้นตอน ของสำนักงานเลขาธิการศึกษา (สก ศ.) (2550) คือการตั้งคำถามที่เหมาะสมและกระตุ้นให้นักเรียนเอาความรู้อยู่มาใช้อภิปราย หรือแสดงความคิดเห็น กระตุ้นและส่งเสริมกระบวนการกลุ่มให้ดำเนินการตามขั้นตอนของการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักว่าการเรียนรู้เป็นความรับผิดชอบของตนเอง หลีกเลี่ยงการแสดงความคิดเห็นหรือตัดสินว่าถูกหรือผิด เป็นผู้ประเมินทักษะของนักเรียนและกลุ่มพร้อมกับการให้ข้อมูล ย้อนกลับ และส่งเสริมให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเอง ในขณะที่นักเรียนเป็นผู้ทำการค้นคว้า และวิเคราะห์สถานการณ์ โดยสถานการณ์เหล่านี้จะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีโอกาส ได้ค้นคว้ามาอธิบายปัญหาด้วยตนเอง ดังนั้น บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นักเรียนจึงต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไป ใช้ และการวิเคราะห์ความรู้เพื่อตอบสนองสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง ดังประเด็นการตั้งคำถามของครูใน บทเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (รหัสหิวข้อการเรียนรู้ PBL3) สถานการณ์เกี่ยวกับการ ถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และลักษณะการมีขนที่ใบหูส่วนล่าง (Hair ears) นักเรียนจะต้อง ตอบคำถามย่อยๆ ก่อนที่จะตอบคำถามเชิงประยุกต์ความรู้ เช่น ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศของพ่อและ แม่ สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้หรือไม่ อย่างไร และในเพศหญิงและเพศชาย มีการแสดงลักษณะที่ ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศต่างกันหรือไม่ อย่างไร จากนั้นจึงตอบคำถามเชิงประยุกต์ความรู้ เช่น จากประเด็นปัญหาในแต่ละครอบครัวที่วางแผนมีบุตร จะมีโอกาสให้กำเนิดลูกที่มีหมู่เลือดใด พร้อมทั้ง อธิบายถึงจีโนไทป์และฟีโนไทป์ ลักษณะคำถามเช่นนี้ ผู้เรียนจะต้องนำความรู้ที่ตนเองได้รับจาก การค้นคว้ามาประยุกต์กับสถานการณ์ปัญหา และอธิบายผลการค้นคว้า ดังตัวอย่างคำตอบของ P01 ได้อธิบายไว้ 2 กรณี โดยสรุป คือ

กรณีที่ 1: ชาย $I^B I^B$ × หญิง $I^B I^B$

\downarrow

โอกาสลูกที่จะเกิดเป็น	$I^B I^B$	$I^B I^B$	$I^B I^B$	$I^B I^B$	(จีโนไทป์ = $I^B I^B$)
	B	B	B	B	(ฟีโนไทป์ = หมู่เลือด B 100%)

กรณีที่ 2: ชาย $I^B i$ × หญิง $I^B i$

\downarrow

โอกาสลูกที่จะเกิดเป็น $I^B B$ $I^B B$ $I^B B$ ii (จีโนไทป์ = $I^B B$: $I^B B$: ii = 1:2:1)
 B B B O (ฟีโนไทป์ = หมูเลือด B 75%, O 25%)

ในสถานการณ์นี้สามารถมีกรณีที่ 3 ได้ คือ ชาย $I^B B$ x หญิง $I^B B$ หรือ ชาย $I^B B$ x หญิง $I^B B$ แต่บทบาทสำคัญของครู คือ เป็นผู้ให้คำแนะนำและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง จึงมีการตั้งคำถามตามสถานการณ์จริงระหว่างที่นักเรียนค้นคว้า เช่น ‘จีโนไทป์ของพ่อและแม่จะมีโอกาสเป็นใน 2 กรณีตามที่นักเรียนเสนอเท่านั้นหรือไม่’ หรือการตั้งคำถามรูปแบบอื่น ๆ ที่ส่งผลให้นักเรียนได้คิดตาม แต่หากคำถามของครูไม่ส่งผลให้นักเรียนเขียนกรณีที่ 3 ขึ้นมา หรือนำกรณีที่ 3 มาอธิบายได้ ครูก็ไม่ควรอธิบายในขณะที่นักเรียนค้นคว้า ครูจะสามารถอธิบายหลังจากที่นักเรียนสรุปผลความรู้แล้วและเกิดการอภิปรายในห้องเรียน ระหว่างนี้นักเรียนจึงต้องใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลโดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์และความสมบูรณ์ของข้อมูล แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล โดยกระบวนการคิดเช่นนี้ หมายถึง การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 9) ดังที่ วิภาณีย์ จิรธรรักษ์ (2554, น. 36-37) ได้สรุปบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทั้ง 6 ขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเตรียมการจัดการเรียนรู้ ออกแบบการเรียนรู้ และในแต่ละขั้นตอน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจปัญหา อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ แนะนำ และส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้โดยการชี้นำตนเอง ประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนและตัดสินผลการเรียนโดยประเมินทั้งในด้านทักษะกระบวนการและด้านความรู้ ในขณะที่บทบาทของผู้เรียนนั้น ผู้สอนมอบอิสระให้ผู้เรียนเป็นผู้สำรวจและควบคุมกระบวนการสำรวจด้วยตนเอง (Torpe & Sage, 1998, pp. 64-65) ได้แก่ ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ผู้เรียนรับรู้สถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ตั้งคำถามและระบุประเด็นที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เสนอแนวทางการค้นหาคำตอบ ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนต้องวางแผนการทำงาน กำหนดเป้าหมายการทำงานของกลุ่ม ตั้งประเด็นการเรียนรู้ ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนต้องสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองให้น่าเชื่อถือจากรวบรวมข้อมูลและนำความรู้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม สังเคราะห์ความรู้และตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล ทั้งต้องทำการอภิปรายสรุปผลจากวิธีการแก้ปัญหาว่าสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากน้อยเพียงใด ขั้นที่ 5 สรุปเป็นหลักการและประเมินค่า ผู้เรียนต้องใช้ทักษะกระบวนการคิด และแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล เลือกวิธีการ และรูปแบบการนำเสนอผลงานด้วยตนเอง ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำเสนอผลการปฏิบัติงานต่อครูและเพื่อน และประเมินผลงานร่วมกับกลุ่มเพื่อน กิจกรรมในคำถามสุดท้ายจึงเปรียบเสมือนเส้นชัยที่รอให้นักเรียนใช้ความต้องการภายในใจในการค้นคว้าความรู้เพื่อตอบคำถามย่อย ๆ ที่เปรียบเสมือนขั้นบันไดให้นักเรียนเดินไปถึงเส้นชัยได้ จะเห็นได้ว่า บทบาทของผู้สอนมีหน้าที่หลักในการอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้รวมถึงการควบคุมชั้นเรียน ในขณะที่

ผู้เรียนมีหน้าที่สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการค้นคว้าและวิเคราะห์เพื่อตอบปัญหา สนับสนุนแนวคิดที่ว่า การเรียนรู้ด้วยตนเองส่งผลให้เกิดการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พร้อมกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ

จากการเลือกใช้สถานการณ์ปัญหา การใช้คำถามวิเคราะห์ และบทบาทระหว่างผู้สอน และผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดย ใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ ดังผลการวิจัยของ สุรีย์วัลย์ พันธระ และสุมาลี ชูกำแพง (2561, นน. 196-206) ที่ศึกษาผลการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ต่อการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ ออโลซโค และยางโค (Orozco & Yangco, 2016) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการคิด อย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น และผลการวิจัยของ ลูกิตาซาลิ เพอร์ณามาซาลิ และซุกกรี (Lukitasari, Purnamasari, & Sukri, 2019) นักศึกษาภาควิชาชีววิทยาศึกษามีการคิดอย่างมีวิจารณญาณดีขึ้น หลังผ่านการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Blended Problem-Based Learning: Blended-PBL) ทั้งยังมีงานวิจัยที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาการคิด อย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังงานวิจัยของ วิภาณีย์ จิรธรรักษ์ (2554) และแอนาซิฟา (Anazifa, 2016) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับ ผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็น ฐานมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ผลการวิจัยพบนักเรียนที่เรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงขึ้น ซึ่งลักษณะสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะต้องนำไปสู่ การค้นคว้าความรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงเสนอว่า สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้จะต้อง สอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรการศึกษา และเมื่อนักเรียนได้ค้นคว้าความรู้

แล้ว จะต้องสามารถทำความเข้าใจได้ภายในระยะเวลาที่ครูผู้สอนได้กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ หรือมีความยาก-ง่ายเหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของผู้เรียน โดยสถานการณ์ปัญหานั้นอาจเป็นสถานการณ์จริงหรือครูผู้สอนสามารถสร้างสถานการณ์ปัญหาที่อาจมีความเป็นไปได้ขึ้นมาอย่างเหมาะสม ปัญหาอาจมีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบที่หลายหลาย หรือเนื้อหาที่มีความหลากหลาย

3.1.2 ด้วยประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยและธรรมชาติของนักเรียน จากกระบวนการจัดเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในงานวิจัยนี้ ครูผู้สอนได้ออกแบบคำถามให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ ส่งผลให้ครูสามารถกำกับ/ควบคุมเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ โดยลักษณะคำถามที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะต้องเป็นคำถามวิเคราะห์ และคำถามจะต้องมีความต่อเนื่องไปสู่การประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และความรู้ นำมาอธิบายเพื่อตอบปัญหาได้ โดยคำถามปลายทางจะต้องถามในเชิงการประยุกต์ใช้ความรู้และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับความรู้ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับสถานการณ์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรืออาจถามเป็นการประยุกต์ใช้ทั้งหมด ผู้วิจัยจึงเสนอว่า หากจะนำวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ ควรคำนึงถึงการออกแบบคำถามวิเคราะห์ในขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพราะคำถามที่ดีและมีลำดับขั้นตอนจะสามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ดีและฝึกฝนการคิดอย่างมีวิจารณญาณภายในระยะเวลาอันจำกัด

3.1.3 กระบวนการจัดเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน บทบาทของครูผู้สอนมีความสำคัญมากต่อการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน การกระตุ้นให้นักเรียนฝึกฝนการคิด และการทำความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติจริง รวมทั้งทำให้กิจกรรมมีความต่อเนื่องและเป็นไปตามแผนที่วางไว้ ดังนั้น ครูผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจบทบาทระหว่างผู้สอนและผู้เรียน รวมถึงการปฏิบัติตนให้ชัดเจนตามบทบาทและสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการค้นคว้าด้วยตนเองอย่างแท้จริง นอกจากนี้ เมื่อครูพบพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่แสดงออกถึงความเคยชินกับการเรียนรู้ที่ได้รับความรู้จากผู้สอนโดยตรง ครูจะต้องอดทนไม่ให้คำตอบโดยตรง แต่จะต้องสื่อสารให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเอง ทำเช่นนี้ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พร้อมทั้งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ดีขึ้นได้ แต่ด้วยธรรมชาติของบุคคลและความต้องการของผู้เรียนที่แตกต่างกัน รวมถึงเนื้อหาความรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่หลากหลาย จึงควรศึกษาการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่นเพิ่มเติมเพื่อตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แตกต่างกัน และเหมาะสมต่อเนื้อหาความรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้อื่น ๆ ผู้วิจัยจึงเสนอให้ศึกษาการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่นที่

อาจส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการเรียนรู้ผ่านความร่วมมือกัน (Cooperation) ที่จะสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project based learning)

3.2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะที่กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ค้นคว้าความรู้และนำมาอธิบายเพื่อตอบปัญหา ส่งผลให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น รวมถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณทุกด้านที่สูงขึ้น ทั้งด้านการสรุปอ้างอิง การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้ง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงอาจพัฒนาความสามารถด้านอื่นๆ ได้ด้วย จึงควรศึกษาความสามารถด้านอื่นเพิ่มเติม โดยเฉพาะความสามารถที่เป็นผล มาจากการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเป็นความสามารถที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการคิดขั้นสูง ผู้วิจัยจึงเสนอให้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อการคิดแก้ปัญหาคับซ้อน (Complex problem solving) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงสุด และการคิดสร้างสรรค์ (Creative) เป็นการนำความรู้และประสบการณ์ที่มีมาประยุกต์ และสร้างสิ่งใหม่หรือใช้แนวทางใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา

3.2.3 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ แต่อาจได้ผลที่แตกต่างกันหรือเหมือนกันกับนักเรียนที่มีช่วงวัยหรือบริบทแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อเป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของผู้เรียนที่มีช่วงวัยหรือบริบทแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการขยายผลการศึกษานี้ไปสู่ผู้เรียนในช่วงวัยที่แตกต่างกัน เช่น ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับอุดมศึกษา หรืออาจศึกษากับผู้เรียนที่มีบริบทแตกต่างกัน เช่น นักเรียนแผนการเรียนอาชีพศึกษา

3.2.4 ผลการวิจัยอธิบายได้ว่าจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ แต่ไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ อาจมีความเป็นไปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงช่วยส่งเสริมให้การคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สูงช่วยส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย.
- กรมวิชาการ. (2540). *แนวทางการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- กิ่งฟ้า สีนธวัช, และสุจินต์ ศิวธีรานนท์. (2557). พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอน
วิทยาศาสตร์: หลักการทางจิตวิทยาเกี่ยวกับลักษณะของวิชา. ใน *เอกสารการสอนชุด
วิชา สาระตะกั่ว วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) หน่วยที่ 6-
10 (พิมพ์ครั้งที่ 3), หน่วยที่ 6, 11-60*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- กัญญา ลินทรต้นศิริกุล. (2557). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ: การตรวจสอบคุณภาพ
เครื่องมือ. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชา การวิจัยหลักสูตร และการเรียนการสอน หน่วยที่
8-11 (พิมพ์ครั้งที่ 5), หน่วยที่ 9, 46-81*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- กัญญาวีร์ ชายเรียน, สุริศักดิ์ ประสานพันธ์, และวาริรัตน์ แก้วอุไร (2559). การพัฒนารูปแบบการ
เรียนการสอนวิชาชีววิทยาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อ
เสริมสร้างความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.
วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 5(2), 18-32. สืบค้นจาก <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JLPRU/article/view/66425/58993>.
- เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม. (2552). การเรียนรู้ด้วยการนำตนเองบนเครือข่าย. *วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 32(1), 6-13. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDKKUJ/article/view/49852>.
- คำแปล บุ่งอุทุม. (2555). *การพัฒนาผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักร 7 ชั้น
(วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์)*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,
มหาสารคาม.

- จิตธนา พาสิงห์สี, จีระพรรณ สุขศรีงาม, มยุรี ภารการ, และไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2556) การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนผสมผสานกับรูปแบบการเรียนปกติที่มีผลต่อความสามารถในการโต้แย้ง และการคิดวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย*, 8(26), 47-60. สืบค้นจาก <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/researchjournal-lru/article/view/100883>.
- ณัฐภูมิ จันละมุด. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโมเดลชิปปา และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2551). การสอนแบบบูรณาการโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. ใน *ประมวลชุดวิชาวิทยาการการเรียนรู้*. ตอนที่ 144 หน่วยที่ 14. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- ทิตนา แคมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ทิตนา แคมมณี. (2556). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 17). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ ฐูปพรม, และปรีชาญ เดชศรี. (2527). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 12*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2557). การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ: สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชา การวิจัยหลักสูตร และการเรียนการสอน หน่วยที่ 8-11* (พิมพ์ครั้งที่ 5), หน่วยที่ 10, 105-166. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- นวลจิตต์ เขวกีร์ติพงศ์. (2556). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 2: การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชา สาระตะถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) หน่วยที่ 6-10* (พิมพ์ครั้งที่ 3), หน่วยที่ 9, 42-43. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิค ฟรินดิง.
- ประวีตร ชูศิลป์. (2524). *หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่*. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ กรมการฝึกหัดครู.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2538). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2540). *การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2550). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: แฮสส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- เพ็ญศิริ สุภารัตน. (2555). *การสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ไพศาล สุวรรณน้อย. (2558). *เอกสารประกอบการบรรยายโครงการพัฒนาการเรียนการสอน: การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL)*. ขอนแก่น: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก <https://ph.kku.ac.th/thai/images/file/km/pbl-he-58-1.pdf>.
- ภาพ เลหาไฟบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- มูลนิธิสยามกัมมาจล (บ.ก.). (2561). *21st Century skills: 10 ทักษะมนุษย์ต้องมี และ AI ก็ทำไม่ได้ในปี 2020*. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2563, จาก <https://thepotential.org/knowledge/ten-skills-in-2020/>
- รังสรรค์ ทองสุกนอก. (2547). *ชุดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้ (Problem-Based Learning) เรื่องทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- รุสตา จะปะเกีย. (2558). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.
- ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- วรวรรณ พันธุ์ปรีดา, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, ปราโมทย์ ชำนาญปิ่น, และสุรเดช ศรีทา. (2560). ฉันทนาการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการลงมือปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://www.lib.ku.ac.th/KU/2561/KC5508005.pdf>.
- วิภาณีย์ จิรธรรักษ์. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวก 6 ใบ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. สมุทรปราการ: เนว่าเอ็ดดูเคชั่น.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). แบบทดสอบมาตรฐานเพื่อวัดความสามารถในการคิดจากต่างประเทศ. ใน *วิทยาการด้านการคิด*. 180-192. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สืบค้นจาก <http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualScience-P.pdf>.
- _____. (2547). *คู่มือการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กระทรวงศึกษาธิการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- _____. (2551). เกี่ยวกับ PISA. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/>
- _____. (2556). ทักษะในศตวรรษที่ 21, คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. สืบค้นจาก <http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualBioM4-6.pdf>.
- _____. (2561ก). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กระทรวงศึกษาธิการ. สืบค้นจาก <http://www.scimath.org/e-books/8415/flippingbook/2/index.html#zoom=z>.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561ข). ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, พิมพ์เผยแพร่ 295 หน้า, ISBN 9786163627179. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/>
- _____. (2563). *ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy/>.
- สุคนธา โคตรโสภกา, ปัทมาวดี ปาสาจะ, และภูวดล โกมณเทียร. (2559). การเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนประเด็นปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐาน และวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่างกัน. *วารสารช่อพยอม*, 27(2), 113-126.
- สุพิตรี อินนะ. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา การคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์)*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- สุรียนต์ อินทร์อุดม. (ม.ป.ป.). *การหาคุณภาพของเครื่องมือ (ฉบับย่อ)*. สืบค้นจาก http://www.mrcud2.com/news_file/p38796781434.pdf.
- สุรียวัลย์ พันธุระ, และสุมาลี ชุกำแพง. (2561). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น* 12(3), 196-206. สืบค้นจาก https://edu.msu.ac.th/journal/home/journal_file/488.pdf.
- สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์ (2561). วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ. *ศรีประทุมปริทัศน์* (9): 21-33. สืบค้นจาก http://sripatum-review.spu.ac.th/doc/51_19-09-2018_16-29-43.pdf.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). *การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด: ต้นแบบการเรียนรู้ทางด้านหลักทฤษฎี และแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: โครงการพัฒนาการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์*. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สมคิด พรหมจ้อย. (2560). การสร้างและตรวจสอบเครื่องคุณภาพเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการและการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชา สื่อ นวัตกรรม และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 11-15*. หน่วยที่ 13, 1-90. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- สุทธิดา จำรัส. (2557). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะ. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชา สารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) หน่วยที่ 6-10*. (พิมพ์ครั้งที่ 3), หน่วยที่ 8, 5-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- _____. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- _____. (2551). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมนึก ภัททิยธนี, จุฑาทิพย์ ชาตีสวรรณ์, และวิภาดา คำดี. (2559). *การสร้างแบบทดสอบการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. มหาสารคาม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. สืบค้นจาก https://edu.msu.ac.th/jem/home/journal_file/121.pdf.
- ไสว พักขาว. (2558). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills)*. สืบค้นจาก <http://web.chandra.ac.th/blog/wp-content/uploads/2015/10/>.
- ศูนย์บริการออนไลน์ด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้. (ม.ป.ป.). *แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. นครปฐม: โรงเรียนมหิตลิวทยาอนุสรณ์. สืบค้นจาก <http://www.mwit.ac.th/~chem/Inquiry/files/06-61E.pdf>.
- อานุกาพ เลชะกุล. (2548). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)*. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นจาก http://teachingresources.psu.ac.th/document/2548/Le_Kha_Kun/PBL.pdf.
- ออแก้ว เตือนอุประ. (2555). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม้ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- อุไรวรรณ ไชยช่วย, และประยุทธ์ ศรีวิไล. (2558). การเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์จากการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบผสมผสานตามวิธีวิทยาศาสตร์ และวิธีปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้ต่างกัน. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, 5(1), 55-69.
- อัมพวา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.
- Anazifa, R. D. (2016). The Effect of Problem- Based Learning on Critical Thinking Skills and Student Achievement. In *Proceeding of 3rd International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences (ICRIEMS)*, Yogyakarta, 16–17 May 2016, 43-48, ISBN 978-602-74529-0-9.
- Bloom, B. S. (Ed.). Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., and Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Craig, G. (1966). *Science for the Elementary Teacher*. Massachusetts: Blaisdell Publish.
- Decaroli, J. (1973). What Research Say to the Classroom Teacher: Critical Thinking, *Social education*. 37(1): 67-69.
- Dewey, J. (1993). *How to Think*. Boston, D. C. Heath and Company.
- Dressel, P. L., and Mayhew, L. B. (1957). *General Education: Explorations in Evaluation* (2nded). Washington, D. C.: American Council on Education.
- Duch, B. (2000). Problem-based learning in physics: The power of students teaching student. *About teaching*, 47, 6-7.
- Ennis. R. H. (1985). *A Concept of Critical Thinking: A Proposed for Research in Teaching and Education*. Rand Mannally and Company.
- _____. (1985). A logical Basic for Measuring Critical Thinking Skill. *Educational Leadership*. 43, 45-48.

- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. Retrieved from http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking_517_11_000.pdf
- Ennis, R. H., and Millman, J. (1985). *Cornell critical thinking test, level Z*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.
- Facione, P. (1990). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction*. The California Academic Press: California State University, Fullerton.
- _____. (2015). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Insight Assessment. Measured Reasons LLC, Hermosa Beach, CA.
- Fischer, G. and Scharff, E. (1998). Learning technologies in support of self-directed learning. *Journal of Interactive Media in Education*. 98(4), 1-32.
- Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. 3rded. New York: Mc Graw – Hill.
- Harnadek, A. (1989). *Critical Thinking: Book One*. California: Midwest Publications.
- Hilgard, E. R. (1962). *Introduction to Psychology*. New York: Harcourt Brace and World.
- Hudgins, B. B. (1977). *Learning and Thinking*. Illinois: P.E. Peacock Publishers.
- Kneedler, P.E. (1985). *Assessment of Critical Thinking Skills in History-Social Science*. Sacramento, CA: California State Department of Education.
- Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of Learning in Science. Handbook on formative and Summative Evaluation of Student Learning*. Edit by B. S. Bloom, et al. New York: McGraw Hill.
- Lin, S. S., and Mintzes, J. J. (2010). Learning Argumentation Skills through Instruction in Socioscientific Issues. The Effect of Ability. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993-1017, ISSN: ISSN-1571-0068. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/225595471_Learning_Argumentation_Skills_Through_Instruction_In_Socioscientific_Issues_The_Effect_Of_Ability_Level.
- Lukitasari, M., Purnamasari, I., Utami, S., and Sukri, A. (2019). Blended-Problem-Based Learning: How its impact on students' critical thinking skills?. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5(3): 425-434.

- Inch, E. S., Warnick, B. H., and Endres, D. (2006). *Critical Thinking and Communication: The Use of Reason in Argument*. 5thed. Boston, Mass.: Pearson/Allyn & Bacon.
- Mehrens, W. A., and Lehmann, I. J. (1984). *Measurement and Evaluation in Education and Psychology*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Muhlisin, A., Susilo, H., Amin, M., and Rohman, F. (2016). Improving critical thinking skills of college students through RMS model for learning basic concepts in science. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 17(1).
- Schmidt, H. G., Arend, A., Moust, J. H., Kokx, I., and Boon, L. (1993). Influence of tutors' subject-matter expertise on student effort and achievement in problem-based learning. *Academic Medicine*, 68(10), 784-791.
- Gutierrez, S. B. (2015). Integrating Socio-Scientific Issues to Enhance the Bioethical Decision-Making Skills of High School Students. *International Education Studies*, 8(1), 142-151. Canadian Center of Science and Education.
- Orozco, J. A., and Yangco, R. T. (2016). Problem-Based Learning: Effects on Critical and Creative Thinking Skills in Biology. *Asian Journal of Biology Education*, 9 (2016): 2-10. Retrieved from <http://www.aabe.sakura.ne.jp/Journal/Papers/Vol9/02%20Orozco.pdf>.
- Quellmalz, Edys S. (1985). Needed: Better Method for Testing Higher-Order Thinking Skill. *Education Leadership*, 43(2), 29-35.
- Torp, L., and Sage, S. (1998). *Problem as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Walsh, K. (2013). *Medical Education*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Watson, G., and Glaser, E. M. (1964). *Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. New York: Harcourt Brace and Word.
- _____. (1980). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual: Form YM and ZM*. New York: Harcourt Brace Jovanoich.
- Wiersma, W., and Jurs, S. G. (1990). *Educational measurement and testing*. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Woolfolk, A. E. (1987). *Education Psychology (3rd Edition)*. New Jersey: Prentice-Hall.

- Zane, T. (2013). *Implementing Critical Thinking with Signature Assignments*. Salt Lake Community College, Spring.
- Zeidler, D. L., and Nichols, B. H., (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ849716.pdf>.
- Zubaidah, S., Corebima, A. D., and Mistianah, M. (2015). Asesmen berpikir kritis terintegrasi tes essay. In *Symbion: Symposium on Biology Education*, 200–213), ISBN: 978-602-72412-0-6. Jogjakarta: Universitas Ahmad Dahlan. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/0B4keDkb86kWpd0xRTjFLYVBjcEE/view>.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัย

สกลนครราชภัฏ

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือ เพื่อทำปริญญานิพนธ์
ด้านต่าง ๆ ดังนี้

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ:

1. นายพิชญ์ สอนจรรยา วิทยฐานะครู ชำนาญการพิเศษ
สอนวิชา เคมี, โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ
โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการศึกษา)
หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต (เคมี)
2. นางวิภาณีย์ จิรธรรักษ์ดี วิทยฐานะครู ชำนาญการ
สอนวิชา ชีววิทยา
โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต (การมัธยมศึกษา-การสอนวิทยาศาสตร์)
ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพรู (การมัธยมศึกษา-การ
สอนวิทยาศาสตร์)
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา)
3. นางสาวศศิวิมล เกลียวทอง วิทยฐานะครู ชำนาญการ
สอนวิชา ชีววิทยา
โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)
การศึกษาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา)

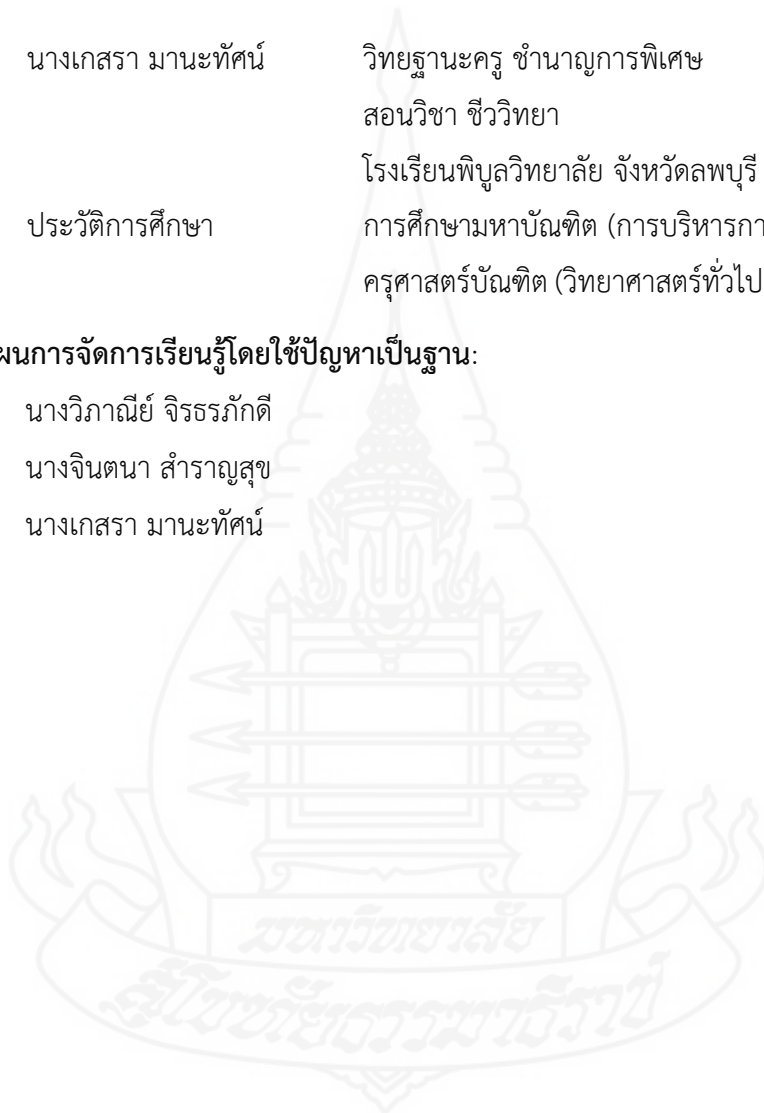
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมและวิวัฒนาการ:

1. นางจินตนา สำราญสุข วิทยฐานะครู ชำนาญการพิเศษ
สอนวิชา ชีววิทยา
โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา การศึกษาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)

2. นางสาวปาริชาติ แก่นสำโรง วิทยฐานะครู ชำนาญการพิเศษ
สอนวิชา ชีววิทยา
โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)
ครุศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)
3. นางเกสรมา มานะทัศน์ วิทยฐานะครู ชำนาญการพิเศษ
สอนวิชา ชีววิทยา
โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต (การบริหารการศึกษา)
ครุศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน:

1. นางวิภาณีย์ จิรธรรักษ์ดี
2. นางจินตนา สำราญสุข
3. นางเกสรมา มานะทัศน์



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน



แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

รายวิชา วิทยาศาสตร์ชีวภาพ รหัส ว ๓๐๑๐๑ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๒
เวลาเรียน ๖ ชั่วโมง จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

๑. ชื่อหน่วยการเรียนรู้ พันธุกรรมและวิวัฒนาการ
เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

๒. สาระสำคัญ

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเกิดผ่านยีนซึ่งเป็นช่วงของ DNA ที่อยู่บนโครโมโซม โดยลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนกำหนดลักษณะโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้น แอลลีลรูปแบบต่างกันจะมีลำดับนิวคลีโอไทด์ต่างกัน ทำให้ได้โปรตีนที่มีสมบัติต่างกัน

๓. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๔. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

ว ๑.๓ ม.๔-๖/๒. อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล

๕. จุดประสงค์การเรียนรู้

๕.๑ อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในกรณีของมัลติเปิลแอลลีล และยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ ซึ่งเป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

๖. สาระการเรียนรู้แกนกลาง

๖.๑ ลักษณะบางลักษณะมีโอกาสพบในเพศชายและเพศหญิงไม่เท่ากัน เช่น ตาบอดสี และฮีโมฟีเลีย ซึ่งควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศบางลักษณะมีการควบคุมโดยยีนแบบมัลติเปิลแอลลีล เช่น หมู่เลือดระบบ ABO ซึ่งการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมดังกล่าวจัดเป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

๗. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร : การอธิบาย
- ความสามารถในการคิด : การวิเคราะห์ผลของการถ่ายทอดทางพันธุกรรม
- ความสามารถในการแก้ปัญหา : การนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต : การอภิปรายร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม

๘. คุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช ๒๕๖๐)

- รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ อยู่อย่างพอเพียง ซื่อสัตย์ สุจริต มุ่งมั่นในการทำงาน
 มีวินัย รักความเป็นไทย ใฝ่เรียนรู้ มีจิตสาธารณะ

๙. ชิ้นงาน/ภาระงาน

- กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
- ใบกิจกรรมที่ ๔.๑ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์
- ใบงานที่ ๔.๒ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

๑๐. การวัดและประเมินผล

เป้าหมาย	หลักฐาน	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ตัวชี้วัดชั้นปี - อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล	- การปฏิบัติกิจกรรมที่ ๔.๑ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์ - การตอบคำถามในใบงานที่ ๔.๒ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - ผลการทดสอบจากแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๓	- กิจกรรมที่ ๔.๑ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์ - ใบงานที่ ๔.๒ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๓	- การปฏิบัติกิจกรรม - ตอบคำถามโดยสามารถอธิบายได้ - ทำแบบทดสอบได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ ๖๐
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ - มีวินัย - ตรงต่อเวลา - ใฝ่เรียนรู้	- การเข้าชั้นเรียน	- ความตรงต่อเวลาและจำนวนครั้งที่เข้าเรียน	- การเข้าชั้นเรียนสายไม่เกิน ๑๕ นาที และจำนวนครั้งที่เข้าเรียนมากกว่าร้อยละ ๘๐

เป้าหมาย	หลักฐาน	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
<ul style="list-style-type: none"> - มุ่งมั่นในการทำงาน - ส่งงานตรงต่อเวลา 	<ul style="list-style-type: none"> - การตอบคำถามในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - การปฏิบัติกิจกรรมที่ ๔.๑ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์ 	<ul style="list-style-type: none"> - กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม - กิจกรรมที่ ๔.๑ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามโดยสามารถอธิบายได้ - การปฏิบัติกิจกรรม
สมรรถนะ <ul style="list-style-type: none"> - ความสามารถในการสื่อสาร - มีวินัย - ความสามารถในการคิด 	<ul style="list-style-type: none"> - เอกสารการประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - การผ่านและไม่ผ่าน ในการผ่าน กำหนดเกณฑ์การตัดสินเป็นดีเยี่ยมและดี

๑๑. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ ๑ ขั้นกำหนดปัญหา

๑. แบ่งนักเรียนออกเป็น ๘ กลุ่ม กลุ่มละ ๔-๕ คน

๒. ครูเสนอสถานการณ์และประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และยีนบนโครโมโซมเพศ ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ให้แก่นักเรียนแต่ละกลุ่มจาก ๔ สถานการณ์ ดังนี้

สถานการณ์ที่ ๑: การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และยีนโรคฮีโมฟีเลีย (Hemophilia)

สามีภรรยาคนหนึ่งได้ไปตรวจสุขภาพก่อนมีบุตร โดยแพทย์ได้พบความเสี่ยงของโรคพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ X ของฝ่ายหญิง ๑ โครโมโซม ที่มียีนโรคฮีโมฟีเลีย (Hemophilia) ซึ่งเมื่อตรวจสอบประวัติของฝ่ายหญิง พบว่าแม่ของฝ่ายหญิงเป็นโรคฮีโมฟีเลีย ส่วนฝ่ายชายไม่พบความเสี่ยงโรคทางพันธุกรรมใด ๆ นอกจากนี้แพทย์ยังตรวจหมู่เลือดของทั้ง ๒ พบว่า ฝ่ายหญิงมีหมู่เลือด A ส่วนชายมีหมู่เลือด AB ต่อมาทั้งคู่มีลูกด้วยกันคนแรกเป็นลูกสาว และมีหมู่เลือด O

ประเด็นปัญหาสถานการณ์ที่ ๑

- (๑) ลูกของสามีภรรยาคู่นี้จะมีโอกาสเป็นหมู่เลือดใด
- (๒) ลูกของสามีภรรยาคู่นี้จะมีโอกาสเป็นโรคฮีโมฟีเลีย (Hemophilia) หรือไม่ อย่างไร

สถานการณ์ที่ ๒: การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และยีนตาบอดสี (Color blindness)

คู่รักคู่หนึ่งได้ไปตรวจสุขภาพก่อนแต่งงาน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการมีบุตรหลังแต่งงาน ผลการตรวจพบว่า ฝ่ายชายมีหมู่เลือด O ส่วนฝ่ายหญิงมีหมู่เลือด AB และพบความเสี่ยงโรคทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ X ของฝ่ายหญิง ๑ โครโมโซม ที่มียีนตาบอดสี (Color blindness) เมื่อสืบประวัติครอบครัวของฝ่ายหญิง พบว่าพ่อของฝ่ายหญิงมีอาการตาบอดสี ส่วนฝ่ายชายไม่พบยีนที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงของโรคทางพันธุกรรม ต่อมาเมื่อทั้งคู่ได้เข้าพิธีแต่งงาน และมีลูกชายด้วยกัน ๑ คน ลูกชายทั้งคู่มีหมู่เลือด AB

ประเด็นปัญหาสถานการณ์ที่ ๒

- (๑) เมื่อคู่รักนี้มีลูก ลูกของพวกเขาจะมีโอกาสเป็นหมู่เลือดใด
- (๒) ลูกของคู่รักนี้จะมีโอกาสเป็นตาบอดสีหรือไม่ อย่างไร

สถานการณ์ที่ ๓: การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และยีนโรคขนหยาบ (Hypertrichosis)

ชายหนุ่มคนหนึ่งเป็นโรคขนหยาบ (Hypertrichosis) ได้วางแผนแต่งงานกับหญิงสาวคนหนึ่ง โดยทั้งคู่ได้เข้ารับบริการตรวจสุขภาพก่อนแต่งงาน พบว่า ฝ่ายชายมีหมู่เลือด AB ส่วนฝ่ายหญิงมีหมู่เลือด B และผลการตรวจวิเคราะห์ทางการแพทย์ยืนยันได้ว่า ฝ่ายชายมีลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ X ของเขา เป็นยีนโรคขนหยาบ โดยประวัติครอบครัวของฝ่ายชายก็ถูกตรวจพบโรคขนหยาบในแม่ของฝ่ายชาย ต่อมาเมื่อทั้งคู่ได้เข้าพิธีแต่งงาน และมีลูกด้วยกัน ๑ คน ลูกของทั้งคู่มีหมู่เลือด O

ประเด็นปัญหาสถานการณ์ที่ ๓

- (๑) เมื่อหนุ่มสาวคู่นี้มีลูก ลูกของพวกเขาจะมีโอกาสเป็นหมู่เลือดใด
- (๒) ลูกของหนุ่มสาวคู่นี้จะมีโอกาสเป็นโรคขนหยาบหรือไม่ อย่างไร

สถานการณ์ที่ ๔: การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และลักษณะการมีขนที่ใบหูส่วนล่าง (Hair ears)

ชายคนหนึ่งมีขนที่ใบหูส่วนล่าง (Hair ears) แต่งานกับหญิงสาว ได้ตรวจสุขภาพก่อนมีบุตร พบว่า ฝ่ายชายมีหมู่เลือด B ส่วนฝ่ายหญิงมีหมู่เลือด B และผลการตรวจวิเคราะห์ทางการแพทย์ยืนยันได้ว่า ฝ่ายชายมีลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ Y จึงทำให้เขามีขนที่ใบหูส่วนล่าง ในขณะที่เมื่อมีการตรวจสอบประวัติของครอบครัวฝ่ายชายพบว่า พ่อของฝ่ายชายก็มีขนที่ใบหูส่วนล่างเช่นเดียวกัน ต่อมาทั้งคู่มีลูกด้วยกันคนแรกเป็นหมู่เลือด AB

ประเด็นปัญหาสถานการณ์ที่ ๔

- (๑) เมื่อหนุ่มสาวคู่นี้มีลูก ลูกของพวกเขาจะมีโอกาสเป็นหมู่เลือดใด
- (๒) ลูกของหนุ่มสาวคู่นี้จะมีโอกาสเกิดลักษณะมีขนที่ใบหูส่วนล่างหรือไม่ อย่างไร

ขั้นที่ ๒ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

๑. ให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา โดยการให้นักเรียนระบุว่า ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำเป็นต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้าง มีขั้นตอนการดำเนินการศึกษาอย่างไร

๒. ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอเรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา โดยให้นักเรียนและครูร่วมกันเติมเต็มหัวข้อเรื่องที่ต้องไปศึกษา และเขียนตอบลงในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ในประเด็นหลัก ดังนี้

- (๑) ความแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic variation) มีกี่ประเภท อะไรบ้าง
- (๒) การถ่ายทอดยีนเด่น-ยีนด้อย ของเมนเดล เป็นอย่างไร
- (๓) ความหมายของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์
- (๔) มัลติเปิล แอลลีล (Multiple alleles) คืออะไร
- (๕) ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดบนโครโมโซมเพศ (Sex-linked inheritance)

ขั้นที่ ๓ ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า

๑. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการศึกษาตามประเด็นปัญหา การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และยีนบนโครโมโซมเพศ จากการรับชม สื่อวีดิทัศน์ เรื่อง

- ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก วิทยาศาสตร์ ม.4-6 (ชีววิทยา)
- กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ วิทยาศาสตร์ ม.4-6 (ชีววิทยา)
- การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
- วิชชีววิทยา - การแสดงออกของยีนแบบ Complete dominant, Incomplete dominant และ Codominant

- มัลติเปิล แอลลีล วิทยาศาสตร์ ม.4-6 (ชีววิทยา)

และการอ่านใบความรู้ ดังนี้

- ใบความรู้ที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
- ใบความรู้ที่ ๔ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ
- ใบความรู้ที่ ๕ เรื่อง พันธุประวัติ

๒. เขียนความรู้ที่ตนเองศึกษาลงในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

(๑) การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และลักษณะที่เกิดจากยีนบนโครโมโซมเพศ เป็นความแปรผันทางพันธุกรรมแบบใด เพราะเหตุใด

(๒) ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศของพ่อและแม่ สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้หรือไม่ อย่างไร

(๓) ในเพศหญิงและเพศชาย มีการแสดงลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(๔) เพราะเหตุใดลักษณะทางพันธุกรรมบางประการจึงไม่ปรากฏในรุ่นลูก แต่กลับไปปรากฏในรุ่นลูกของลูก (หลาน)

ขั้นที่ ๔ ขั้นสังเคราะห์ความรู้

๑. หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ศึกษาเรื่อง ประเด็นปัญหา การถ่ายทอดระบบหมู่เลือด ABO และยีนบนโครโมโซมเพศ ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม เพื่อตอบประเด็นปัญหาที่ตนเองศึกษา และร่วมกันตรวจสอบความรู้ที่ได้มา มีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาแล้วหรือไม่ ถ้าข้อมูลยังไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

๒. นักเรียนบันทึกข้อมูลและผลการดำเนินการศึกษาค้นคว้าของกลุ่มลงในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

(๑) ความแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic variation) แบ่งได้กี่ประเภท อะไรบ้าง แต่ละประเภทแตกต่างกันอย่างไร

(๒) การไขว้เปลี่ยนของโครโมโซม หรือ crossing over ส่งผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

(๓) ลักษณะของยีนประกอบด้วย ยีนเด่นและยีนด้อย สามารถควบคุมการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร

(๔) จีโนไทป์ และฟีโนไทป์ คืออะไร

(๕) มัลติเปิล แอลลีล (Multiple alleles) แตกต่างจากลักษณะทางพันธุกรรมที่เมลเดล ศึกษาอย่างไร

(๖) จากประเด็นปัญหาในแต่ละครอบครัวที่วางแผนมีบุตร จะมีโอกาสให้กำเนิดลูกที่มีหมู่เลือดใด พร้อมทั้งอธิบายถึงจีโนไทป์และฟีโนไทป์

(๗) จากประเด็นปัญหาในแต่ละครอบครัวที่วางแผนมีบุตร ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดบนโครโมโซมเพศ (Sex-linked inheritance) มีโอกาสที่จะถ่ายทอดไปสู่เพศชายและเพศหญิงแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร พร้อมทั้งอธิบายถึงจีโนไทป์และฟีโนไทป์

ขั้นที่ ๕ ขั้นสรุปเป็นหลักการและประเมินค่าของคำตอบ

๑. นักเรียนประเมินผลการศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ใหม่ ประเมินประสิทธิภาพ คุณภาพการปฏิบัติงานกลุ่ม ประเมินกลุ่มเพื่อนที่ได้ประเด็นปัญหาเช่นเดียวกัน ทั้งด้านความรู้และกระบวนการกลุ่ม ความพึงพอใจ

๒. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ของประเด็นปัญหา และออกแบบรูปแบบการนำเสนอผลงานที่น่าสนใจ

๓. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมที่ ๔.๑ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์

อภิปรายข้อมูลในข่าว (กิจกรรมที่ ๔.๑) ควรกล่าวถึง การที่พ่อและแม่มีเลือดหมู่ A ว่าจีโนไทป์ที่เป็นไปได้ของพ่อและแม่ คือ $I^A I^A$ หรือ $I^A i$ แต่การที่ลูกมีเลือดหมู่ AB แสดงว่าลูกมีจีโนไทป์เป็น $I^A I^B$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เพราะพ่อและแม่ไม่มีแอลลีล I^B เลย ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสนับสนุนว่าคลินิกดำเนินการผิดพลาด

ขั้นที่ ๖ ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน

๑. นักเรียนนำเสนอผลการปฏิบัติงานต่อครู และเพื่อน ในชั้นเรียน
๒. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันประเมินผลงานของกลุ่มตนเองและของกลุ่มเพื่อนที่ประเด็นแตกต่างกัน
๓. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทที่ ๔ ข้อที่ ๑ และข้อที่ ๒

๑. ในครอบครัวหนึ่ง พ่อมีเลือดหมู่ A แม่มีเลือดหมู่ B และลูกคนแรกเป็นหญิงหมู่เลือดหมู่ AB

๑.๑. ถ้าสามีภรรยามีลูกคนที่ ๒ เป็นหมู่เลือด O ลูกคนที่ ๓ มีโอกาสมีเลือดหมู่ใดได้บ้าง

จีโนไทป์ที่เป็นไปได้ของพ่อ คือ $I^A I^A$ หรือ $I^A i$ จีโนไทป์ที่เป็นไปได้ของแม่ คือ $I^B I^B$ หรือ $I^B i$ โดยการที่ลูกคนแรกมีเลือดหมู่ AB นั้น ข้อมูลยังไม่เพียงพอที่จะสรุปจีโนไทป์ของพ่อและแม่ได้ แต่หากสามีภรรยา มีลูกคนที่สองเป็นหมู่เลือด O ลูกจะมีโอกาสมีเลือดหมู่ A B AB หรือ O ดังแสดงในตารางกรณีที่ ๔

กรณีที่เป็นไปได้	จีโนไทป์ของพ่อ	จีโนไทป์ของแม่	เลือดหมู่ที่เป็นไปได้ในลูก
1.	$I^A I^A$	$I^B I^B$	เลือดหมู่ AB (จีโนไทป์ $I^A I^B$)
2.	$I^A I^A$	$I^B i$	เลือดหมู่ AB (จีโนไทป์ $I^A I^B$) หรือ เลือดหมู่ A (จีโนไทป์ $I^A i$)
3.	$I^A i$	$I^B I^B$	เลือดหมู่ AB (จีโนไทป์ $I^A I^B$) หรือ เลือดหมู่ B (จีโนไทป์ $I^B i$)
4.	$I^A i$	$I^B i$	เลือดหมู่ AB (จีโนไทป์ $I^A I^B$) หรือ เลือดหมู่ A (จีโนไทป์ $I^A i$) หรือ เลือดหมู่ B (จีโนไทป์ $I^B i$) หรือ เลือดหมู่ O (จีโนไทป์ ii)

๑.๒. ถ้าสามีภรรยา มีลูกคนที่ ๓ เป็นชายที่มีเลือดหมู่ AB เหมือนลูกคนแรก ถ้าจะมีลูกคนที่ ๔ ลูกจะมีโอกาสมีเลือดหมู่ใดได้บ้าง

เช่นเดียวกับข้อ ๑.๑ โอกาสที่เลือดหมู่ของลูกแต่ละคนจะเหมือนเดิมไม่ว่าจะมีลูกคนที่เท่าใด นั่นคือ ลูกคนที่ ๓ จะมีโอกาสมีเลือดหมู่ A B AB หรือ O ดังแสดงในตารางกรณีที่ ๔

๒. เป็นไปได้หรือไม่ที่พ่อที่มีลักษณะตาบอดสีเขียว-แดง และแม่มีตาปกติ จะมีลูกชายตาปกติและลูกสาวตาปกติ เพราะเหตุใด

เป็นไปได้ เพราะลักษณะตาบอดสีเขียว-แดงถูกควบคุมโดยแอลลีลด้อยซึ่งอยู่บนโครโมโซม X ดังนั้นแม่ซึ่งมีแอลลีลเด่นจะสามารถถ่ายทอดให้ลูกชายหรือลูกสาวได้ จึงทำให้มีโอกาสที่จะมีลูกชายหรือลูกสาวตาปกติ แต่ลูกสาวจะเป็นพาหะตาบอดสีเขียว-แดงจากโครโมโซม X ที่ได้มาจากพ่อ

๔. ประเมินความเข้าใจรายบุคคลโดยปฏิบัติกิจกรรมลงในใบงานที่ ๔.๒ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

๑๒. การเรียนรู้สู่การบูรณาการ

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> หลักเศรษฐกิจพอเพียง | <input checked="" type="checkbox"/> คุณธรรม จริยธรรม |
| <input checked="" type="checkbox"/> ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ | <input type="checkbox"/> การเรียนรู้สู่อาเซียน |
| <input checked="" type="checkbox"/> ทักษะชีวิต | <input type="checkbox"/> ห้องเรียนสีเขียว |

๑๓. สื่อ / แหล่งเรียนรู้

- สื่อ
- (๑) PowerPoint เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
 - (๒) หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางฯ ๒๕๖๐ ของ สสวท.
 - (๓) ใบงานที่ ๔.๒ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
 - (๔) ใบความรู้ที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
 - (๕) ใบความรู้ที่ ๔ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ
 - (๖) ใบความรู้ที่ ๕ เรื่อง พันธุประวัติ
 - (๗) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ ๓ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
 - (๘) วิดีทัศน์ เรื่อง ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก วิทยาศาสตร์ ม.๔-๖ (ชีววิทยา) โดย โครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ DLIT
 - (๙) วิดีทัศน์ เรื่อง กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ วิทยาศาสตร์ ม.๔-๖ (ชีววิทยา) โดย โครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ DLIT
 - (๑๐) วิดีทัศน์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดย IPST Channel สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - (๑๑) วิดีทัศน์ เรื่อง วิชาชีววิทยา - การแสดงออกของยีนแบบ Complete dominant, Incomplete dominant และ Codominant
 - (๑๒) วิดีทัศน์ เรื่อง มัลติเปิล แอลลีล วิทยาศาสตร์ ม.4-6 (ชีววิทยา)
- แหล่งเรียนรู้
- (๑) หนังสือหรือวารสารวิทยาศาสตร์
 - (๒) สารานุกรมวิทยาศาสตร์
 - (๓) อินเทอร์เน็ต



ภาคผนวก ค
แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง

1. แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนฉบับนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อความที่มีลักษณะเป็นปัญหา ข้อโต้แย้ง ข้อมูลบทความต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณชุดนี้ประกอบด้วย 5 ตอน ดังนี้

ด้านที่ 1 ความสามารถด้านการสรุปอ้างอิง (Inference)

ด้านที่ 2 ความสามารถด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption)

ด้านที่ 3 ความสามารถด้านการนิรนัย/การอนุมาน (Deduction)

ด้านที่ 4 ความสามารถด้านการตีความ (Interpretation)

ด้านที่ 5 ความสามารถด้านการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments)

2. นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจอาการหรือข้อความนั้นๆแล้วให้นักเรียนพิจารณาคำตอบที่กำหนดให้ 4 ตัวเลือก โดยเลือกตอบข้อที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนเพียงข้อเดียว

3. การตอบให้ทำเครื่องหมายกากบาท ลงในช่องตัวเลือก ก, ข, ค และ ง ในแต่ละข้อโดยให้กาลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้

4. การทดสอบครั้งนี้ไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อนักเรียน กรุณาพิจารณาข้อความในแต่ละข้อด้วยความคิดของนักเรียน กรุณาใช้ความคิดของตนเองเท่านั้นในการตอบ

5. การตอบแบบทดสอบฉบับนี้จะป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการศึกษาด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน กรุณาตั้งใจทำทุกข้อ

6. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

คำสั่ง ให้นักเรียนอ่านข้อความที่กำหนดให้แล้วพิจารณาสรุปความตามข้อความที่ปรากฏในสถานการณ์จากข้อความนั้นอย่างรอบคอบ

แบบวัดมี 4 ตัวเลือกให้พิจารณาข้อสรุปทั้ง 4 ข้อโดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ตามตัวเลือกข้อนั้น

ตอนที่ 1 แบบวัดความสามารถด้านการสรุปอ้างอิง (Inference) จำนวน 6 ข้อ

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วพิจารณาข้อสรุป ข้อ 1-3

บทบาทสุดท้ายที่สำคัญต่อการเกิดอุทกภัยคือ ระบบนิเวศป่าไม้ทำหน้าที่เป็นระบบการแปลงสภาพ (transformation systems) คือ ทำหน้าที่หรือ function แปรสภาพน้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยการผลิต (inputs) ของระบบป่าไม้ให้แปรสภาพเป็นน้ำท่า น้ำระเหย น้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดิน และอาจมีบางส่วนที่ไหลออก (leakage) จากลุ่มน้ำหนึ่งไปสู่อีกลุ่มน้ำหนึ่ง ที่ต้องเข้าใจอย่างยิ่งก็คือ การมีป่าไม้ปกคลุมพื้นที่มากกว่า 2 ใน 3 ก็จะทำให้ระบบนิเวศป่าไม้ให้น้ำท่าปกติ คือ มากในฤดูฝน และน้อยในฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงสู่ป่าไม้นั้นถูกเก็บไว้ในดินโดยกระบวนการแทรกซึม (infiltration) และการซึมผ่าน (percolation) แล้วค่อยปลดปล่อยลงสู่ลำห้วย ลำธาร และแม่น้ำ กรณีเช่นนี้มักไม่ก่อให้เกิดอุทกภัย (นอกจากฝนตกมากผิดปกติ เช่น ช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ 2554) ถ้าป่าปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำน้อยกว่า 2 ใน 3 แต่มากกว่า 1 ใน 3 การเกิดอุทกภัยอาจเกิดได้ถ้าฝนตกหนักหรือการจัดการไม่มีประสิทธิภาพ แต่ถ้ามีป่าปกคลุมน้อยกว่า 1 ใน 3 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วโอกาสการเกิดอุทกภัยย่อมเกิดได้ตลอดเวลาเมื่อฝนตกค่อนข้างมาก (มากกว่า 60 มม./วัน)

เกษม จันทรแก้ว ตอบคำถาม “ทำไม น้ำจึงท่วมประเทศไทย”
เขียนโดย นณณ์ Authenticated user เมื่อ 1 พฤศจิกายน 2552

ข้อสรุปต่อไปนี้ เป็นจริงตามข้อความที่กำหนดให้หรือไม่

1. ปริมาณของป่าไม้เป็นตัวกำหนดการเกิดอุทกภัย
 - ก. จริง เพราะเป็นจริงตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความที่กำหนด
 - ข. น่าจะเป็นจริง เพราะตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความน่าจะเป็นเช่นนั้น
 - ค. น่าจะไม่จริง เพราะข้อมูลที่ปรากฏไม่ได้บ่งบอกไปเช่นนั้น
 - ง. ไม่จริง เพราะไม่มีตอนใดในข้อมูลนี้กล่าวไว้เช่นนั้นเลย
2. การเกิดอุทกภัย สามารถทำนายเหตุการณ์ไว้ล่วงหน้าได้
 - ก. จริง เพราะเป็นจริงตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความที่กำหนด
 - ข. น่าจะเป็นจริง เพราะตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความน่าจะเป็นเช่นนั้น
 - ค. น่าจะไม่จริง เพราะข้อมูลที่ปรากฏไม่ได้บ่งบอกไปเช่นนั้น
 - ง. ไม่จริง เพราะไม่มีตอนใดในข้อมูลนี้กล่าวไว้เช่นนั้นเลย

3. การเกิดอุทกภัยมีโอกาสเกิดขึ้นได้ทุกพื้นที่ทุกเวลา
- ก. จริง เพราะเป็นจริงตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความ อุทกภัยย่อมเกิดได้ตลอดเวลา
 - ข. น่าจะเป็นจริง เพราะตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความกล่าวถึงการเกิดอุทกภัยย่อมเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
 - ค. น่าจะไม่จริง เพราะข้อมูลที่ปรากฏไม่ได้บ่งบอกเช่นนั้น เพียงแต่เมื่อฝนตกหนักก็อาจเกิดอุทกภัย
 - ง. ไม่จริง เพราะไม่มีตอนใดในบทความนี้กล่าวถึงอุทกภัยจะเกิดได้ทุกพื้นที่ตลอดเวลา

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วพิจารณาข้อสรุป ข้อ 4-5

HPV หรือ Human Papilloma Virus เป็นไวรัสที่ติดต่อกันได้เฉพาะมนุษย์เท่านั้น และเป็นโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ที่พบบ่อยมาก ๆ โดยเฉพาะวัยเจริญพันธุ์ อายุประมาณ 20-30 ปี ในช่วงระยะก่อนที่จะเริ่มป่วยเป็นมะเร็งปากมดลูก หรือในระยะเริ่มแรกนั้น ผู้ป่วยอาจไม่มีอาการที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนได้เลย แต่สามารถทราบได้จากการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก โดยเมื่อเริ่มเป็นมากจะมีอาการที่พบบ่อย ได้แก่ การมีเลือดออกผิดปกติจากช่องคลอด ซึ่งอาจจะเป็นเลือดที่ออกกะปริบกะปรอยในช่วงระหว่างรอบเดือน โดยปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการติดเชื้อ เช่น การเปลี่ยนคู่นอนบ่อย การติดเชื้อจากเพศสัมพันธ์ที่ไม่มีการป้องกัน การสวนล้างช่องคลอดก็มีโอกาสติดเชื้อได้เหมือนกัน การมีเพศสัมพันธ์ตั้งแต่อายุน้อย ๆ หรือถ้าจะพูดให้เข้าใจง่าย ๆ คือ ผู้ที่มีเพศสัมพันธ์ทุกคน มีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อ HPV แม้ว่าจะมีคู่นอนคนเดียวก็ตาม เพราะเชื้อ HPV นั้นสามารถอาศัยอยู่ในเซลล์เยื่อผิวหนัง และในเยื่อที่ปกคลุมหลายที่ของร่างกาย เช่น ในจมูก ด้านในผิวหนังขององคชาติ ช่องคลอด และทวารหนัก

สำหรับการป้องกันการติดเชื้อ HPV ในแง่พฤติกรรม สามารถป้องกันได้โดยการใช้ถุงยางอนามัย หรือในบางงานวิจัยยังบอกอีกว่า การขลิบหนังหุ้มปลายของเพศชายสามารถช่วยป้องกันการติดเชื้อ HPV ของคู่นอนได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ในปัจจุบันมีวัคซีนที่สามารถป้องกันการติดเชื้อไวรัส HPV และมีประสิทธิภาพที่สูง ผู้หญิงไทยทุกคนควรได้รับการฉีด เพียงแต่ประสิทธิภาพของวัคซีนจะได้ผลดีที่สุดถ้าฉีดตั้งแต่อายุน้อย ๆ และยังไม่เคยมีเพศสัมพันธ์มาก่อน ซึ่งตอนนี้เป็นข่าวดีของเด็ก ๆ ยุคใหม่ เพราะกระทรวงสาธารณสุขจัดให้วัคซีนของเชื้อ HPV เป็นโปรแกรมวัคซีนพื้นฐานของประเทศสำหรับเด็กอายุ 10-12 ปี โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

ตามพงศ์ เหลืองบริบูรณ์, ม.ป.ป., องค์การพิพิธภัณฑน์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

ข้อสรุปต่อไปนี้ เป็นจริงตามข้อความที่กำหนดให้หรือไม่

4. ปัจจุบัน สามารถป้องกันมะเร็งปากมดลูกได้โดยการรับวัคซีน ซึ่งได้ผลดีที่สุดหากไม่เคยมีเพศสัมพันธ์มาก่อน
 - ก. จริง เพราะเป็นจริงตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความที่กำหนด
 - ข. น่าจะเป็นจริง เพราะตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความน่าจะเป็นเช่นนั้น
 - ค. น่าจะไม่จริง เพราะข้อมูลที่ปรากฏไม่ได้บ่งบอกไปเช่นนั้น
 - ง. ไม่จริง เพราะไม่มีตอนใดในข้อมูลนี้กล่าวไว้เช่นนั้นเลย

5. ผู้ที่มีเพศสัมพันธ์ มีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อ HPV
 - ก. จริง เพราะเป็นจริงตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความที่กำหนด
 - ข. น่าจะเป็นจริง เพราะตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความน่าจะเป็นเช่นนั้น
 - ค. น่าจะไม่จริง เพราะข้อมูลที่ปรากฏไม่ได้บ่งบอกไปเช่นนั้น
 - ง. ไม่จริง เพราะไม่มีตอนใดในข้อมูลนี้กล่าวไว้เช่นนั้นเลย



อ่านบทความต่อไปนี้แล้วพิจารณาข้อสรุป ข้อ 6

นักวิทยาศาสตร์ชี้ว่าแนวปะการังในเอเชียแปซิฟิก กำลังต้องเผชิญกับพลาสติก ซึ่งนับเป็นอันตรายอันดับสอง รองจากอุณหภูมิน้ำที่เพิ่มขึ้น จากการสำรวจพบว่ามีพลาสติกกว่า 1,100 ล้านชิ้น ในรูปต่าง ๆ เช่น ถู ขวดน้ำ และกระสอบข้าวที่ทำจากพลาสติก ติดอยู่ตามหนึ่งในสามของแนวปะการัง และตัวเลขนี้คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นกว่า 1,500 ล้านชิ้นภายในปี 2025 การค้นคว้าพบว่าพลาสติกทำให้แนวปะการังมีโอกาสติดโรคได้มากขึ้นถึงกว่า 20 เท่า "ในขณะนี้ นอกจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศแล้ว พลาสติกนับเป็นหนึ่งในความเสี่ยงอันดับต้น ๆ ในมหาสมุทร" ดร.โจเลียห์ แลมป์ จากมหาวิทยาลัยคอร์แนลล์ ของสหรัฐฯ กล่าว "จำนวนชิ้นพลาสติกที่พบในแนวปะการังเป็นเรื่องน่าเศร้า หากเราสามารถระบุตัวการสร้างมลภาวะจากพลาสติกเหล่านั้นได้ ก็หวังว่าเราจะสามารถลดปริมาณพลาสติกที่ไปติดตามแนวปะการังได้"

การศึกษาที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการไซแอนซ์ (Science) เป็นผลจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลตามแนวปะการังกว่า 150 แห่งในสี่ประเทศ ของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ระหว่างปี 2011 และ 2014 จากพลาสติกที่พบอยู่ตามหนึ่งในสามของแนวปะการังที่สำรวจ พบว่าแนวปะการังที่อยู่ใกล้อินโดนีเซียมีจำนวนพลาสติกมากที่สุด ในขณะที่ออสเตรเลียพบน้อยที่สุด ส่วนไทยและเมียนมาอยู่ในระดับปานกลาง

ปัจจุบัน แนวปะการังกำลังเผชิญกับอันตรายหลายด้าน เช่น การฟอกขาวที่เกิดจากอุณหภูมิ น้ำที่อุ่นขึ้น โดยหินปะการังที่สูญเสียสาหร่ายไปจากเนื้อเยื่อที่ปกคลุมอยู่ จะทำให้เกิดการฟอกขาว แต่ภาวะนี้ฟื้นฟูได้หากอุณหภูมิน้ำกลับมาเป็นเหมือนเดิมภายในเวลาอันสั้น แต่กระบวนการที่ว่า อาจจะต้องใช้เวลาหลายปี ในกรณีของการเกิดโรค ผลการค้นคว้าก่อนหน้านี้ชี้ว่าขยะพลาสติกทำให้แนวปะการังตกอยู่ในภาวะเสี่ยง เนื่องจากเศษพลาสติกเหล่านี้จะบดบังแสงและออกซิเจน จึงเพิ่มโอกาสให้จุลชีพที่ก่อโรคเพิ่มจำนวนได้

เฮเลน บริกส์, ม.ป.ป., ปีซี นิวส์

ข้อสรุปต่อไปนี้ เป็นจริงตามข้อความที่กำหนดให้หรือไม่

6. ปัญหาพลาสติกทำให้ปะการังตาย

ก. จริง เพราะเป็นจริงตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความที่กำหนด

ข. น่าจะเป็นจริง เพราะตามข้อมูลที่ปรากฏในบทความน่าจะเป็นเช่นนั้น

ค. น่าจะไม่จริง เพราะข้อมูลที่ปรากฏไม่ได้บ่งบอกไปเช่นนั้น

ง. ไม่จริง เพราะไม่มีตอนใดในข้อมูลนี้กล่าวไว้เช่นนั้นเลย

**ตอนที่ 2 แบบวัดความสามารถด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption)
จำนวน 6 ข้อ จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 7**

ด้วยอนุภาคของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก ทำให้เมื่อเราหายใจเข้าไปจะส่งผลให้เกิดการระคายเคือง ไอ จามหรือมีเสมหะ ฝุ่นละออง PM 2.5 นี้สามารถผ่านเข้าไปจนถึงส่วนในสุดของปอดซึ่งจะมีผลกระทบต่อหลอดเลือดและถุงลม สามารถผ่านผนังถุงลมเข้าสู่เส้นเลือดฝอยและกระจายตัวไปทั่วร่างกายของเรา ส่งผลกระทบต่อสุขภาพในหลาย ๆ ด้าน อีกทั้งยังเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดโรคหอบหืด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคมะเร็งปอด ภาวะหลอดเลือดแข็ง หลอดเลือดสมองตีบและหัวใจเต้นผิดจังหวะ

บุรวัชร นาคสุสุข, ม.ป.ป., องค์กรพิพิธภัณฑ

7. จากบทความ ข้อใดเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและทำให้บทความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้
- อนุภาคของฝุ่นในอากาศสามารถกระจายตัวในร่างกายผ่านผนังถุงลมได้
 - ฝุ่นละออง PM 2.5 เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ
 - ฝุ่นที่หายใจเข้าไป สามารถผ่านผนังถุงลมเข้าสู่เส้นเลือดฝอยได้
 - โรคมะเร็งปอด มีสาเหตุสำคัญมาจากฝุ่นละออง PM 2.5

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 8

ภัยเงียบสำคัญจากขยะในท้องทะเลคือ ไมโครพลาสติก ที่ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นลูกโซ่ โดยพลาสติกจะแตกย่อยเป็นปิโตรเคมีและจะเล็กลงเรื่อย ๆ จนมองไม่เห็นแต่ยังคงมีสารเคมีหลงเหลืออยู่ แพลงก์ตอนจะกินไมโครพลาสติกเข้าไป

พรพิรุณ ทองอินทร์, 2560, โปสทูเดย์, อ้างถึง ธรณ์ อังรณาวาสวัสดิ์,
งานเสวนาวิชาการ เรื่อง “วิกฤตขยะบกลู่วัยในทะเล: จะแก้ได้อย่างไร?”

8. จากบทความ ข้อใดเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและทำให้บทความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้
- พลาสติกแตกย่อยเป็นไมโครพลาสติก เป็นสารเคมีในท้องทะเล
 - ปิโตรเคมีในท้องทะเลเกิดจากการแตกย่อยของไมโครพลาสติก
 - ไมโครพลาสติกเกิดจากแพลงก์ตอนย่อยสลายเป็นปิโตรเคมี

ง. แพลงก์ตอนในทะเลจะกินไมโครพลาสติกเป็นอาหาร

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 9

ระบบนิเวศที่สมบูรณ์ให้อะไรกับมนุษย์มากมายนัก อากาศที่เราหายใจ อาหารที่เรากิน ล้วนมาจากป่าจากธรรมชาติที่สมบูรณ์ทั้งสิ้น ถึงแม้ว่าจะอยู่ในเมือง อาหารมาจากถาดโฟม นำมาจากขวดพลาสติก แต่เมืองผลิตอาหารไม่ได้ สัตว์ที่เราเลี้ยงมากินอาหารของสัตว์เหล่านั้นส่วนใหญ่ก็มาจากธรรมชาติ พืชที่เราปลูกมากินจะได้ผลที่ดีก็ต้องมีระบบนิเวศที่สมบูรณ์ในดินและบนฟ้า เราปลูกทุเรียนแล้วไม่มีค้างคาวมาผสมเกสรให้ เราก็ไม่มีทุเรียนกิน เราปลูกข้าวถ้าไม่มีนกปากห่างมาช่วยกินหอยเชอรี่เราก็ต้องใช้สารเคมีสิ้นเปลือง ที่อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก มีเหยี่ยวด่าอพยพมาอยู่ในช่วงฤดูหนาวปีหนึ่ง 50,000 กว่าตัว เหยี่ยวตัวหนึ่งกินหนูวันละ 1 ตัว วันหนึ่งเหยี่ยวกินหนูไป 50,000 ตัว ปีหนึ่งอยู่ 100 วันกินไป 5,000,000 ตัว นีกรักษาต้องไปตามดักตามเปื้อนหนู 5,000,000 ตัว เราจะต้องใช้ทรัพยากรใช้เวลาและสารเคมีไปขนาดไหน นีกรักษาว่าหนู 5 ล้านตัว จะทำความเสียหายต่อพืชเกษตรแค่ไหนถ้าไม่มีเหยี่ยวมาช่วยกำจัด เราได้ 2 ต่อเลยนะ ใช้เงินน้อยลง สูญเสียน้อยลงทุกวันธรรมชาติทำสิ่งพวกนี้ให้เราฟรี ๆ โดยไม่เคยคิดเงินเราเลยแม้แต่บาทเดียว

นณณ์ ผาณิตวงศ์, ม.ป.ป., กลุ่มอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม

9. คำกล่าวที่ว่า “เมืองผลิตอาหารไม่ได้” ข้อใดสอดคล้องกับข้อความดังกล่าว

- ก. มนุษย์สามารถสร้างทรัพยากรธรรมชาติได้
- ข. มนุษย์ต้องอาศัยทรัพยากรธรรมชาติ
- ค. เมืองเป็นแหล่งเพาะปลูกสำคัญ
- ง. เมืองให้ชีวิตมนุษย์

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 10

สิ่งมีชีวิตบนโลกใบนี้ล้วนเป็นสัตว์ด้วยกันทั้งนั้นไม่ว่าวันแม่แต่มนุษย์ จะแตกต่างกันตรงที่มนุษย์สวมใส่เสื้อผ้าก็เท่านั้น สัตว์ร้ายในโลกใบนี้ไม่มีหรอก ถ้าจะมีก็คงเป็นมนุษย์นี่แหละที่ร้ายที่สุด เพราะมนุษย์จะบริโภคทุกอย่างจนกระทั่งไม่เหลืออะไรอยู่เลย ดังนั้น จึงไม่มีอะไรจะรอดพ้นจากเงื้อมมือมนุษย์ได้ ไม่ว่าจะเป็นเสือ หรือช้างก็ตาม ธรรมชาติสร้างห่วงโซ่อาหาร ทำไมเราต้องไปฝืนกฎธรรมชาติด้วยการทำลายห่วงโซ่อาหาร เสียเอง ใครจะเป็นคนปกป้องสัตว์ป่า หากเราในฐานะผู้บริโภคลำดับสุดท้ายอยู่เหนือห่วงโซ่อาหารทั้งหมดเริ่มต้นล่าพวกมันเสียเอง

ทัชชา ศรียานนท์, 5 มกราคม 2018, มูลนิธิสืบนาคะเสถียร,

บทสัมภาษณ์ Jadav Payeng ชายผู้พลิกพื้นผืนทรายให้กลายเป็นผืนป่า

10. จากบทความ ข้อใดเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและทำให้บทความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้
- มนุษย์เป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายที่มีผลต่อห่วงโซ่อาหาร
 - มนุษย์เป็นสัตว์ร้ายที่ทำลายห่วงโซ่อาหาร
 - มนุษย์คือสัตว์เช่นเดียวกับสัตว์ชนิดอื่น ๆ
 - สัตว์ทุกชนิดถูกมนุษย์กิน

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 11

ปรากฏการณ์ขึ้นปลาวาฬ หรือ Red Tide เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถเกิดขึ้นได้ในทะเลทั่วทุกมุมโลก สาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลของสาหร่ายเซลล์เดียวจำพวก “แพลงก์ตอนพืช” ในทะเลแถบนั้น หรือที่เรียกอีกชื่อว่า “แพลงก์ตอนบลูม” จำนวนประชากรของแพลงก์ตอนที่เพิ่มขึ้นจำนวนมากนี้ ทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสี โดยปกติแล้วจะเป็นสีแดงหรือสีเขียว และบางทีอาจจะเป็นสีม่วงหรือสีชมพูก็ได้

กรวิภา เอี่ยมสำอาง, ม.ป.ป., องค์กรพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

11. คำกล่าวที่ว่า “การเกิดน้ำผุด (up welling) เป็นขบวนการที่น้ำเบื้องล่างถูกพัดพาขึ้นมาเบื้องบน เนื่องจากกระแสลมพัดเอามวลน้ำที่ผิวบริเวณชายฝั่งออกสู่ทะเล มวลน้ำที่อยู่ระดับลึกจะไหลเข้าสู่ฝั่งแล้ววกสู่วิวน้ำแทนที่มวลน้ำที่พัดออกไปซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพลงก์ตอน เพราะเป็นการนำธาตุอาหารจากพื้นน้ำเข้ามาสู่วิวน้ำ ทำให้แพลงก์ตอนได้ใช้” ข้อใดสอดคล้องกับข้อความดังกล่าว
- มวลน้ำทะเลที่หมุนเวียน เปลี่ยนถ่าย ทำให้เกิดธาตุอาหาร
 - แพลงก์ตอนจะได้รับธาตุอาหารเมื่อเกิดกระแสลมเท่านั้น
 - กระแสลมในทะเลทำให้แพลงก์ตอนได้รับสารอาหาร
 - การเกิดน้ำผุดทำให้เกิดกระแสลมในทะเล

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 12

ไมโครพลาสติกคือ ชิ้นส่วนพลาสติกที่มีขนาด 1 นาโนเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร ไมโครพลาสติกมีที่มาจากหลายแหล่งอาทิเช่นไมโครพลาสติกบนบกซึ่งส่วนมากมาจากการเสียดสีของยางรถยนต์กับถนน หรือสีที่ใช้ทาอาคารหรือยานพาหนะ แม้กระทั่งผ้าที่ทำจากใยสังเคราะห์ นอกจากนี้ยังมีการผลิต ไมโครบีดส์ ซึ่งเป็นเม็ดพลาสติกจิ๋วที่เป็นส่วนผสมในสบู่ล้างหน้า เจลขัดผิว ไมโครพลาสติกเหล่านี้ล้วนสามารถลอดผ่านจากระบบการบำบัดน้ำเสียลงสู่ทะเลได้ อีกทั้งขยะพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ที่ลอยลอยอยู่ในทะเลเมื่อถูกรังสียูวีจากดวงอาทิตย์ จะสลายโครงสร้างเป็นชิ้นเล็กลงได้ กลายเป็นไมโครพลาสติก โดยเฉพาะในมหาสมุทรน้ำอุ่นพลาสติกขนาดใหญ่จะย่อยสลายกลายเป็นไมโครพลาสติก

นุชจริม เย็นทรวง, , ม.ป.ป., องค์การพิพิธภัณฑน์วิทยาาสตร์แห่งชาติ

12. จากบทความ ข้อใดเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและทำให้บทความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้

- ก. ไมโครพลาสติกสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวได้
- ข. ไมโครบีดส์ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวคือไมโครพลาสติก
- ค. ไมโครพลาสติกเป็นอันตรายต่อสัตว์ทะเล
- ง. น้ำทะเลที่อุ่น ทำให้เกิดไมโครพลาสติก

ตอนที่ 3 แบบวัดความสามารถด้านการนิรนัย/อนุมาน (Deduction) จำนวน 6 ข้อ

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 13 - 14

ผลวิจัยล่าสุดที่ตีพิมพ์ในวารสาร Science ชี้ว่าพื้นที่ของ "เขตมรณะ" (Dead zones) หรือน่านน้ำในมหาสมุทรที่ขาดออกซิเจนจนทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้นั้น กำลังขยายวงกว้างขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพบว่ามีขนาดใหญ่กว่าเดิมถึง 4 เท่า นับแต่ปี 1950 เป็นต้นมา และปัจจุบันมีขนาดเท่ากับดินแดนของชาติในสหภาพยุโรปรวมกันแล้ว ผลการศึกษาชี้ว่า ภาวะโลกร้อนที่ทำให้น้ำทะเลอุ่นขึ้นและกักเก็บออกซิเจนได้น้อยลง ทำให้พื้นที่เขตมรณะในทะเลเปิดของมหาสมุทรต่าง ๆ ทั่วโลกขยายตัวขึ้น ส่วนพื้นที่ขาดออกซิเจนใกล้ชายฝั่งก็มีเพิ่มขึ้นถึง 10 เท่าในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากการใช้ปุ๋ยทำการเกษตร รวมทั้งการทิ้งของเสียลงดินและแหล่งน้ำใกล้ทะเลเป็นจำนวนมาก

ดร.เดนิส เบรตเบิร์ก จากศูนย์วิจัยสิ่งแวดล้อมสถาบันสมิธโซเนียนในสหรัฐฯ ซึ่งเป็นผู้นำการวิจัยดังกล่าวระบุว่า ปรากฏการณ์นี้จะนำไปสู่การตายและสูญพันธุ์ของสัตว์น้ำครั้งใหญ่ในไม่ช้า ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้ทำประมงและประชาชนหลายร้อยล้านคนทั่วโลก

BBC News, 6 มกราคม 2018

13. จากบทความข้างต้น สรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญคือข้อใด
- การใช้ปุ๋ย การทิ้งของเสียลงดินและแหล่งน้ำใกล้ทะเล ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน
 - ภาวะไร้ออกซิเจนกำลังทำให้สิ่งมีชีวิตในมหาสมุทรสูญพันธุ์
 - การขยายตัวของเขตมรณะส่งผลกระทบต่อการทำประมง
 - ปัญหาโลกร้อนทำให้เกิดภาวะไร้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น
14. จากสถานการณ์ ข้อใดเป็นเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้
- การใช้ปุ๋ยทำการเกษตร ส่งผลให้พื้นที่ไร้ออกซิเจนจะมีขนาดขยายใหญ่เพิ่มขึ้น
 - ท้องทะเลทั้งหมดจะกลายเป็นพื้นที่ไร้ออกซิเจน
 - เขตมรณะจะส่งผลต่ออุตสาหกรรมการส่งออก
 - เขตมรณะอาจทำให้สัตว์น้ำสูญพันธุ์ได้

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 15 - 16

เขื่อนที่ถูกรสร้างในเขตร้อนจะทับถมเอาซากพืชและสารอินทรีย์ต่าง ๆ จมอยู่ใต้น้ำ ใต้น้ำที่ไม่มีออกซิเจนจะเกิดการหมักหมมสารอินทรีย์เหล่านี้โดยไม่มีออกซิเจนซึ่งกระบวนการนี้ก่อให้เกิดแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน หรือไนตรัสออกไซด์ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นแก๊สที่ทำให้โลกร้อนและเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แก๊สเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะค่อย ๆ ลอยขึ้นมาสู่ผิวน้ำกลายเป็นแก๊สเรือนกระจก (มีงานวิจัยหลายงานที่พบว่ากรสร้างเขื่อนในป่าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกมากกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินด้วยซ้ำ) แต่แก๊ส ส่วนใหญ่จะละลายอยู่ภายใต้แรงกดดันมหาศาลจากการที่มันถูกน้ำข้างบนทับไว้ เวลาเขื่อนปล่อยน้ำออกมามาก ๆ แก๊สเหล่านี้เมื่อไม่มีน้ำด้านบนทับไว้ ความดันลดลงก็จะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นฟองแก๊สเล็ก ๆ พยายามหนีออกจากน้ำสู่ชั้นบรรยากาศ (อันอบอุ่นของโลกที่ร้อนขึ้นจากพรรคพวกของมัน) เหมือนเวลาเราเปิดกระป๋องน้ำโซดา ส่วนที่หลุดลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศก็ลอยไป ส่วนที่ยังปลิวไปปลิวมาอยู่ในน้ำก็จะหลุดเข้าไปในเนื้อเยื่อ เหงือก หรือลูกกะตาของปลา ก่อให้เกิดอาการที่เรียกว่า *Gas Bubble*

15. จากบทความ คำว่า '*Gas Bubble Disease*' หมายถึงอะไร
- ปลาตาย
 - แก๊สที่เกิดจากการหมัก
 - อาการที่เกิดจากแก๊ส
 - แก๊สในชั้นบรรยากาศ

16. จากสถานการณ์ ข้อใดเป็นเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้
- เขื่อนผลิตไฟฟ้าเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้น
 - อากาศของเขตร้อนจะทำให้ปลาในเขื่อนตายมากขึ้น
 - เขื่อนผลิตไฟฟ้าจะกลายเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าสำคัญ
 - เมื่อเขื่อนปล่อยน้ำ อาจส่งผลกระทบต่อปลาตาย

จากบทความต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 17 - 18

บุหรี่ไฟฟ้า คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งซึ่งใช้แบตเตอรี่ในการทำงานเพื่อสร้างความร้อนและไอ น้ำ ประกอบด้วยสารต่าง ๆ เช่น นิโคติน (Nicotine) โพรโพลีนไกลคอล (Propylene Glycol) กลีเซอริน (Glycerine) สารแต่งกลิ่นและรส (Flavoring) และน้ำ เมื่อเปิดเครื่องจะมีไฟสีแดงขึ้นพร้อมกับการทำงานของแบตเตอรี่ เกิดความร้อน ทำให้น้ำยาที่บรรจุอยู่ภายในระเหยขึ้นมาเป็นควัน เมื่อสูบเข้าไปในปอดร่างกายจะได้รับนิโคตินก่อนที่จะถูกพ่นออกมา สารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่พบในน้ำยาสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ เช่น นิโคติน เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง เพิ่มความดันโลหิต เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและการหายใจ เพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งปอด และโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ เมื่อสัมผัสหรือสูดดม สารโพรโพลีนไกลคอลและกลีเซอริน เข้าไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองที่ผิวหนัง ดวงตา และปอดได้ โดยเฉพาะในผู้ที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง โรคหอบหืด และโรคถุงลมโป่งพอง นอกจากนี้ ยังพบสารพิษอีกมากมายในไอของบุหรี่ไฟฟ้าที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น โลหะหนัก สารหนู สารกลุ่มฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) และกลุ่มเบนซีน (Benzene) เป็นต้น

ชนินทร์ สาริกฤติ, ม.ป.ป., องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

17. จากบทความข้างต้น สรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญคือข้อใด
- ความปลอดภัยของบุหรี่ไฟฟ้า
 - อันตรายจากบุหรี่ไฟฟ้า
 - ลักษณะของบุหรี่ไฟฟ้า
 - สารพิษในบุหรี่ไฟฟ้า

18. จากบทความนี้ ปกติแล้วเราคงคุ้นเคยกับบุหรีธรรมดาที่มานานมากแล้ว แต่ในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่หันมาสูบบุหรีไฟฟ้ากันมากขึ้น ด้วยกลไกการทำงานที่ไม่มีกระบวนการเผาไหม้เหมือนบุหรีทั่วไป ทำให้ผู้สูบลดความเสี่ยงที่จะได้รับสารที่เป็นอันตรายจากการเผาไหม้บางตัวเช่น น้ำมันดิน หรือทาร์ (Tar) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง และโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ สรุปได้ว่าอย่างไร
- บุหรีไฟฟ้าปลอดภัยกว่าบุหรีทั่วไป
 - โรกระบบทางเดินหายใจเกิดจากบุหรี
 - ผู้ที่สูบบุหรีไฟฟ้าลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง
 - บุหรีไฟฟ้าลดความเสี่ยงจากสารที่เกิดจากการเผาไหม้บางชนิด

ตอนที่ 4 แนวคิดความสามารถด้านการตีความ (Interpretation) จำนวน 6 ข้อ

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 19-20

สารไฮโดรคาร์บอนทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลแบบถ่านหิน หรือเชื้อเพลิงหมุนเวียนแบบฟืนหรือแก๊สธรรมชาติ หรือแก๊สซีหมู เมื่อเผาแล้วจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ ที่ทำให้เกิดปัญหาในอากาศที่เรียกว่า “ภาวะเรือนกระจก” ที่ทำให้โลกร้อนได้ จึงเรียกแก๊สพวกนี้ว่า “แก๊สเรือนกระจก”

ถ้าอยากรู้ว่าโลกร้อนขึ้นได้อย่างไร ให้ไปนั่งในรถที่อยู่กลางแจ้ง ไม่เปิดแอร์ ปิดกระจกให้หมด กระจกนี้จะทำหน้าที่เสมือนแก๊สเรือนกระจก คือ มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ปล่อยให้ความร้อนจากแสงแดดเข้ามาในรถได้ แต่สามารถกักเก็บเอาไว้ในนั้นไม่ปล่อยความร้อนออกมานั่งไปสักพักจะรู้สึกเองว่าร้อนสุดทนนั้นเป็นอย่างไร

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543,
จากหนังสือพลังงานเพื่อความเข้าใจ ใช้อย่างรู้คุณค่า พัฒนาสู่ความยั่งยืน

19. จากบทความดังกล่าว ตัวการใดที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจก
- ถ่านหิน
 - แก๊สธรรมชาติ
 - สารไฮโดรคาร์บอน
 - พลังงานลม และพลังงานความร้อน

20. จากบทความดังกล่าวสรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. สาเหตุที่โลกร้อนเพราะเกิดภาวะเรือนกระจก
- ข. สารไฮโดรคาร์บอนก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก
- ค. ภาวะเรือนกระจกจะไม่เกิดถ้าเราใช้เชื้อเพลิงที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ
- ง. อยากรู้ว่าภาวะเรือนกระจกเป็นอย่างไรให้เข้าไปนั่งในรถที่อยู่กลางแจ้ง

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 21

งานวิจัยในปัจจุบันให้ความสนใจกับสารที่มีชื่อว่า AGEs ย่อมาจาก Advanced Glycation End Products อันเป็นสารที่ก่อให้เกิดความชราก่อนวัยอันควร โดยมีสาเหตุมาจากการรับประทานของหวานในปริมาณมากเป็นประจำ และกระบวนการประกอบอาหารทำให้เกิดสาร AGEs ในอาหารชนิดนั้น ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะการประกอบอาหารโดยใช้ความร้อนสูง เช่น การปิ้ง การย่าง รวมไปถึงการทอดจะเพิ่มปริมาณสาร AGEs มากกว่า 10 ถึง 100 เท่าตัวเลยทีเดียว เมื่อสารตัวนี้ผ่านเข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายก็จะส่งผลให้เซลล์บริเวณนั้นตายหรือเสื่อมสภาพในการทำงานลง จากการวิจัยพบว่า AGEs เป็นตัวทำลายคอลลาเจนรวมไปถึงไฮโปตีนในผิวหนัง ส่งผลให้เกิดริ้วรอยและมีจุดต่างดำตามมา นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อเซลล์สมองก่อให้เกิดโรคอัลไซเมอร์ อีกทั้งยังเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงเนื่องจากโมเลกุลของน้ำตาลที่ไปเกาะโปรตีนในหลอดเลือดนั้นส่งผลให้ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดลดลง

การเลือกทานอาหารให้เหมาะสม จึงพิจารณาได้จากปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 4 ช้อนชาต่อวัน เนื่องจากโมเลกุลของน้ำตาลที่เรารับประทานเข้าไปจะไปเกาะติดกับโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของอวัยวะรวมถึงเซลล์ต่าง ๆ ภายในร่างกาย และปัจจัยหลักของการประกอบอาหารคือ อุณหภูมิและปริมาณน้ำ โดยการใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงและมีน้ำเป็นส่วนประกอบในการปรุงประกอบอาหารนั้นช่วยลดปริมาณการเกิดสาร AGEs ได้ เช่น พบว่าไก่งวง มีปริมาณสาร AGEs มากกว่า ไก่ต้มถึง 4 เท่า ส่วนเฟรนช์ฟรายนั้นมีสาร AGEs มากกว่ามันฝรั่งต้มถึง 90 เท่า ทั้งนี้ผู้วิจัยกล่าวว่าในอาหารทุกชนิด การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าและมีความชื้นที่น้อยกว่า จะมีปริมาณ AGEs ได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่เตรียมโดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่าและใช้น้ำหรือความชื้นที่มากกว่า ในปริมาณน้ำหนักของเนื้อสัตว์ที่เท่า ๆ กัน ดังนั้น การทอด การปิ้งย่าง และการอบจะทำให้เกิดสาร AGEs มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การต้ม การเคี้ยว การตุ๋น และการนึ่ง ส่วนการใช้ไมโครเวฟนั้นไม่ได้เพิ่มปริมาณ AGEs เมื่อใช้เวลาสั้น ๆ คือน้อยกว่า 6 นาที

อภิรัตน์ ศุภธนาทรัพย์, 2558, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ฉัตรภา หัตถโกศล, ม.ป.ป., มหาวิทยาลัยมหิดล

21. จากบทความดังกล่าวสรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. การเลือกทานอาหารอย่างเหมาะสมสามารถชะลอวัยและต้านโรคได้
- ข. สาร AGEs เกิดจากพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูง
- ค. หากไม่เกิดสาร AGEs ในร่างกายก็จะทำให้ร่างกายเป็นหนุ่มสาว
- ง. สาเหตุที่ก่อให้เกิดสาร AGEs

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 22

รังสีน้ำตาลหิมาลัยจะพักเป็นตัวช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม พ่อแม่จะเลี้ยงดูลูกน้อยในรังบนหน้าผาหินไปจนถึงเดือนกันยายนหรือตุลาคม และเมื่อลูกเริ่มบินได้ก็จะร่อนเร่ออกจากถิ่นอาศัย และเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมที่มีลมหนาวกำลังแรงพัดมาจากเหนือลงใต้จากประเทศจีน รังก็จะร่อนตามลมหนาวมาตามเส้นทางการอพยพเข้ามาสู่ประเทศไทย ตั้งแต่จังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ร่อนมาตามเทือกเขาตะนาวศรี โดยมีรายงานพบรังสีน้ำตาลหิมาลัยตกบริเวณจังหวัดอุทัยธานี กาญจนบุรี และไปตกในภาคใต้จังหวัดต่าง ๆ เช่น จังหวัดกระบี่ ภูเก็ต พังงา สุราษฎร์ธานี และสตูล ในอดีตมีรายงานรังสีน้ำตาลหิมาลัยบินตกที่จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งอยู่บนเส้นทางการอพยพ และยังมีรายงานจากจังหวัดชัยภูมิ

ด้วยลักษณะที่สง่างามขัดกับภาพจำคนไทยที่เมื่อนึกถึงรังจะคิดถึงพญารังที่มีหัวล้านแต่รังสีน้ำตาลหิมาลัยดูจะน่ารักกว่ามาก มันมีชุดขนเป็นสีน้ำตาล ขนสีขาวยปกคลุมตั้งแต่ส่วนหัวไปจนถึงลำคอที่ยาวมาก บริเวณคอจะมีขนอ่อนฟูขึ้น ลักษณะภายนอกนี้เองเป็นการปรับตัวตามถิ่นอาศัย เนื่องจากรังสีน้ำตาลหิมาลัยทำรังวางไข่ในพื้นที่สูงมากกว่า 1,500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ฉะนั้นจึงมีอุณหภูมิที่หนาวเย็นตลอดทั้งปี และในวงการนักดูนกได้อธิบายลักษณะปีกสี่เหลี่ยมคางหมูที่ยาวประมาณ 2.7-2.9 เมตร ซึ่งถือว่ายาวมากประหนึ่งบานประตูดูเมื่อกางปีกร่อนเหนือลม จึงเรียกกันเล่น ๆ ว่า “ประตูบินได้”

หน้าที่หลักของรังในระบบนิเวศคือการทำหน้าที่ขจัดซากสัตว์ไม่ให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค เพราะรังโดยทั่วไปเวลาพบซากจะลงดิ่งทิ้ง 10-20 ตัว เพื่อกินซาก ดังนั้นความเร็วในการกำจัดซากสัตว์จึงมีไม่เกิน 1 ชั่วโมง ส่วนของกล้ามเนื้อจะถูกกินจนหมด ซึ่งส่วนของเศษเนื้อนี้เองหากไม่มีการกำจัดอาจเกิดกระบวนการเน่าและเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค และจะมีแมลงเป็นตัวนำเชื้อโรคเหล่านั้นแพร่ยังแหล่งต่าง ๆ แต่ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงการจัดการซากปศุสัตว์ รวมถึงซากสัตว์ในธรรมชาติลดลง ทำให้มันจึงหมดแรง ร่วงลงสู่พื้นในที่สุด ช่วงเวลาดังกล่าวนั้นรังหิมาลัยส่วนใหญ่มักร่วงในภาคใต้

พัชริดา พงษ์ปักษี, 20 มิถุนายน 2018, มูลนิธิสืบนาคะเสถียร

22. จากบทความดังกล่าวสรุปได้ว่อย่างไร
- การร่ว่งหล่นแรงสีน้ำตาลหิมาลัยในช่วงอพยพเกิดจากการขาดอาหาร
 - พฤติกรรมกรกินของแรงสีน้ำตาลหิมาลัยที่กินซากสัตว์เป็นอาหาร
 - ลักษณะที่สง่างามของแรงสีน้ำตาลหิมาลัยแตกต่างจากพญาแรง
 - แรงสีน้ำตาลหิมาลัยมีหน้าที่กำจัดซากสัตว์ในระบบนิเวศ

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 23 - 24

อาการของโรคไข้เลือดออกเบื้องต้นคล้ายไข้หวัด คือ มีไข้สูง ตัวร้อน ปวดหัว ปวดเมื่อย อ่อนเพลีย แต่ผู้ป่วยไข้เลือดออกจะแสดงอาการรุนแรงกว่า คือ มีไข้สูงมาก ปวดหัวมาก ปวดเมื่อย กล้ามเนื้อทั่วตัว บางรายอาจคลื่นไส้ อาเจียน และพบผื่นแดงหรือจ้ำเลือดใต้ผิวหนังทั่วตัว อาจมีภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ เช่น มีเลือดออกตามเนื้อเยื่อในร่างกาย ปัจจุบันยังไม่มียาต้านเชื้อไวรัสที่จำเพาะสำหรับโรคไข้เลือดออก ดังนั้น การรักษาจึงเป็นการรักษาตามอาการ เพื่อประคับประคองให้ผู้ป่วยกลับสู่ภาวะปกติ ซึ่งในบุคคลอาการไม่รุนแรง โรคไข้เลือดออกอาจหายได้เองภายใน 2-7 วัน สำหรับผู้ป่วย ควรดื่มน้ำผลไม้หรือเกลือแร่เพื่อป้องกันภาวะขาดน้ำ เช็ดตัวด้วยน้ำอุ่นเพื่อลดไข้เป็นระยะ รับประทานอาหารอ่อน และหากมีไข้ให้รับประทานยาลดไข้ เช่น พาราเซตามอล (Paracetamol) ในปริมาณที่แพทย์สั่ง ห้ามรับประทานยาแอสไพริน (Aspirin) หรือยาต้านการอักเสบชนิดที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDs) เด็ดขาด เพราะอาจทำให้เลือดออกง่ายและมากขึ้น เป็นอันตรายถึงชีวิตได้

ชนินทร์ สาริกฤติ, ม.ป.ป., องค์กรพิพิธภัณฑทวิทยาศาสตร์แห่งชาติ

23. จากบทความดังกล่าว การรักษาไข้เลือดออกควรทำอย่างไร
- รักษาตามอาการ และปล่อยให้ร่างกายฟื้นฟูเอง
 - ให้ภูมิต้านทานของร่างกายกำจัดเชื้อโรค
 - รับประทานยาบรรเทาอาการอักเสบ
 - ให้ยาปฏิชีวนะเพื่อฆ่าเชื้อ
24. ข้อใดสรุปบทความนี้ได้ถูกต้อง
- โรคไข้เลือดออกรักษาได้โดยการฉีดเซรุ่ม หลังตรวจพบเชื้อ
 - อาการของไข้เลือดออกนั้นรุนแรงมาก เมื่อเทียบกับโรคอื่น ๆ
 - การทานอาหารที่มีประโยชน์จะช่วยฟื้นฟูร่างกายจากโรคไข้เลือดออก
 - โรคไข้เลือดออกไม่มียาต้านไวรัส ผู้ป่วยจึงต้องได้รับการรักษาตามอาการ

ตอนที่ 5 แบบวัดความสามารถด้านการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Argument) จำนวน
6 ข้อ อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 25

การโคลน (Cloning) เพื่อนำอวัยวะหรือเซลล์มาใช้ในการปลูกถ่าย การโคลนเช่นนี้จะ
เป็นไปเพื่อนำอวัยวะของมนุษย์ที่ถูกโคลนมาใช้ในอนาคต ไม่ว่าจะมีความต้องการอวัยวะใน
ขณะที่มีการโคลนหรือไม่ก็ตาม เช่น คู่สมรสคู่หนึ่งมีบุตรที่ป่วยต้องได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก
(bone marrow) มิฉะนั้นเด็กคนนี้จะถึงแก่ความตาย ในไม่ช้าคู่สมรสคู่นี้จึงตัดสินใจที่จะนำเซลล์
ร่างกายของบุตรคนดังกล่าวมาใช้ในการโคลน เมื่อเด็กที่เกิดมาจากการโคลนเติบโตขึ้นก็จะนำไข
กระดูกมาใช้ในการปลูกถ่ายได้ หรือมิฉะนั้นการโคลนอาจเกิดขึ้นแม้ขณะนั้นจะยังไม่มีความ
ต้องการอวัยวะก็ตาม เช่น เศรษฐีคนหนึ่งอาจต้องการโคลนร่างกายของตนเองไว้ เพื่อในอนาคต
ข้างหน้าหากตนเจ็บป่วยต้องได้รับการปลูกถ่ายอวัยวะ ก็จะสามารถนำอวัยวะจากมนุษย์ที่ถูก
โคลนมาใช้ในการปลูกถ่ายได้ในทันที

นันทน อินทนนท์ และจักรกฤษณ์ ควรพจน์, บทบัณฑิตย เล่มที่ 57

ตอน 1, มีนาคม 2544 หน้า 66-85

25. จากข้อความต่อไปนี้ ข้อใดให้เหตุผลในการโต้แย้งได้เหมาะสมที่สุด

- ก. เห็นด้วยให้มีการโคลนในมนุษย์ เพราะเป็นความยินยอมของเจ้าของเซลล์ และเป็นการ
สร้างธุรกิจการซื้อขายเซลล์ของมนุษย์
- ข. เห็นด้วยให้มีการโคลนในมนุษย์ เพราะพันธุกรรมคือสิ่งที่ธรรมชาติสร้าง ดังนั้นจึงเป็นการ
สืบพันธุ์ที่ไม่ผิดธรรมชาติ
- ค. ไม่เห็นด้วยกับการโคลนในมนุษย์ เพราะมนุษย์ที่เกิดขึ้นจากการโคลนนี้จะถูกนำอวัยวะมา
ใช้ในการปลูกถ่ายให้แก่เจ้าของเซลล์ต้นแบบ
- ง. ไม่เห็นด้วยกับการโคลนในมนุษย์ เพราะจะก่อให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมของ
มนุษย์มากเกินไป

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 26

หากพูดถึงกัญชาบางคนมักจะนึกถึงยาเสพติด เพราะกัญชาถูกเพ่งเล็งไปที่โทษซะมากกว่าจนลืมนึกถึงประโยชน์ของมัน กัญชาก็ไม่ต่างจากยา หรืออาหารอื่น ๆ ซึ่งจะเกิดประโยชน์ หรือโทษนั้นก็อยู่ที่ปริมาณที่รับประทาน หรือปริมาณที่นำเข้าสู่ร่างกาย โดยประโยชน์ของกัญชา ได้แก่ สาร Tetrahydrocannabinol (THC) ในกัญชาทำให้เรารู้สึกผ่อนคลาย สบาย เคลิบเคลิ้ม ทางกรมแพทย์ใช้ในการรักษาอาการเบื่ออาหารในคนที่เป็นโรคเอดส์ ช่วยรักษาโรคไขมันอุดตันหลอดเลือดจากการสูบบุหรี่ โรคหัวใจ ช่วยลดอาการคลื่นไส้อาเจียนในผู้ป่วยมะเร็งได้ และใช้รักษาโรคผิวหนังอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบสาร Cannabidiol (CBD) ในกัญชา ที่มีฤทธิ์ยับยั้งมะเร็ง สามารถบรรเทาอาการเจ็บปวดได้ดี ไม่มีฤทธิ์ต่อจิต และประสาท อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงแม้เล็กสูบกะทันหัน

ในประเทศไทยแม้จะเคยมีการเรียกร้องให้ถอดกัญชาออกจาก พ.ร.บ.ยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา แต่เรื่องยังอยู่ระหว่างการพิจารณา และวิจัยอย่างถี่ถ้วน เพราะการเปลี่ยนแนวความคิดเดิม ๆ ของคนไทย ที่มีต่อกัญชานั้น เป็นเรื่องอ่อนไหว และต้องใช้เวลาในการผลักดันอยู่พอสมควร อย่างไรก็ตาม หากกัญชาถูกถอดออกจาก พ.ร.บ.ยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 สำเร็จนั้น จะเป็นประโยชน์ต่อวงการแพทย์อย่างมาก

เพชรกวินท์ เนื่องสมศรี, ม.ป.ป., องค์กรพิพิธภัณฑวิทยาศาสตร์แห่งชาติ

26. จากข้อความต่อไปนี้ ข้อใดให้เหตุผลในการโต้แย้งได้เหมาะสมที่สุด
- ก. สนับสนุนให้ใช้กัญชา ควรมีการอนุญาตให้เกษตรกรไทยสามารถเพาะปลูกกัญชาได้ เพื่อเป็นการสร้างอาชีพ สร้างรายได้พัฒนาประเทศชาติ
 - ข. เห็นด้วยให้ใช้กัญชา ควรมีมาตรการคัดกรองผู้ขออนุญาตเพาะปลูก การตรวจสอบและอนุญาตให้ปลูกกัญชาเพื่อนำมาใช้ในทางการแพทย์เท่านั้น
 - ค. ไม่เห็นด้วยกับการใช้กัญชา เพราะกัญชาเป็นสารเสพติด มีฤทธิ์ต่อจิตประสาท สามารถทำลายระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน สมอง สุขภาพจิต และอาจนำไปสู่การเป็นโรคมะเร็งปอดได้
 - ง. ไม่เห็นด้วยกับการใช้กัญชา เพราะการรักษาโรคต่าง ๆ ทางกรมแพทย์สามารถใช้วิธีการรักษาอื่น ๆ แทนการใช้กัญชาได้ เช่น โรคมะเร็ง สามารถรักษาได้โดยการผ่าตัดและฉายรังสี

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 27

ผงชูรส (Monosodium glutamate) ไม่ใช่สารพิษอะไร มันเป็นเครื่องปรุงรสอาหารเท่านั้น องค์ประกอบก็แค่โซเดียม (Sodium) และกรดอะมิโนกลูตามิก (Glutamic acid) หรือเกลือของโปรตีน ซึ่งไม่ใช่สารพิษ ถ้าไม่ได้ต้องควบคุมโซเดียม เช่น โรคความดันสูง โรคไต โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคอัมพฤกษ์ อัมพาต หรือกินมากเกินไป (เป็นกิโล) ก็ไม่ได้ต้องกลัวกัน ที่เคยกลัวกันว่าทำให้ผมร่วงหรือเป็นมะเร็งนั้น มันเป็นแค่ความเชื่อตาม ๆ กันมาอย่างผิด ๆ กรดกลูตามิกคือสารอูมามิ ที่เราได้รับมาตั้งแต่ในนมแม่ นมแม่มีกรดกลูตามิกมากกว่านมวัวถึง 10 เท่า สกัดครั้งแรกจากสาหร่ายคอมบุ และเวลาทำน้ำชูปเรามากจะใส่วัตถุขี้ดขี้ตบที่มีกรดกลูตามิกสูง ๆ ลงไป เช่น มันฝรั่ง หัวหอม ของแห้ง สาหร่าย พอใส่เกลือลงไป มันก็เหมือนใส่ผงชูรส ส่วนเรื่องของโซเดียมนั้น ผงชูรส 1 ช้อนชา มีโซเดียม 500 มิลลิกรัม เมื่อเทียบกับเกลือ 1 ช้อนชา มีโซเดียม 2,000 มิลลิกรัม ซึ่งในหนึ่งวันผู้ใหญ่ไม่ควรกินโซเดียมเกิน 2,000 มิลลิกรัม ส่วนเด็กไม่ควรกินโซเดียมเกิน 1,900 มิลลิกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณโซเดียมเพียงเล็กน้อยก็เพียงพอสำหรับร่างกายแล้ว

เจษฎา เต็นดวงบริพันธ์, 2014, วิทยาศาสตร์ว่าง ปี2 ตอน ผงชูรส ใครว่าอันตราย

เพลงถึงบางอ้อกับหมอเอ, 2019

ฉัตรชัย นกดี, 2017, www.thaihealth.or.th

27. จากข้อความต่อไปนี้ ข้อใดให้เหตุผลในการโต้แย้งได้เหมาะสมที่สุด
- ก. เห็นด้วยกับการบริโภคผงชูรส เนื่องจากกรดกลูตามิกสามารถพบได้ทั้งในนมแม่ และวัตถุขี้ดขี้ตบประกอบอาหาร
 - ข. เห็นด้วยกับการบริโภคผงชูรส ควรทานในปริมาณที่เหมาะสมกับร่างกาย เพื่อป้องกันการเกิดโรคจากโซเดียมที่มากเกินไป
 - ค. ไม่เห็นด้วยกับการบริโภคผงชูรส เพราะปริมาณของโซเดียมที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดโรคมะเร็ง
 - ง. ไม่เห็นด้วยกับการบริโภคผงชูรส เพราะการทานผงชูรสจะก่อให้เกิดอาการแพ้ได้

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 28

พาราควอต ชื่อของสารเคมีกำจัดวัชพืช หรือยาฆ่าหญ้าที่เกษตรกรไทยนิยมใช้ในพืชไร่ ทำให้วัชพืชแห้งเหี่ยวและตายได้ภายใน 1-2 ชั่วโมง โดยไม่มีฤทธิ์ทำลายระบบรากของพืชประธาน ใช้ในไร่อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา

ข้อมูลของสำนักงานสิ่งแวดล้อมสหรัฐฯ (EPA) ระบุว่า พาราควอตมีพิษสูง แค่การกินเพียงจิ๊บเดียวก็ถึงแก่ชีวิตได้ โดยไม่มียาถอนพิษ เมื่อปี 2009 องค์การอนามัยโลก จัดให้พาราควอต เป็นสารเคมีอันตราย ปานกลาง แต่มีข้อสังเกตในรายงานว่ามีผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวหากถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกาย และเป็นอันตรายแก่ชีวิตหากรับประทาน หรือสัมผัสกับผิวหนังในบริเวณกว้าง ด้านศูนย์พิษวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี รายงานสถิติผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษพาราควอต ช่วงปี 2553-2559 ว่ามีจำนวน 4,223 ราย มีผู้เสียชีวิตคิดเป็น 46.18% สาเหตุหลักเกิดจากการนำไปใช้ฆ่าตัวตาย 56.60% สถิติที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งคือ มีผู้เสียชีวิตด้วยพาราควอตจากการประกอบอาชีพ 8.19% คิดเป็นจำนวน 171 ราย ประชาคมนักวิชาการที่สนับสนุนการยกเลิกพาราควอต ได้เผยแพร่งานวิชาการหลายชิ้นที่ระบุว่า พาราควอต สัมพันธ์กับการก่อโรคมะเร็งกินสัน เป็นพิษเฉียบพลันสูงจากการสูดดม การสวมเสื้อผ้าแบบปกปิดมิดชิดก็ไม่สามารถป้องกันการสัมผัสทางผิวหนังได้ และบาดแผลเผาไหม้ที่เกิดจากพาราควอตเองจะทำให้พาราควอต ผ่านเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็ว

สำหรับประเทศไทย มติของคณะกรรมการวัตถุอันตราย เมื่อวันที่ 14 ก.พ. 2562 ยืนยันมติเดิมไม่ยกเลิกนำเข้าและใช้สารเคมีเกษตร ‘พาราควอต’ โดยอ้างว่า ปัจจุบันยังไม่มีสารหรือมาตรการทดแทน ดังนั้น จึงสั่งให้กรมวิชาการเกษตร เร่งดำเนินการให้สำเร็จลุล่วง คาดว่าภายในปี 2563 หรือ 2 ปีหลังจากนี้ จะยกเลิกได้ถาวร

ธัญพร บัวทอง, 17 กุมภาพันธ์ 2019, ชาวบีบีซีไทย

28. จากข้อความต่อไปนี้ ข้อใดให้เหตุผลในการโต้แย้งได้เหมาะสมที่สุด

- ก. ไม่เห็นด้วยให้มีการใช้พาราควอต เพราะพาราควอตมีอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกร อาจตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม
- ข. ไม่เห็นด้วยให้มีการใช้พาราควอต เพราะคณะกรรมการวัตถุอันตรายมีอำนาจในการยกเลิกนำเข้าและยกเลิกการใช้พาราควอต
- ค. ไม่เห็นด้วยให้มีการใช้พาราควอต เพราะแท้จริงแล้วสามารถใช้สารเคมีที่ได้จากกระบวนการหมักแทน พาราควอตได้
- ง. ไม่เห็นด้วยให้มีการใช้พาราควอต เพราะมีเกษตรกรไทยจำนวนมากที่ต้องการใช้พาราควอตดูแลผลผลิตทางการเกษตร

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 29

เมื่อคุณว่ายน้ำทะเลในขณะที่บนผิวมีครีมกันแดดเคลือบอยู่ สารเคมีอย่าง oxybenzone จะหลุดปนเปื้อนลงในน้ำทะเล และเมื่อปะการังดูดซับสารเคมีเหล่านี้เข้าไป สารเคมีจะทำลายวงจรการสืบพันธุ์ตลอดจนการเติบโตของปะการัง และในที่สุดพวกมันจะกลายเป็นปะการังฟอกขาว แต่อย่าคิดว่าคงไม่เป็นไรถ้าแค่นอนอาบแดดอยู่บนหาด เพราะหลังจากที่คุณอาบน้ำชำระล้างครีมกันแดดออกจากผิว สารเคมีเหล่านี้ก็จะไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ และไหลลงสู่มหาสมุทรเช่นกัน ซึ่งในแต่ละปีมีครีมกันแดดปริมาณมากถึง 14,000 ตัน ไหลลงสู่ระบบนิเวศในทะเล แม้ว่ารัฐฮาวายมีแผนจะแบนครีมกันแดด แต่ก็ใช้ว่ามนุษย์ต้องลาขาดจากครีมกันแดดอย่างถาวร เพราะอย่าลืมว่าสารเคมีเหล่านี้มีส่วนช่วยปกป้องผิวของเราไม่ให้เกิดการไหม้ ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดมะเร็งผิวหนังต่อมา ชาวดีก็คือทุกวันนี้มีครีมกันแดดทางเลือกที่ดีต่อทั้งมนุษย์ และทั้งปะการังไปในตัว เนื่องจากมันไม่มีส่วนผสมของสาร oxybenzone ครีมกันแดดทางเลือกเหล่านี้ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) และสังกะสีแทนสาร oxybenzone และยังมีครีมกันแดดสูตร non-nano ที่ปราศจากอนุภาคนาโนที่ซึมเข้าสู่ผิวหนัง นั่นหมายความว่ามันจะไม่ถูกดูดซึมเข้าไปในปะการังเช่นกัน ซึ่งคุณผู้อ่านสามารถตรวจสอบข้อมูลของสินค้าเองได้ผ่านอินเทอร์เน็ตว่าครีมกันแดดที่กำลังคิดที่จะซื้อนั้นดีต่อสิ่งแวดล้อม และมีอนุภาคนาโนหรือไม่ ด้านแพทย์ผิวหนังเองระบุว่า การสวมเสื้อผ้ามิดชิดมีคุณสมบัติในการป้องกันแสงยูวีเทียบเท่ากับการใช้ครีมกันแดด

Elaina Zachos, 12 กรกฎาคม 2562, National Geographic Thailand

29. จากข้อความต่อไปนี้ ข้อใดให้เหตุผลในการโต้แย้งได้เหมาะสมที่สุด

- ก. เห็นด้วยให้ยกเลิกการใช้ครีมกันแดด เพราะสารเคมีกระทบต่อปะการัง
- ข. เห็นด้วยให้ยกเลิกการใช้ครีมกันแดด เพราะสามารถเลือกสวมเสื้อผ้ามิดชิด ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันแสงยูวีเทียบเท่ากับการใช้ครีมกันแดด
- ค. ไม่เห็นด้วยให้ยกเลิกการใช้ครีมกันแดด เพราะมนุษย์มีครีมกันแดดที่ปลอดภัยต่อปะการังเป็นทางเลือก
- ง. ไม่เห็นด้วยให้ยกเลิกการใช้ครีมกันแดด เพราะมนุษย์สามารถเลือกใช้ครีมกันแดดที่ปราศจาก oxybenzone ซึ่งปลอดภัยต่อปะการังได้ เพราะในบางสถานการณ์ยังมีความจำเป็นต้องใช้ครีมกันแดด

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 30

มีสัตว์ป่ามากมายอาศัยอยู่รอบๆ บริเวณโรงไฟฟ้า เชอร์โนบิล ทางตอนเหนือของยูเครน สถานที่ปิดตายมาตั้งแต่ปี 1986 จากอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ที่ร้ายแรงที่สุด ผลการศึกษาก่อนหน้านี้พบประชากรของหมาป่ายุโรปสีเทา และสัตว์ป่าอื่นๆ อีกมากมายที่ใช้ชีวิตอยู่ในเขต Chernobyl Exclusion Zone (CEZ) พื้นที่ขนาด 2,600 ตารางกิโลเมตรที่ยังคงมีค่ากัมมันตภาพรังสีสูง แม้ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่ารังสีเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสัตว์มากน้อยแค่ไหน ทว่าการดำรงอยู่ของพวกมันสร้างความกังวลตามมาว่ายีนที่กลายพันธุ์จากการได้รับรังสี อาจถูกแพร่กระจายออกมานอกเขตเชอร์โนบิล ผลการทดลองล่าสุด ที่มันักวิจัยติดตามการเดินทางของหมาป่าจำนวน 13 ตัว ด้วยปลอกคอวัดปริมาณรังสี พวกเขาพบว่าปริมาณรังสีที่สะสมมีมากขึ้นเมื่อพวกมันต้องเดินทางผ่านพื้นที่ปนเปื้อน ทว่าผลการวิจัยพบว่าพวกมันเดินทางไปได้ไกลกว่าที่คาดคิดกันเอาไว้ เพราะหนึ่งในหมาป่าหนุ่มตัวหนึ่งสามารถเดินทางได้ไกลถึง 400 กิโลเมตร โดยเริ่มต้นจากทางตะวันออกของเบลารุส เข้าสู่ยูเครน และถึงรัสเซียในที่สุด ผลการวิจัยนี้ถูกเผยแพร่ลงใน European Journal of Wildlife Research

รายงานจาก Tim Mousseau นักชีววิทยาจากมหาวิทยาลัยเซาท์แคโรไลนา ผู้ไม่ได้มีส่วนในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนั้นยังพบว่ายีนกลายพันธุ์สามารถส่งต่อไปยังรุ่นถัดไปได้ โดยในสัตว์ขนาดเล็กรังสีก่อให้เกิดเนื้องอก, ต้อกระจก ไปจนถึงขนาดสมองที่เล็กกว่าปกติ และร่างกายที่พัฒนาได้ไม่เต็มที่ กรณีของหมาป่า ประเด็นนี้ยังไม่เป็นที่ชัดเจน “มันมีความเป็นไปได้สูง” Mousseau กล่าว แม้ว่ารอบ ๆ เชอร์โนบิลจะไม่มีประชากรหมาป่าอื่น ๆ ให้หมาป่าจากเชอร์โนบิลผสมพันธุ์ด้วยก็ตาม ด้าน Anders Møller นักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัย Paris-Sud แย้งว่าแม้ผลกระทบจากรังสีจะเป็นอันตราย แต่หมาป่าที่ได้รับผลกระทบจากรังสี ไม่น่าจะเดินทางอพยพได้ไกลขนาดนั้น

Douglas Main, 18 กรกฎาคม 2562, National Geographic Thailand

30. จากข้อความต่อไปนี้ ข้อใดให้เหตุผลในการโต้แย้งได้เหมาะสมที่สุด
- ก. เห็นด้วยว่าหมาป่าจากเซอร์โนบิลอาจแพร่กระจายออกนอกพื้นที่ เนื่องจากความสามารถในการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานจากหมาป่า 13 ตัว มี 1 ตัว ที่สามารถเดินทางได้ไกลถึง 400 เมตร
 - ข. เห็นด้วยว่าหมาป่าจากเซอร์โนบิลอาจแพร่กระจายออกนอกพื้นที่ เนื่องจากยีนที่กลายพันธุ์อาจถ่ายทอดทางพันธุกรรมผ่านการผสมพันธุ์ของหมาป่าจากเซอร์โนบิลและหมาป่าในที่อื่นๆ ได้
 - ค. ไม่เห็นด้วยว่าหมาป่าจากเซอร์โนบิลจะแพร่กระจายออกนอกพื้นที่ เนื่องจากบริเวณรอบ ๆ เซอร์โนบิล ไม่พบหมาป่าชนิดอื่น ๆ อาศัยอยู่
 - ง. ไม่เห็นด้วยว่าหมาป่าจากเซอร์โนบิลจะแพร่กระจายออกนอกพื้นที่ เพราะยีนที่กลายพันธุ์นั้นเป็นลักษณะด้อยที่จะไม่ส่งต่อความผิดปกติทางพันธุกรรม





ภาคผนวก ง

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรมและวิวัฒนาการ

โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แบบทดสอบ หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรมและวิวัฒนาการ

เวลา 60 นาทีวิชา

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ว30101

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

คำชี้แจง ข้อสอบฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน 30 ข้อ เป็นคะแนนรวมทั้งหมด 35 คะแนน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบทดสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด 1 ข้อ ● ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซม ผ่านการสืบพันธุ์แบบ

อาศัยเพศ

- (1) สิ่งมีชีวิตที่เกิดมาจะได้รับโครโมโซมจากพ่อและแม่อย่างละครึ่ง
- (2) สิ่งมีชีวิตที่เกิดมาจะมีโครโมโซมมากกว่าโครโมโซมของพ่อหรือแม่
- (3) ลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกในสิ่งมีชีวิต มาจากโครโมโซมของแม่
- (4) ลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกในสิ่งมีชีวิต มาจากโครโมโซมของพ่อ

2. ส่วนที่เป็นตัวกำหนดรูปร่างของโครโมโซมเรียกว่าอะไร



- (1) เซนโทรเมียร์ (Centromere)
- (2) เซนทริโอล (Centriole)
- (3) โครมาทิด (Chromatid)
- (4) ซิสเตอร์ โครมาทิด (Sister chromatids)

3. ถ้าเซลล์ปัสมีโครโมโซม 18 แท่ง ละอองเรณูของเซลล์ปัสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเท่าใด

- (1) 9 แท่ง
- (2) 18 แท่ง
- (3) 24 แท่ง
- (4) 36 แท่ง

4. ลักษณะทางพันธุกรรมคืออะไร

- (1) การสืบทอดทายาทของสิ่งมีชีวิต
- (2) การกระจายเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตโดยคงลักษณะเดิมไว้
- (3) ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ
- (4) การคัดเลือกพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตโดยอาศัยธรรมชาติหรือมนุษย์

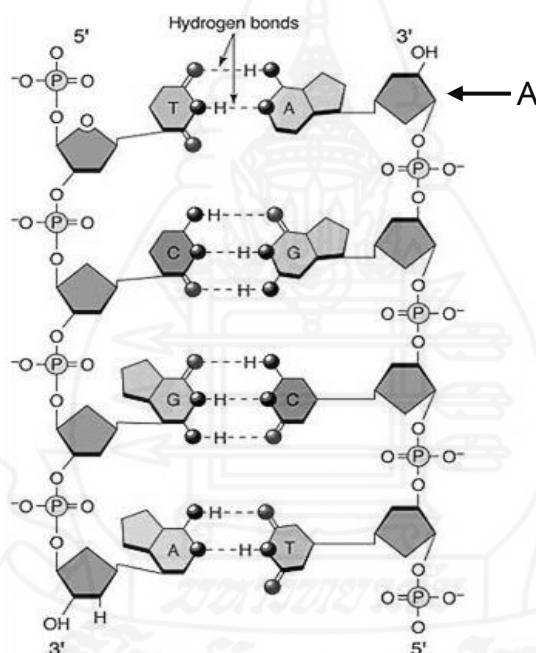
5. ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซมและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์ในข้อใด ถูกต้อง

- (1) มนุษย์ได้รับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ
- (2) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นบนออโตโซมเท่านั้น
- (3) โครโมโซมที่กำหนดเพศของลูกที่เกิดมาได้ จะต้องเป็นโครโมโซมจากพ่อ
- (4) โครโมโซมที่กำหนดเพศของลูกที่เกิดมาได้ จะต้องเป็นโครโมโซมจากแม่

6. โครโมโซมอยู่บริเวณใดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่เป็น ยูแคริโอต (Eukaryote)

- (1) ไซโทพลาสซึม (Cytoplasm)
- (2) ไลโซโซม (Lysosome)
- (3) นิวคลีโอลัส (Nucleolus)
- (4) นิวเคลียส (Nucleus)

7. จากภาพโครงสร้างของ DNA บริเวณ A คืออะไร



- (1) ไนโตรจีนัสเบส
- (2) น้ำตาลเพนโทส
- (3) หมู่ฟอสเฟต
- (4) น้ำตาลไรโบส

8. ข้อใดต่อไปนี้ เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น โดยปราศจากอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม

- (1) ลินดาตัวสูงเหมือนคุณพ่อ
- (2) สาธิตมีผิวสีแทนคล้ายกับคุณแม่
- (3) ลิซามีลักษณะคิ้วคล้ายคุณย่า
- (4) อลินสามารถคิดเลขได้เร็วกว่าเพื่อนวัยเดียวกัน

9. เมื่อนำต้นถั่วลันเตาพันธุ์แท้ซึ่งมีเมล็ดสีเหลือง (YY) ผสมกับต้นถั่วลันเตาพันธุ์แท้เมล็ดสีเขียว (yy)

จะได้ลูกรุ่น F₁ ที่มีจีโนไทป์เป็นอย่างไร

- (1) YY ร้อยละ 50 และ yy ร้อยละ 50 (2) Yy ทั้งหมด
(3) YY ร้อยละ 25 และ yy ร้อยละ 75 (4) yy ทั้งหมด

10. ลักษณะตาบอดสีพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง เพราะเหตุใด

- (1) ลักษณะตาบอดสีเกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซม Y และแสดงออกเมื่อมีฮอรัโมนเพศชาย
(2) ลักษณะตาบอดสีเกิดจากยีนเด่นบนโครโมโซม Y และแสดงออกเมื่อมีฮอรัโมนเพศชาย
(3) ลักษณะตาบอดสีเกิดจากยีนเด่นบนโครโมโซม X และเพศชายมีโครโมโซม X เพียง 1 โครโมโซม
(4) ลักษณะตาบอดสีเกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซม X และเพศชายมีโครโมโซม X เพียง 1 โครโมโซม

11. ชายหนุ่มหมู่เลือด O แต่งงานกับหญิงสาวหมู่เลือด AB ลูกที่เกิดมา จะมีโอกาสเป็นหมู่เลือดใด จงเลือกข้อที่ถูกต้อง

- (1) AB และ O (2) O และ A
(3) O และ B (4) A และ B

12. ข้อใดต่อไปนี้เป็นผลมาจากการกลายพันธุ์ (Mutation)

- (1) อัลไซเมอร์ (2) ไวรัสตับอักเสบบ
(3) มะเร็งปอด (4) โรคซึมเศร้า

13. ข้อใดอธิบายความหมายของการกลายพันธุ์ (Mutation) ได้ถูกต้อง

- (1) กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต
(2) การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม
(3) การแปรผันทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตที่ถูกกำหนดโดยแหล่งที่อยู่อาศัยที่เปลี่ยนแปลงไป
(4) กระบวนการที่ส่งผลให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรม ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะแตกต่าง

จากเดิม

14. ข้อใดต่อไปนี้นักกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดการกลายพันธุ์ (Mutation)

- (1) การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนระหว่างแขนของของโครโมโซมคู่เหมือนจะทำให้เกิดการกลายพันธุ์
(2) การกลายพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้ในเซลล์ร่างกาย (Somatic cell) เท่านั้น
(3) การกลายพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้ในเซลล์สืบพันธุ์ (Gamete) เท่านั้น
(4) รังสีเอกซ์ (X-rays) ปกป้องภัย ไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในเซลล์สืบพันธุ์

15. ข้อใดต่อไปนี้เป็นการใช้การประยุกต์ใช้การกลายพันธุ์ให้เกิดประโยชน์

- (1) การตัดแต่งพันธุกรรมปลานิล
(2) การฉายรังสีเพื่อให้ขุ่นเป็นหมัน

(3) การใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมผลิตวัคซีน

(4) การตัดแต่งยีนในมะเขือเทศให้เน่าเสียช้าลง

16. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรม

(1) เกิดจากการถูกกระตุ้นโดยมิวทาเจนเสมอ

(2) เกิดจากการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษเท่านั้น

(3) เกิดจากความผิดปกติของยีนและโครโมโซม

(4) เกิดจากความแปรผันทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่อง

ตอนที่ 2 จงเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบ

1. พ่อมีจีโนไทป์หมู่เลือดเป็น $I^B i$ แต่งงานกับแม่ที่มีจีโนไทป์หมู่เลือดเป็น $I^A i$ เมื่อมีลูกออกมา ลูกจะมีโอกาสเป็นหมู่เลือด O ร้อยละเท่าไร จงแสดงวิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ชายหนุ่มคนหนึ่งมียืนที่ควบคุมการมองเห็นสีตามปกติ แต่งงานกับหญิงสาวที่มีภาวะตาบอดสี (Color blindness) หากทั้งสองมีลูกด้วยกัน ลูกจะมีโอกาสเกิดภาวะตาบอดสีร้อยละเท่าไร จงแสดงวิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. สามีภรรยาคนหนึ่งได้ตรวจสุขภาพก่อนแต่งงาน พบว่าทั้งคู่เป็นพาหะโรคธาลัสซีเมีย เช่นเดียวกัน โอกาสที่ลูกคนแรกจะเป็นธาลัสซีเมียมีอัตราส่วนเท่าใด จงแสดงวิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. การตัดแปรพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตส่งผลอย่างไรต่อสิ่งแวดล้อม จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

5. ความหลากหลายทางชีวภาพมีความสัมพันธ์ต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร จงอธิบาย

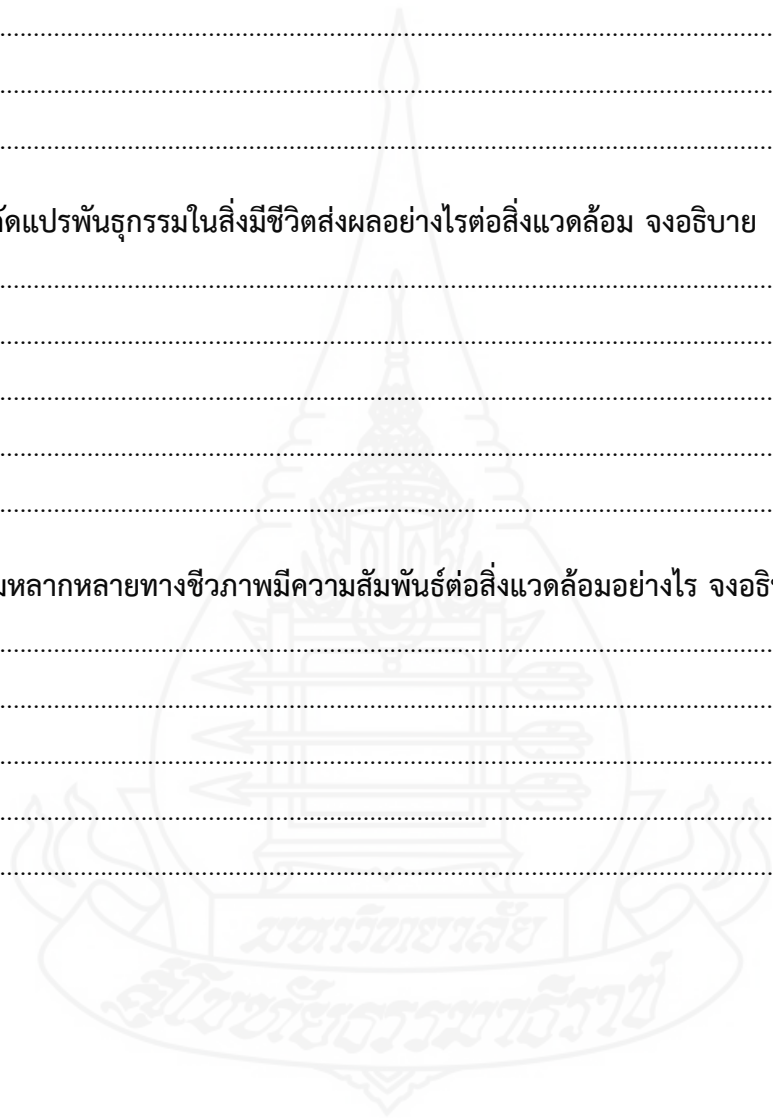
.....

.....

.....

.....

.....



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวธีรศรา แสงมั่ง
วัน เดือน ปีเกิด	18 กันยายน 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	
2554 - 2557	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม) เกียรตินิยมอันดับสอง วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา
2548 - 2553	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี
2542 - 2547	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบรรจจรัตน์ จังหวัดลพบุรี
2538 - 2541	ระดับอนุบาล โรงเรียนอนุบาลบรรจจรัตน์ จังหวัดลพบุรี
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการสุวรรณภูมิ
ตำแหน่ง	นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ฝ่ายผลิตงาน

