

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน

วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2569

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2569
สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อเรื่อง	:	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ผู้วิจัย	:	นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน
ปริญญา	:	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ
ปีที่สำเร็จการศึกษา	:	2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน จากการสุ่มแบบกลุ่ม ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.58-4.65 อยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด 2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล เป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน (Two-Tier Multiple Choice Test) ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น มีค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 มีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 0.38–0.80 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20–0.50 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 3) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 มีดัชนีความยาก อยู่ระหว่าง 0.65–0.80 มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20–0.45 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.64 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบทีแบบกลุ่มไม่อิสระ

ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (CU) คิดเป็นร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 35.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) คิดเป็นร้อยละ 28.87 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) คิดเป็นร้อยละ 12.25 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์, การคิดอย่างมีวิจารณญาณ, ของแข็งและของไหล

_____อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Title : The Problem-Based Learning to Promote Scientific Conceptual Understanding and Critical Thinking on Solids and Fluids for Grade 12 Students
Author : Miss Anuthida Terngsungnern
Degree : Master of Education (Science Education)
Rajabhat Mahasarakham University
Advisors : Assoc. Prof. Dr.Paisarn Worakham
Year : 2026

ABSTRACT

This objectives of this research were to: 1) study the scientific conceptual understanding on the topic of solids and fluids among Grade 12 students after the problem-based learning (PBL), and 2) compare the critical thinking of Grade 12 students before and after the problem-based learning. The research sample consisted of 40 Grade 12 students from Phadungnaree School, Mueang Maha Sarakham District, Maha Sarakham Province, during the first semester of the 2025 academic year. The sample was selected through cluster random sampling, with the classroom serving as the randomization unit. The research instruments included: 1) four problem-based learning lesson plans on the topic of solids and fluids, with a total instructional time of 12 hours. The mean scores ranged from 4.58–4.65, indicating the highest level of appropriateness; 2) a two-tier multiple-choices of scientific conceptual understanding test on solids and fluids. The first tier consisted of 20 four multiple-choices question, and the second tier required students to provide reasons for their selected choice. The test had an Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranging from 0.67-1.00, difficulty indices ranging from 0.38-0.80, discrimination ranging from 0.20-0.50, and a reliability of 0.72; and 3) 12 items, four-choice multiple-choices critical thinking test. The test had an IOC ranging from 0.67-1.00, difficulty indices ranging from 0.65-0.80, discrimination ranging from 0.20-0.45, and a reliability of 0.64. The data were analyzed using frequency, mean, standard deviation, percentage, and Dependent-Samples t-test.

The research findings revealed that: 1) after the problem-based learning, Grade 12 students demonstrated scientific conceptual understanding as follows: 22.37 percent Complete Understanding (CU), 35.25 percent Partial Understanding (PU), 28.87 percent Specific Misconception (SM), and 12.25 percent No Understanding (NU) and No

Response (NR); and 2) Grade 12 students' overall and individual aspects of critical thinking after the problem-based learning were significantly higher than before the learning at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Problem-Based Learning, Understanding of Scientific Concepts, Critical Thinking, Solids and Fluids

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

_____Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องและให้คำแนะนำ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบวิทยานิพจน์ ที่ให้คำแนะนำและให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.อรัญ ซุยกระเดื่อง รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เหลากูล และ คุณครูจุไรรัตน์ ธนยั่งยืน ที่ให้ความกรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญให้การวิจัยครั้งนี้มีมาตรฐานและสำเร็จได้ด้วยดีในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร คณะครู บุคลากรทางการศึกษา และนักเรียนโรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ตา ยาย และสมาชิกในครอบครัวผู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามและบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่ไม่ได้กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้แก่ผู้วิจัยให้ประสบความสำเร็จ ขอดลบันดาลใจให้ทุกท่านพบแต่ความสุขตลอดไป และมอบเป็นวิทยาทานแก่ทุกท่าน

นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก

ABSTRACT ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 6

1.3 สมมุติฐานการวิจัย 6

1.4 ขอบเขตการวิจัย 6

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 7

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ 9

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 10

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 10

2.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 23

2.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 33

2.4 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 39

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 53

2.6 กรอบแนวคิดวิจัย 58

หัวเรื่อง **หน้า**

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 59
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 59
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 59
3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 60
3.4 รูปแบบการวิจัย 67
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 67
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 68
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 73
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 73
4.2 ขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย 73
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 74
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 90
5.1 สรุป 90
5.2 อภิปรายผล 90
5.3 ข้อเสนอแนะ 96
บรรณานุกรม 98
ภาคผนวก 108
ภาคผนวก ก 109
ภาคผนวก ข 114
ภาคผนวก ค 141
ภาคผนวก ง 152
การเผยแพร่ผลงานวิจัย 164
ประวัติผู้วิจัย 165

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 5 หน่วยการเรียนรู้เรื่องของแข็งและของไหล..... 20
3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นรายวิชาฟิสิกส์ 5 เรื่อง ของแข็งและของไหล..... 61
3.2 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์..... 63
3.3 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 65
3.4 แบบการทดลอง One Group Pretest-Posttest Design..... 67
4.1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน..... 74
4.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังเรียนจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้สถิติที (n=40)..... 89
ง.1 ค่าเฉลี่ยการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน..... 153
ง.2 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง ของแข็งและของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6..... 155
ง.3 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องของแข็งและของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6..... 157
ง.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับตามวิธีของ Cronbach’s Alpha Coefficient Method..... 158
ง.5 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 160
ง.6 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 161
ง.7 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับตามวิธีของ Kuder-Richardson Methods..... 162

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย..... 58
4.1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องสภาพยืดหยุ่นและลักษณะกายืด..... 76
4.2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด..... 76
4.3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความเค้นตามยาว..... 77
4.4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความเค้นตามยาว..... 78
4.5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความเครียดตามยาว..... 79
4.6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความเครียดตามยาว..... 79
4.7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องมอดุลัสของยัง..... 80
4.8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องมอดุลัสของยัง..... 81
4.9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความดันเกจ..... 81
4.10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความดันเกจ..... 82
4.11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความดันสัมบูรณ์..... 83
4.12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความดันสัมบูรณ์..... 83
4.13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความดันบรรยากาศ..... 84
4.14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความดันบรรยากาศ..... 85
4.15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก..... 86
4.16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก..... 86

ภาพที่ **หน้า**

4.17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องแรงพยุงจากของไหล..... 87
4.18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องแรงพยุงจากของไหล..... 88

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ อันเป็นทักษะที่จำเป็นในโลกยุคดิจิทัลที่เต็มไปด้วยข้อมูลข่าวสาร การพัฒนาทักษะดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และสามารถใช้ความรู้เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (National Research Council, 2012) ในระดับนโยบายชาติ การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของยุทธศาสตร์การศึกษาแห่งชาติของประเทศไทย นโยบายการปฏิรูปการศึกษาตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการพัฒนาเยาวชนให้มีทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถทางวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและสังคม นอกจากนี้ กระทรวงศึกษาธิการยังได้กำหนดหลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency-Based Curriculum) ที่เน้นการส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการประเมิน แยกแยะ และตีความข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันในโลกที่อยู่ในยุคที่ข้อมูลข่าวสารที่มีมากมายและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ และพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งการมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่แม่นยำจะช่วยให้สามารถเข้าใจหลักการพื้นฐานและนำไปต่อยอดในระดับที่สูงขึ้นได้

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดความเข้าใจที่บุคคลสร้างขึ้นจากการรวบรวมข้อเท็จจริง หลักการ ผลการทดลอง และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ มาประมวลอย่างมีเหตุผลจนเกิดเป็นข้อสรุปที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ มโนมติทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการสร้างความเข้าใจเชิงลึกและการอธิบายเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (พิชา ชัยจันดี, 2551) ทั้งนี้ การที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องจะช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างมีเหตุผล เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้อย่างเป็นระบบ ลดความเข้าใจคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์รวมถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (Novak, 2010) นอกจากนี้แล้ว ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้นักเรียนมีเจตคติทางการเรียนที่ดีขึ้น เกิดความเข้าใจที่ซาบซึ้งในคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ และช่วยเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ (Johnson, 2015) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ยังเป็นรากฐานของการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NRC., 2012) อีกประการหนึ่งด้วย มโนมติทางวิทยาศาสตร์เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์ เพราะธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Nature of Scientific Knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอ หากมีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม (ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2551) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรมุ่งเน้นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบและสะท้อนความคิดเดิมของตน วิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีระบบ และสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านกระบวนการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Reith and Nehring, 2020)

นอกจากการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แล้ว การส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก็ถือเป็นอีกเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นทักษะที่ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ ประเมิน และตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ อันจะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการระบุเรื่องหรือปัญหา จำแนกแยกแยะ เปรียบเทียบข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มอย่างเป็นระบบ ระบุเหตุผลหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล และตรวจสอบข้อมูลหรือหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอในการตัดสินใจแก้ปัญหา (Facione, 2015; Ennis, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นหาความรู้ ทฤษฎี หลักการตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมายและลงข้อสรุป ฝึกการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา และพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องใน สถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง (ทิศนา แขมมณี, 2544) นอกจากนี้การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญ ที่ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดด้านอื่น ๆ ที่สูงขึ้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะช่วยให้รู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องต้นของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง รู้รายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ทำให้ได้ข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานความรู้ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาได้ถูกต้อง (มนตรี วงษ์สะพาน, 2556) ดังนั้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นทักษะการคิดที่ต้องได้รับการพัฒนาให้เกิดกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้ด้วยตัวเองให้เกิดความสำเร็จในการเรียนรู้ เพราะการเรียนรู้ที่ดีต้องเป็นเรื่องของการรู้จักคิด การจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดเป็น เรียนรู้เป็น สามารถจำแนก ให้เหตุผล จับประเด็น เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ตัดสินใจและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2549)

แม้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพ แต่ในปัจจุบันยังคงพบว่านักเรียนจำนวนมากขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Ennis, 2011) และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง (Vosniadou, 2012) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถประเมินข้อมูล แยกแยะความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์และสร้างความเข้าใจเชิงลึกในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Zohar and Dori, 2003) การขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะนี้มักเกิดจากแนวทางการสอนแบบดั้งเดิมที่เน้นการถ่ายทอดความรู้จากครูสู่นักเรียนในลักษณะของการบรรยายและการท่องจำ ซึ่งไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตั้งคำถาม สืบค้น หรือให้เหตุผลเชิงตรรกะ ส่งผลให้นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้รับข้อมูลอย่างเดียว และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับแนวคิดเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chin and Brown, 2000) นอกจากนี้ ปัญหาการประเมินผลการเรียนรู้ที่ยังคงเน้นการวัดความจำของนักเรียนมากกว่าความสามารถในการใช้เหตุผลหรือแก้ไขปัญหา ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่บั่นทอนการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในระยะยาว แม้ว่านักเรียนบางคนอาจสามารถจำข้อมูลวิทยาศาสตร์ได้ แต่หากขาดทักษะในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก็อาจไม่สามารถเข้าใจเนื้อหานั้นในเชิงลึก และยากที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือในชีวิตจริงได้ (Özdemir and Clark, 2007) การคิดอย่างมีวิจารณญาณที่อ่อนแอจึงส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการสร้างและปรับเปลี่ยนมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะเมื่อแนวคิดนั้นมีลักษณะเป็นนามธรรมหรือซับซ้อน เช่น แนวคิดเรื่องของแข็งและของไหล แรงพยุง สนามแม่เหล็ก หรือโครงสร้างอะตอม การขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นความเข้าใจผิดที่ฝังแน่นในความคิดของนักเรียน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ ความเชื่อที่ว่าฤดูกาลเกิดจากโลกอยู่ใกล้หรือไกลจากดวงอาทิตย์ ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้ว ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากความเอียงของแกนโลก ซึ่งส่งผลต่อมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบยังพื้นผิวโลก (Sadler, 2004) ความเข้าใจที่ผิดเช่นนี้ไม่ได้เกิดจากการขาดข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการตีความข้อมูลโดยปราศจากการวิเคราะห์เหตุและผลอย่างมีระบบ การไม่มีทักษะในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบหรือโต้แย้งความเข้าใจเดิมของตนได้ และยังทำให้ขาดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจไปสู่มโนมติที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้

การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเป็นรากฐานของการพัฒนากระบวนการคิดเชิงเหตุผล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาและตัดสินใจในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม ปัญหาด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ยังคงเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจจากนักการศึกษาและนักวิจัยทั่วโลก เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการศึกษาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแข่งขันของเยาวชนในยุคศตวรรษที่ 21 ในระดับนานาชาติ ผลการวิจัยจำนวนมากบ่งชี้ว่า นักเรียนในหลายประเทศยังคงประสบปัญหาในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทำความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น รายงานจากโครงการประเมินผลนักเรียนระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) พบว่านักเรียนจากหลายประเทศ

ขาดความสามารถในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ซึ่งเป็นผลจากการเรียนการสอนที่เน้นความจำมากกว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการสร้างความเข้าใจเชิงลึก (OECD, 2018; DeBoer, 2011) สำหรับประเทศไทย ผลการประเมินทางการศึกษาระดับประเทศ เช่น การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ ผลการทดสอบ PISA ยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนด้านวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศ OECD สะท้อนถึงปัญหาเชิงระบบในกระบวนการเรียนการสอนที่ยังไม่สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562; OECD, 2019) สอดคล้องกับปัญหาที่พบในการศึกษาขั้นพื้นฐานที่พบว่านักเรียนยังขาดการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้ปัญหา และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ จากการรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี ปีการศึกษา 2566 และ 2567 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เพียง 29.09 คะแนน และ 28.95 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 30 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติองค์การมหาชน, 2568) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากนักเรียนบางส่วนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้การเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นมีความซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ (Talanquer, 2017) การวิจัยทางการศึกษายืนยันว่าการสอนที่ช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสังเกต ทดลอง และอภิปราย สามารถส่งเสริมความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว (Chi, 2009) ดังนั้น การสอนทักษะการคิดเฉพาะอย่างเป็นขั้นตอน การฝึกนำทักษะไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย การประเมินและสะท้อนกระบวนการคิดของตนเอง และการประยุกต์ใช้ทักษะการคิดในการดำเนินชีวิตประจำวัน แนวคิดดังกล่าวสะท้อนการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด วิเคราะห์ และพิจารณาเหตุผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาความสามารถในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม (Halpern, 2013) แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างกว้างขวาง แต่ส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการศึกษาทักษะดังกล่าวแยกจากกันหรือศึกษาในบริบททั่วไป ยังขาดการศึกษาที่บูรณาการการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่กับการปรับเปลี่ยนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างชัดเจน

การแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ควรเริ่มต้นจากการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่กันไป เพราะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดใหม่ได้อย่างถูกต้อง แต่ยังส่งเสริมให้เกิดการตรวจสอบ ปรับเปลี่ยนและขยายความเข้าใจของตนอย่างต่อเนื่อง (Vosniadou, 2012) การพัฒนาทักษะเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยแนวทางการเรียนการสอนที่เหมาะสม ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนการคิดเชิงเหตุผลและมีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์จริง (Driver, Guesne and Tiberghien, 1985) แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิด เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning), การใช้คำถามชั้นสูง (Higher-order Questioning), และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative

Learning) จึงเป็นแนวทางที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (King, 1994; Zohar and Dori, 2003) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น เมื่อนักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย จะเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งการกระตุ้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อใช้แก้ปัญหา (Evensen et al., 2000) การจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการสอนที่เน้นให้นักเรียนเผชิญกับปัญหาจริง และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาผ่านการวิเคราะห์ข้อมูล การตั้งคำถาม การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการสังเคราะห์แนวทางแก้ไขไปประยุกต์ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์จริง ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hmelo-Silver, 2004) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ (Savery, 2006) กระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติ ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Barrows, 1986; Hmelo-Silver, 2004) นอกจากนี้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงศักยภาพและใช้ความสามารถของตนในการแก้ไขปัญหาอย่างเหมาะสม ทำให้เกิดความภาคภูมิใจและมีความสุขในการเรียนรู้ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น การปรับตัวทางสังคม และทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง (ทับทิม เป็งมล, 2564) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แนวทางนี้จะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น เพราะต้องค้นคว้าหาข้อมูล พิจารณาทางเลือก และอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุป วิธีการนี้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขความเข้าใจผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการท่องจำแบบผิวเผินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ertmer and Simons, 2006) และจากงานวิจัยของ ณัฏฐ์ เนาว์ช้าง (2563) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ศักดิ์ศรี สืบสิงห์ (2565) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ พงศ์ธร จารุตัน และ พรชัย ผาดไธสง (2567) ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนให้สูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของนักเรียน แม้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็น

ฐานจะได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหา แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังขาดการศึกษาที่บูรณาการการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่กับการส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างชัดเจน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มุ่งเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ดังกล่าว และเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในบริบทของสถานศึกษาจริงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1.2.2 เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนเรียน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 5 ห้อง รวมทั้งหมด 200 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.2.1 ตัวแปรต้น คือ

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1.4.2.2 ตัวแปรตาม คือ

1) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ของแข็งและของไหล จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง ดังนี้

1) สภาพยืดหยุ่นของวัสดุที่เป็นแท่ง	เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
2) มอดุลัสของยัง	เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
3) ความดันในของไหล	เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
4) แรงพยุงจากของไหล	เวลาเรียน 3 ชั่วโมง

1.4.4 ระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

1.4.5 สถานที่ในการวิจัย

โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นฐานการศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ให้มีความสอดคล้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริง โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1.5.1.1 เชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา เป็นขั้นที่ครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถระบุสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้อยากเรียน และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

1.5.1.2 กำหนดแนวทางที่เป็นไปได้ นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการศึกษา ค้นคว้า ทำความเข้าใจ อภิปรายปัญหากันภายในกลุ่ม ระดมสมองคิดวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการหาคำตอบ ครูคอยช่วยเหลือกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายภายในกลุ่มให้นักเรียนเข้าใจวิเคราะห์ปัญหาแหล่งข้อมูล

1.5.1.3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองและด้วยวิธีการที่หลากหลาย

1.5.1.4 สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนนำข้อค้นพบ ความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน นำมาอภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

1.5.1.5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามานั้นมีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ และทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

1.5.1.6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ครูประเมินผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ

1.5.2 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอัน เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับ สิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเป็นข้อสรุป วัดโดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น จำนวน 20 ข้อ และจัดระดับความเข้าใจของนักเรียน ตามแนวคิดของ Coştu and Ayas (2005) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1.5.2.1 ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

1.5.2.2 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

1.5.2.3 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

1.5.2.4 ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

1.5.2.5 ไม่ตอบ (No Response: NR) หมายถึง คำตอบของนักเรียน ไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

1.5.3 การคิดอย่างมีวิจารญาณ หมายถึง การแยกแยะข้อมูล การตรวจสอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เพื่อค้นหาความจริงหรือสาเหตุที่แท้จริง วัดโดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารญาณ เป็นข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ ตามแนวคิด Lai (2011) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1.5.3.1 การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน หมายถึง กระบวนการตรวจสอบและประเมินองค์ประกอบสำคัญของข้อมูลหรือข้อความที่ถูกนำเสนอเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น หรือข้อสรุปใด ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้าง ตรรกะ และความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งดังกล่าว

1.5.3.2 การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หรือการนิรนัย (Deductive Reasoning) หมายถึง กระบวนการคิดเชิงตรรกะที่นำข้อมูล หลักฐาน หรือ

ข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปอย่างเป็นระบบ โดยใช้วิธีการให้เหตุผลที่แตกต่างกันตามลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์

1.5.3.3 การตัดสินใจแก้ไขปัญหา หมายถึง กระบวนการคิดที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน เพื่อนำไปสู่การเลือกทางเลือกหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

1.5.3.4 การตัดสินประเมินผล หมายถึง กระบวนการคิดอย่างมีวิจารญาณ ที่มุ่งเน้นการพิจารณาและประเมินคุณค่า ความเหมาะสม หรือความถูกต้องของข้อมูล หลักฐาน ความคิดเห็นหรือสถานการณ์ใด ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือตัวชี้วัดที่ชัดเจนและมีเหตุผลรองรับ

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและช่วงอายุของนักเรียน

1.6.2 เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ไปต่อยอดการจัดการเรียนสอนได้

1.6.3 นักเรียนมีความสามารถในความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เข้าใจและการคิดวิเคราะห์มากขึ้น

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องของแข็งและของไหล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน
3. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดวิจัย

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

กระทรวงศึกษาธิการได้มีการประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเป้าหมายของหลักสูตรเน้นการพัฒนาคุณภาพนักเรียน กระบวนการนำหลักสูตรไปใช้ในระดับเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษา และได้มีการกำหนดวิสัยทัศน์ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของนักเรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ชัดเจน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนในแต่ละระดับชั้น และนอกจากนั้นยังได้กำหนดโครงสร้างเวลาเรียนขั้นต่ำของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ไว้ในหลักสูตรแกนกลางของแต่ละระดับชั้น เปิดโอกาสให้สถานศึกษาสามารถจัดเวลาเรียนเพิ่มเติมได้ตามความพร้อม ปรับปรุงวิธีการวัด ประเมินผลนักเรียน เกณฑ์กานจบการศึกษาแต่ละระดับ และเอกสารแสดงหลักฐานทางการศึกษาใหมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้

2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมี

พระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้อันเป็นสากลและมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมลูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

2.1.4 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

การพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งการพัฒนานักเรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.4.1 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้องตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคมแสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม สภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

2.1.4.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1) รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2) ซื่อสัตย์สุจริต

3) มีวินัย

4) ใฝ่เรียนรู้

5) อยู่อย่างพอเพียง

6) มุ่งมั่นในการทำงาน

7) รักความเป็นไทย

8) มีจิตสาธารณะ

2.1.5 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

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

2.1.5.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2.1.5.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

2.1.5.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

2.1.5.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

2.1.5.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

2.1.5.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2.1.5.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.1.6 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.1.6.1 สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

1) มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของ

สัตว์ และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.6.2 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

1) มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2) มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.6.3 สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

1) มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

2) มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.6.4 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

1) มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2) มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

2.1.7 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.1.7.1 สาระชีววิทยา

1) เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2) เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติ และหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชี่ส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนองการเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพและพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5) เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

2.1.7.2 สาระเคมี

1) เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2.1.7.3 สาระฟิสิกส์

1) เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยน

พลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊สทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.7.4 สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1) เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3) เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

2.1.8 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลางวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้วิชาฟิสิกส์ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.1.8.1 สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

2.1.8.2 อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวด ตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

2.1.8.3 อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.4 สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.1.8.5 อธิบายและคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

2.1.8.6 อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.7 อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยน สถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอน ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

2.1.8.8 อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.9 อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.10 อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิด โดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบ ไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

2.1.8.11 อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.1.8.12 อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

2.1.8.13 ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล

2.1.8.14 ทดลอง อธิบาย และคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว

2.1.8.15 อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

2.1.8.16 อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไม่โพลาไรส์ แสงโพลาไรส์เชิงเส้น และแผ่นโพลารอยด์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.17 สืบค้นและอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศ และเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล

2.1.8.18 อธิบายสมมติฐานของพลังค์ ทฤษฎีอะตอม ของโบร์ และการเกิดเส้นสเปกตรัมของ อะตอมไฮโดรเจน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.19 อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและคำนวณพลังงานโฟตอน พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะ

2.1.8.20 อธิบายทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค รวมทั้งอธิบายและคำนวณความยาวคลื่นเดอบรอยล์

2.1.8.21 อธิบายกัมมันตภาพรังสีและความแตกต่างของรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา

2.1.8.22 อธิบายและคำนวณกัมมันตภาพของ นิวเคลียสกัมมันตรังสี รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณจำนวนนิวเคลียสกัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการสลายและครึ่งชีวิต

2.1.8.23 อธิบายแรงนิวเคลียร์ เสถียรภาพของนิวเคลียส และพลังงานยึดเหนี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.8.24 อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชันและฟิวชัน รวมทั้งคำนวณพลังงานนิวเคลียร์

2.1.8.25 อธิบายประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์และรังสี รวมทั้งอันตรายและการป้องกันรังสีในด้านต่าง ๆ

2.1.8.26 อธิบายการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค แบบจำลองมาตรฐาน และการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ

2.1.9 ผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ 5 นักเรียนจะได้เรียนรู้วิชาฟิสิกส์ 5 ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.1.9.1 สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

2.1.9.2 อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวด ตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

2.1.9.3 อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.9.4 สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.1.9.5 อธิบายและคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

2.1.9.6 อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.9.7 อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอน ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

2.1.9.8 อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.9.9 อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.9.10 อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิด โดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบ ไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

2.1.9.11 อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและ คำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.1.9.12 อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้ง อธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

2.1.9.13 ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล

2.1.9.14 ทดลอง อธิบาย และคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว

2.1.9.15 อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

2.1.10 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

รายวิชาฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1.5 หน่วยกิต เวลาเรียน 60 ชั่วโมง มีคำอธิบายรายวิชา ดังนี้

ศึกษาสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำกับขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อีเอ็มเหนี่ยวนำ ไฟฟ้ากระแสสลับ ความร้อน แก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ของแข็ง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง ความตึงผิว ความหนืดของของเหลว ความดันในของไหล แรงพยุง ของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลี โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ อธิบาย อภิปราย และสรุป

เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจมีความสามารถในการตัดสินใจมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

2.1.11 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

รายวิชาฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างวิชาฟิสิกส์ 5 เรื่องของแข็งและของไหล ในภาคเรียนที่ 1 ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 5 หน่วยการเรียนรู้เรื่องของแข็งและของไหล

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
3	ของแข็งและของไหล			12	12
	ผ.19 สภาพยืดหยุ่น ความเค้น และความเครียดของของแข็ง	อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและ คำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่อง สภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- สมบัติที่วัสดุเปลี่ยนรูปและกลับสู่รูปเดิม เมื่อหยุดออกแรงกระทำเรียกว่า สภาพยืดหยุ่น ถ้ายังออกแรงต่อไป วัสดุจะขาดหรือเสียรูปอย่างถาวร - ในกรณีที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความยาว ถ้าออกแรงกระทำต่อเส้นลวดไม่เกินขีดจำกัด การแปรผันตรง ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นลวด แปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง ทำให้ความเครียดตามยาวที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับความเค้นตามยาว	3	3
	ผ.20 มอดุลัสของยัง	อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำ ด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง		3	3

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่อง สภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	โดยความเค้นตามยาว คำนวณได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$ ส่วนความเครียด ตามยาวคำนวณได้จากสมการ $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$ - อัตราส่วนความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่า มอดุลัสของยัง ซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดของวัสดุ คำนวณได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ หรือ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$ - ถ้าวัสดุมีมอดุลัสของยังสูงแสดงว่าวัสดุนั้นเปลี่ยนแปลงความยาวได้น้อย ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น วัสดุไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ สมบัตินี้นำไปใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน	3	3
	ผ.21 ความดันในของไหล	อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	- ภาชนะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของ แรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย เป็นความดันในของเหลว	3	3

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่อง สภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- ความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันเกจ คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$ ส่วนผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันเกจ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ คำนวณได้จากสมการ $P = P_o + P_g$ - ค่าของความดันอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เช่น แมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ - เมื่อเพิ่มความดัน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผ่านไปทุก ๆ จุดในของเหลวนั้น เรียกว่า กฎพาสคัล กฎนี้นำไปใช้อธิบายการทำงานของ เครื่องอัดไฮดรอลิก		
	ผ.22 แรงพยุงจากของไหล	ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุง จากของไหล	- วัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน จะถูกแรงพยุงจากของไหลกระทำ โดยขนาดแรงพยุงเท่ากับขนาดน้ำหนักของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ ตามหลักของอาร์คิมีดีสซึ่งใช้อธิบายการลอยการจมของวัตถุต่าง ๆ ในของไหล ขนาดแรงพยุงจากของไหลคำนวณได้จากสมการ $F_B = \rho Vg$	3	3

ผู้วิจัยทำการวิจัยหัวข้อ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องของแข็งและของไหล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาฟิสิกส์ 5 จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

2.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.2.1 แนวความคิดของการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning หรือ PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ เป็นการค้นคว้าด้วยตนเองให้นักเรียนช่วยกันคิดแก้ปัญหา นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ และครูผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือในการเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขากลุ่มสาระที่ตนศึกษาด้วย (อำพร ไตรภัทร, 2543; มัณฑรา ธรรมบุศย์, 2545; วัลลี สัตยาศัย, 2547) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่มุ่งสร้างความเข้าใจหรือหาทางแก้ปัญหาเป็นการนำสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงมาใช้เป็นปัญหา มีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายมาเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นแรงขับกิจกรรมการเรียนรู้โดยอยู่บนพื้นฐานความต้องการของนักเรียนที่จะเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ปัญหา

Bruner (1960) สร้างทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบ โดยระบุว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ประมวลข้อมูลข่าวสารจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสำรวจสิ่งแวดล้อม การรับรู้ของนักเรียนขึ้นอยู่กับความใส่ใจของนักเรียนที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการค้นพบ เนื่องจากนักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรมสำรวจสภาพสิ่งแวดล้อมและเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบขึ้น (Discovery Approach) แนวคิดพื้นฐานของการเรียนรู้โดยการค้นพบ คือ

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง การเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลของการปฏิสัมพันธ์ นอกจากจะเกิดขึ้นในตัวนักเรียนแล้วยังจะเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับสิ่งแวดล้อม

2. นักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับประสบการณ์ และมีความหมายใหม่

3. พัฒนาการทางเชาว์ปัญญา จะเห็นได้ชัดโดยที่นักเรียนจะสามารถรับสิ่งเร้าที่ให้เลือกในหลาย ๆ อย่างพร้อมกันได้

Bruner เห็นด้วยกับ Piaget ที่ว่าคนเรามีโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive Structure) มาตั้งแต่เกิด ในวัยทารกโครงสร้างทางสติปัญญายังไม่ซับซ้อนเพราะยังไม่พัฒนา ต่อเมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้โครงสร้างสติปัญญามีการขยายและซับซ้อนขึ้น

Delisle (1997) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่ามีรากฐานมาจากทฤษฎีทางการศึกษาของ John B. Dewey ซึ่งมีชื่อว่า การศึกษาแบบพิพัฒนาการ (Progressive Education) ที่เน้นการเตรียมประสบการณ์เพื่อพัฒนานักเรียนในทุก ๆ ด้าน โดยคำนึงถึงความสนใจ ความถนัด และความต้องการทางด้านอารมณ์และสังคมของนักเรียน เน้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญ

ของกิจกรรมและประสบการณ์ นักเรียนต้องลงมือกระทำด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางเท่านั้น

Evensen, Hmelo, and Hmelo-Silver (2000) ได้กล่าวสนับสนุนว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของ Piaget และ Vygotsky เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาที่นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการสร้างความรู้เกิดจากการเรียนรู้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดจากการซึมซับประสบการณ์ใหม่และปรับโครงสร้างสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ นอกจากนั้นยังมีทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบของ Bruner ซึ่งเชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงมาจากการค้นพบของแต่ละบุคคล โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เมื่อนักเรียนเผชิญกับปัญหาที่ไม่รู้ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา และผลักดันให้นักเรียนแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อแก้ปัญหา

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2551) อธิบายว่า การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างควานรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ การเรียนรู้เป็นกระบวนการภายในตัวบุคคลที่พัฒนาขึ้นจากการตั้งปัญหา การแสวงหาความรู้ สรุปความเข้าใจ และสร้างการเรียนรู้ขึ้นด้วยตนเองมากกว่าการรับความเข้าใจแบบสำเร็จรูปจากการสอนหรือการถ่ายทอดจากผู้อื่น โดยความเชื่อพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยคนเองนั้น มาจาก 2 ทฤษฎีที่เป็นรากฐาน คือ Cognitive Constructivism ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้จากทฤษฎีพัฒนาการของ Piaget และ Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานจากทฤษฎี พัฒนาการของ Vygotsky และ Bruner

จากแนวคิดข้างต้น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและการเผชิญสถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ กระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยการค้นพบของ Bruner และแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Dewey ที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง ทั้งนี้ครูผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และสามารถสร้างองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างมีความหมาย

2.2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมาจากคำภาษาอังกฤษ คือ Problem-Based Learning: PBL เมื่อใช้ในภาษาไทยมีผู้แปลไว้แตกต่างกันหลายประการ เช่น การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

Savery (2006) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยใช้ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นและเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการค้นคว้า การสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน เพื่อสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์การ

เรียนรู้ของตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รวมถึงนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและเหมาะสม

บุญนำ อินทนนท์ (2551) ได้สรุปว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวคิดพื้นฐานมาจากกระบวนการสร้างความรู้ใหม่โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมที่มีอยู่ด้วยตนเอง จากการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ต้องลงมือกระทำด้วยตนเองจนการค้นพบความรู้หรือข้อมูลใหม่ และสามารถนำข้อมูลออกมาใช้ในการกระทำและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางเท่านั้น

วันดี ต่อเพ็ง (2553) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนที่เริ่มต้นจากครูนำเสนอปัญหาที่แปลกใหม่ท้าทาย และสอดคล้องกับโลกของความเป็นจริงให้กับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้และนำ ความรู้จากประสบการณ์เดิมมาใช้แก้ปัญหา โดยเน้นให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม รู้จักตัดสินใจ และสามารถนำเสนอผลงานได้ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกและคอยชี้แนะ

อรุณรุ่ง ปภาพสิษฐ์ (2558) ได้กล่าวถึง การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หมายถึง การเรียนที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) คือ รูปแบบการเรียนการสอนที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางโดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ในการแก้ปัญหานั้น

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของนักวิชาการท่านต่าง ๆ ผู้วิจัยนำมาเรียบเรียง สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นและตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการสืบค้นข้อมูล การลงมือปฏิบัติ และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เดิม อีกทั้งยังสามารถบูรณาการความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำในการเรียนรู้

2.2.3 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและการแสวงหาความรู้ ทั้งนี้ แนวคิดดังกล่าวยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการเรียนรู้แบบกลุ่ม และการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งนักวิชาการได้อธิบายลักษณะสำคัญไว้สอดคล้องกัน ดังนี้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้
2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นพบเห็นได้ในชีวิตจริงของนักเรียนหรือมีโอกาสเกิดขึ้นจริง

3. นักเรียนเรียนรู้โดยการนำตนเองค้นหาและแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้นนักเรียนจึงต้องวางแผนการเรียนด้วยตนเอง คัดเลือกวิธีการเรียนรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. นักเรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยเพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ข้อมูลร่วมกันเป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูล เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคล และฝึกการจัดระบบตนเอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นทีม ความรู้คำตอบที่ได้มีคำตอบหลากหลายองค์ความรู้ และผ่านการวิเคราะห์โดยนักเรียนมีการสังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้นอกจากจัดการเรียนเป็นกลุ่มแล้ว ยังสามารถจัดให้นักเรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แต่อาจทำให้นักเรียนขาดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด

6. ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาภายหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น

7. การประเมินผลเป็นการประเมินตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานความก้าวหน้าของนักเรียน

เกษม ชูรัตน์ (2554) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ดังนี้

1. เป็นการเรียนที่ใช้เทคนิคกระบวนการกลุ่ม นักเรียนจะเรียนด้วยกันเป็นกลุ่มย่อยประมาณ 6-8 คน มีการอภิปรายถกเถียงในกลุ่ม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ไปด้วยกัน

2. เป็นการเรียนที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยการเรียนรู้เกิดขึ้นที่ตัวนักเรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนการสอนเน้นให้นักเรียนกำหนดสิ่งที่ต้องที่ต้องการเรียน และนักเรียนต้องได้รับการอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

3. เป็นการเรียนรู้เนื้อหาวิชาที่บูรณาการ โดยใช้ปัญหาเป็นตัวตั้งในการเรียนรู้ นักเรียนจำเป็นต้องอาศัยความรู้จากหลายด้านมาบูรณาการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ส่งผลให้ความรู้ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเชื่อมโยงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ทั้งนี้ กระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าวอาจสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์และเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

4. เป็นการเรียนที่นักเรียนควบคุมการเรียนรู้ตัวเอง โดยกำหนดเนื้อหาวิชาที่จะศึกษาที่เหมาะสมกับการนำไปแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ นักเรียนจะเป็นผู้ควมคุมการเรียนและลำดับขั้นตอนในการเรียนของตนเองและกลุ่มตนเอง

5. เป็นการเรียนที่นักเรียนจะประเมินผลสัมฤทธิ์ได้ด้วยตนเอง เนื่องจากในขั้นตอนของการเรียน นักเรียนจะต้องค้นคว้าความรู้ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ เมื่อนักเรียนไปศึกษาค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองแล้ว จะต้องนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนจะรับรู้ว่าตนเองเกิดการเรียนรู้แล้วหรือไม่

ไพศาล สุวรรณน้อย (2563) กล่าวว่า รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน มีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (Student-centered Learning)

2. จัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ ให้มีจำนวนกลุ่มละประมาณ 5–8 คน

3. ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) หรือผู้ให้คำแนะนำ (Guide)

4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้น (สิ่งเร้า) ให้เกิดการเรียนรู้

5. ลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ต้องมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน มีวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลาย อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ

6. นักเรียนเป็นผู้แก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง (Self-directed Learning)

7. การประเมินผลใช้การประเมินผลจากสถานการณ์จริง (Authentic Assessment) ดูจากความสามารถในการปฏิบัติของนักเรียนในขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Process) และพิจารณาจากผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ (Learning Product)

ดังนั้นสรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต้องมีสถานการณ์ที่ผู้สอนได้เรียบเรียง และมีปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้โดยปัญหาที่ได้ต้องเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือสามารถเกิดขึ้นได้ต้องมีกระบวนการกลุ่มจากกลุ่มขนาดเล็ก โดยนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง บริหารคัดเลือกวิธีการเรียนรู้หรือสื่อด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก ความรู้ที่เกิดขึ้นได้หลังจากผ่านกระบวนการใช้ปัญหาเป็นฐาน และมีการประเมินผลตามสภาพจริง

2.2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการจัดขั้นตอนการเรียนรู้ ไว้หลายแบบ ดังมีผู้ได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมไว้ดังนี้

Hmelo-Silver (2004) และ นรรัชต์ ฝันเชียร (2563) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ไว้ดังนี้

1. ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ผู้สอนสร้างสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นนักเรียน โดยอาจเป็นการแนะนำแนวทาง ยกตัวอย่างสถานการณ์ หรือถามคำถามที่ให้คิดต่อ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา โอกาสทางเลือก และเสนอปัญหาที่หลากหลาย โดยนักเรียนสามารถแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ซึ่งก่อนที่จะกำหนดปัญหานั้น ครูผู้สอนควรทดสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนเสียก่อน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดปัญหาให้เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานที่นักเรียนมี

2. ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้สอนจะกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามหรือการเสริมแรง เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่อยากรู้ โดยเน้นให้เกิดการระดมสมอง เพื่อหาแนวทางและวิธีการในการหาคำตอบ โดยมีครูผู้สอนคอยดูแลตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความถูกต้อง

3. ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนจะต้องดำเนินการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบร่วมกัน โดยมีการกำหนดกติกา วางเป้าหมาย และดำเนินกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำชี้แนะและอำนวยความสะดวก

4. ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนแต่ละคนสังเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้า โดยมีการนำเสนอกันภายในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุป ทบทวน และตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีครูผู้สอนถามคำถามโดยกระตุ้นให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และเกิดความคิดรวบยอด

5. ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อสรุปที่ได้มาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ และเลือกวิธีที่จะนำเสนอสู่ภายนอก โดยผ่านความเห็นชอบจากครูผู้สอนในการตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมในการนำเสนอ

6. ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้ไปนำเสนอตามวิธีการที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเผยแพร่ออกสู่สาธารณะ โดยครูผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้จากการดำเนินงานของนักเรียนตามสภาพจริง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. เชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา เป็นขั้นที่ครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถระบุสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้อยากเรียน และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

2. กำหนดแนวทางที่เป็นไปได้ นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการศึกษา ค้นคว้า ทำความเข้าใจ อภิปรายปัญหากันภายในกลุ่ม ระดมสมองคิดวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการหาคำตอบ ครูคอยช่วยเหลือกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายภายในกลุ่มให้นักเรียนเข้าใจวิเคราะห์ปัญหาแหล่งข้อมูล

3. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองและด้วยวิธีการที่หลากหลาย

4. สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนนำข้อค้นพบ ความรู้ที่ได้ค้นคว้า มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน นำมาอภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามานั้นมีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ และทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

6. นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ครูประเมินผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะสำคัญโดยให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง โดยจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อยให้มีจำนวนกลุ่มละประมาณ 5–6 คน ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือผู้ให้คำแนะนำ ซึ่งครูจะใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้นั้นต้องมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน มีวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลาย อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ โดยนักเรียนเป็นผู้แก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง การวัดและประเมินผล ใช้การประเมินผลจากสถานการณ์จริง ดูจากความสามารถในการปฏิบัติของนักเรียนในขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ และพิจารณาจากผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย

1. กำหนดปัญหา
2. ทำความเข้าใจปัญหา
3. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า
4. สังเคราะห์ความรู้
5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ
6. นำเสนอและประเมินผลงาน

กล่าวโดยสรุป การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือกระตุ้นนักเรียนให้มีความสนใจใคร่รู้และต้องการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งผู้สอนจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้เผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์และแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ประกอบด้วย 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นแรก คือขั้นกำหนดปัญหา ซึ่งปัญหาหรือข้อสงสัยได้จากสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ขั้นที่สอง คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เมื่อเข้าใจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจะเข้าสู่ขั้นที่สาม คือ ขั้นดำเนินการค้นคว้า ซึ่งเป็นขั้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ เพื่อเข้าสู่ขั้นที่สี่ คือขั้นสังเคราะห์ความรู้เพื่อนำมาแก้ไขปัญหา ขั้นที่ห้า คือ ขั้นสรุปและประเมินผลคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหา และขั้นที่หกขั้นสุดท้าย คือ นำเสนอผลการแก้ไขปัญหาและประเมินผลงาน

2.2.5 บทบาทของผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนมีบทบาทสำคัญในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและกระตุ้นการเรียนรู้ ทั้งนี้ นักวิชาการได้อธิบายบทบาทของทั้งสองฝ่ายไว้อย่างสอดคล้องกัน ดังนี้

Torp and Sage (1998) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนไว้ว่า บทบาทของครูขณะที่มีการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีบทบาทดังต่อไปนี้

1. ครูจะเป็นผู้ออกแบบและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนระบวนการเรียนรู้ให้จัดโครงสร้างการแก้ปัญหาหรือบทบาทการแก้ปัญหา
2. ครูต้องให้นักเรียนมีอิสระในการออกแบบและดำเนินการสำรวจด้วยตนเองพร้อมกับให้คำแนะนำส่งเสริมให้คิด และฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้กับนักเรียน
3. ครูฝึกฝน แนะนำนักเรียนโดยคอยดูอยู่ห่าง ๆ เพื่อฝึกฝนการเรียนรู้จนได้คำตอบของปัญหา

บทบาทของนักเรียนขณะที่มีการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ มีบทบาทดังนี้

1. นักเรียนดำเนินการเรียนรู้ใช้กระบวนการเรียนรู้ดึงดูดความสนใจ และมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้
2. นักเรียนสำรวจ ค้นคว้า หาข้อมูลที่ต้องการดำเนินการสำรวจอย่างมีเหตุผล และปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างอิสระ
3. นักเรียนควบคุมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้

4. นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหา

5. นักเรียนพัฒนาตนเองให้เป็นนักเรียนรู้ด้วยตนเอง และเป็นนักแก้ปัญหา

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้แยกรายละเอียดบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนออกมาเป็นดังนี้

บทบาทของครูผู้สอน

1. ผู้สอนต้องมุ่งมั่น ตั้งใจสูง รู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

2. ผู้สอนต้องรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของนักเรียน เพื่อสามารถให้คำแนะนำช่วยเหลือนักเรียนได้ทุกเวลา

3. ผู้สอนต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ทุกขั้นตอน เพื่อจะได้แนะนำให้คำปรึกษาแก่นักเรียนได้ถูกต้อง

4. ผู้สอนต้องมีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และการติดตามประเมินผลการพัฒนานักเรียน

5. ผู้สอนต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดหาสนับสนุนสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ให้เหมาะสมเพียงพอจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเทอร์เน็ต โปสเตอร์ ฯลฯ

6. ผู้สอนต้องมีจิตวิทยาสร้างแรงจูงใจแก่นักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตื่นตัวในการเรียนรู้ตลอดเวลา

7. ผู้สอนต้องชี้แจงและปรับทัศนคติของนักเรียนให้เข้าใจ และเห็นคุณค่าของการเรียนรู้

8. ผู้สอนต้องมีความรู้ความสามารถด้านการวัดประเมินผลตามสภาพจริง

บทบาทของนักเรียน

1. นักเรียนต้องปรับทัศนคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของตนเอง

2. นักเรียนต้องมีคุณสมบัติ ต้องมีคุณลักษณะด้านการใฝ่รู้ใฝ่เรียน ตลอดจนมีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงานร่วมกันได้อย่างมีระบบ

3. นักเรียนต้องได้รับการวางพื้นฐานและฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เช่น กระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูล การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การสรุป การนำเสนอผลงาน และการประเมินผล

4. นักเรียนต้องมีทักษะการสื่อสารที่ดี

สิริวัฒน์ อายุวัฒน์ (2560) ได้อธิบายเกี่ยวกับบทบาทของครูและนักเรียนในการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่า ครูจะต้องปรับเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้หรือเป็นครูพี่เลี้ยง “Tutors” กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยการถามคำถามแทนการให้ความรู้แก่นักเรียน ช่วยให้นักเรียนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และกำหนดแหล่งค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและประเมินผล การตั้งคำถามของครูในการสนับสนุนการเรียนรู้ แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) Information คือการถามนำไปสู่ประเด็น หลัก เช่น ทำไม คุณหมายถึงอะไร คุณทราบหรือไม่ว่าสิ่งนั้นหมายถึงอะไร 2) Application คือการถามเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติ เช่น คุณจะประยุกต์ความรู้ไปใช้กับสิ่งนี้อย่างไร และ 3) Problem-solving คือการถามเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง เช่น ทำไมคุณรู้ว่าสิ่งนี้ถูกต้องแล้ว เป็นต้น ซึ่งครูผู้สนับสนุนการเรียนรู้ควร

มีคำถามทั้ง 3 ระดับ เพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึกมากกว่าการเรียนรู้ผิวเผิน กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการกลุ่ม โดยใช้แผนภูมิภาพหรือการอภิปราย

บทบาทหน้าที่ของครูผู้สนับสนุนการเรียนรู้ (Tutor Role) มีดังนี้

1. ปฐมนิเทศกระบวนการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ความคาดหวังของรายวิชาและวิธีการประเมินผล
2. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้
3. ทำให้เกิดความชัดเจนของวัตถุประสงค์การเรียนรู้
4. มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้
5. ตั้งคำถามเพื่อให้เกิดการคิดวิเคราะห์แบบมีเหตุผล
6. ประเมินผลการเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

บทบาทของนักเรียน

1. เรียนรู้ด้วยตนเอง กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้
2. ศึกษาค้นคว้าความรู้จากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม
4. ประยุกต์ความรู้สู่สถานการณ์ปัญหา
5. ประเมินผลการเรียนรู้
6. มีส่วนร่วมเชิงสร้างสรรค์ในกระบวนการการเรียนรู้ในกลุ่ม

จากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สรุปได้ว่า บทบาทของผู้สอนต้องเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ ต้องมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ต้องมีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดเวลา และปรับทัศนคติให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ส่วนบทบาทของนักเรียน ต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง ต้องใฝ่รู้ใฝ่เรียน รู้จักการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ต้องตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา และมีทักษะในการทำงานเป็นทีม การสื่อสาร การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปข้อมูล และการประเมินผลการเรียนรู้

2.2.6 ข้อดีและประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น ผ่านการลงมือแก้ปัญหาและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะที่จำเป็นทั้งด้านการคิด การทำงานร่วมกัน และการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งนักวิชาการได้อธิบายข้อดีและประโยชน์ของแนวทางดังกล่าวไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Barrows and Tamblyn (1980); Hmelo and Evensen (2000) สรุปข้อดีของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ดังนี้

1. ได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เป็นบูรณาการ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา การได้เผชิญกับปัญหาเป็นโอกาสที่ได้ฝึกทักษะในการแก้ปัญหาการใช้เหตุผลในการวิเคราะห์และตัดสินใจ

3. พัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง การที่นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการเรียนโดยการกำหนดจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ วิธีการแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ รวบรวมความรู้ และนำมาสรุปความรู้ใหม่เป็นลักษณะของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย มีวิธีการแสวงหาความรู้และไตร่ตรองทรัพยากรการเรียน เป็นกระบวนการที่มีความหมายสำคัญ ช่วยให้นักเรียนเป็นนักเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. พัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม การเรียนเป็นกลุ่มย่อยทำให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนแนวคิดกับผู้อื่น ทำให้มีความกว้างขวางมากขึ้น ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะทางสังคม

5. เพิ่มแรงจูงใจในการเรียน เนื่องจากนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

ไพศาล สุวรรณน้อย (2563) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีจุดเด่นที่สำคัญ คือ นักเรียนจะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานและการให้เหตุผลดีขึ้น สามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำงานเป็นกลุ่ม และสื่อสารกับผู้อื่นได้ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพ ความคงอยู่ของความรู้นานกว่าการเรียนแบบบรรยาย นอกจากนั้น บรรยากาศการเรียนรู้มีชีวิตชีวา จูงใจให้นักเรียนอยากเรียนรู้มากขึ้น และยังส่งเสริมความร่วมมือและการทำงานร่วมกันระหว่างภาควิชาหรือหน่วยงาน และข้อจำกัดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ จะต้องมีแหล่งศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เข้าถึงง่ายและเหมาะสม มีระยะเวลาในการปฏิบัติการแบบกลุ่มย่อยของนักเรียนที่เหมาะสม และที่สำคัญครูผู้สอนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจและมีทัศนคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงจะสามารถดำเนินการตามแนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้อย่างเหมาะสม

ทับทิม เป็งมล (2564) ได้กล่าวถึง ข้อดีและประโยชน์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ดังนี้

1. ทำให้นักเรียนได้แสดงศักยภาพของตนเอง มีความภาคภูมิใจ ในการใช้ความถนัดของตนให้เกิดประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

2. เปิดโลกทัศน์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของนักเรียนในยุคปัจจุบัน ทำให้นักเรียนมีความสุขกับการเรียนรู้

3. นักเรียนมีทักษะและประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับสังคม และสามารถปรับตัวในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4. นักเรียนเกิดทักษะการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริง

5. นักเรียนมีความตระหนัก และจิตสำนึกในการทำตนเพื่อประโยชน์ส่วนรวม

จากข้อดีและประโยชน์ของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปข้อดีของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้ คือการเพิ่มแรงจูงใจให้กับนักเรียนเนื่องจากนักเรียนมีส่วนร่วม มีการพัฒนาทักษะกระบวนการการทำงานเป็นทีมและพัฒนาความคิด ส่งเสริมนักเรียนให้เรียนรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นพื้นฐานของทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต และนักเรียนสามารถประยุกต์โดยนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

มโนมติเป็นความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งของบุคคล ดังนั้นแล้ว ความคิดความเข้าใจที่ประมวลเป็นข้อสรุปต่อเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์จึงหมายถึงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้ศึกษาได้ศึกษาและสรุปความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากความหมายที่มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2550) ได้สรุปความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่า คือ ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์เห็นด้วย

ศิวาพร ศรีมงคล (2550) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์คือความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริงมีหลักการเป็นขั้นตอน แล้วนำข้อความรู้นั้นมาประมวลเป็นข้อสรุป เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

นงนาฏ รัตนประภา (2551) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึงผลที่ได้จากการศึกษาจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้นำมาทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริงของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แล้วนำมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผลและสามารถอธิบายข้อเท็จจริงหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นได้

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์เพราะธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Nature of Scientific Knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอ หากมีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

พิชา ชัยจันดี (2551) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ ผลของการทดลองในทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผลเป็นข้อสรุปและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2551) ได้สรุปว่ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวนั้นแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

เกียรติมณี บำรุงไร่ (2553) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากข้อเท็จจริงหลักการและสถานการณ์ต่าง ๆ และนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป และสามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น ผู้ศึกษาสามารถสรุปความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับ สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น หลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเป็นข้อสรุป

2.3.2 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนถึงระดับความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความคลาดเคลื่อน โดยนักวิชาการได้จำแนกระดับความเข้าใจดังกล่าวไว้อย่างเป็นระบบดังนี้

Westbrook and Marek (1991) ได้ให้ความหมายของความเข้าใจมโนมติ หมายถึง ระดับความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์ของซึ่งจัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

Coştu and Ayas (2005) ได้ศึกษาระดับความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อจัดกลุ่มระดับความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามเกณฑ์ 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ไม่ตอบ (No Response: NR) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

สุกัญญา แก้วนอก (2553) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจแนวความคิดเลือก (Alternative Conception) ที่เป็นแนวความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตัวของเอง โดยอาศัยการมีแนวความคิดล่วงหน้าหรือมีอยู่ก่อน (Pre-concepion) หรืออาศัยแนวความคิดความรู้ที่ได้จากการศึกษาเล่าเรียนจากโรงเรียน สำหรับบูรณาการความรู้ใหม่ ๆ ที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งแนวความคิดอาจแตกต่างไปจากของนักวิทยาศาสตร์ และแบ่งกลุ่มแนวความคิดเลือกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ (Sound Understanding: SU) หมายถึง อธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์ สอดดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจบางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง อธิบายเหตุผลได้บางส่วน และสอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

3. ความเข้าใจบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาด (Partial Understanding with a Specific Misconception: PU/SM) หมายถึง คำอธิบายถูกต้องเป็นบางส่วน แต่มีคำอธิบายบางส่วนที่ผิดไปไปจากแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

4. แนวความคิดที่ผิดพลาด (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำอธิบายเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ

5. ไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง ไม่อธิบายเหตุผล ลอกคำถามกลับคืน อธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน อธิบายเหตุผลนอกเรื่อง ไม่สัมพันธ์กับคำถาม ตอบไม่เข้าใจ

จากความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าคือ ความคิด ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากประสบการณ์สิ่งเร้าที่ได้รับ การสังเกตหรือเรียนรู้มา โดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริง มีหลักการ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป และมารวมเข้าด้วยกันประมวลเป็นความคิดรวบยอด และมีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Coştu and Ayas (2005) 5 ระดับ ได้แก่ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) ความเข้าใจที่

ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Specific Misconception: SM) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) และไม่ตอบ (No Response: NR)

2.3.3 การสอนให้เกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การสอนเพื่อให้เกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญที่มุ่งพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกของนักเรียน โดยครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้เดิม ความต้องการและประสบการณ์ของนักเรียน พร้อมทั้งใช้สื่อและวิธีการสอนที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างมโนมติได้อย่างถูกต้อง ซึ่งนักวิชาการได้เสนอแนวทางการสอนไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

ศิวาพร ศรีมงคล (2550) ได้กล่าวถึงการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติไว้ว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องเน้นถึงความสำคัญของนักเรียนก่อน ศึกษาธรรมชาติในตัวนักเรียนว่ามีความต้องการอะไร ครูควรจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียนและวุฒิของนักเรียน และให้นักเรียนได้ทดสอบมโนมติหลังการเรียนให้โอกาสนักเรียนตอบสนองจึงจะประสบความสำเร็จ

พิชา ชัยจันดี (2551) ได้ระบุแนวทางการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดมโนมติ ไว้ทั้งหมด 9 ข้อที่สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้ชัดเจนว่าหลังจากเรียนมโนมติแล้ว นักเรียนจะทำอะไรบ้าง

2. วิเคราะห์มโนมติที่จะเรียนว่าประกอบด้วยลักษณะเด่นอะไรบ้าง และครูควรเลือกเน้น เฉพาะลักษณะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างมโนมตินั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนมติง่ายขึ้น

3. การใช้ภาษาในการสอน ครูควรใช้ภาษาไทยที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย ๆ และเข้าใจความหมายอย่างถูกต้องสมบูรณ์

4. ครูควรแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบของมโนมติที่ต้องการสอนให้นักเรียนได้สังเกตและศึกษา โดยตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบจะต้องมีมากพอที่จะทำให้นักเรียนสรุปลักษณะร่วมของมโนมตินั้น และจำแนกลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับมโนมติออกไปให้หมด

5. สำหรับการแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบนั้น ควรแสดงตัวอย่างทางลบทันทีหลังจากแสดงตัวอย่างทางบวกแล้ว หรือแสดงพร้อม ๆ กันทั้งตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบ

6. ครูเสนอตัวอย่างทางบวกใหม่ของมโนมติที่ต้องการสอน ให้นักเรียนพิจารณาเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดทั่วไปและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่

7. ครูนำตัวอย่างใหม่ทั้งทางบวกและทางลบหลาย ๆ ตัวอย่างมาให้นักเรียนพิจารณาเพื่อทดสอบให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดทั่วไปและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่

8. ครูให้นักเรียนให้ความหมายหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับมโนมตินั้น เพื่อตรวจสอบความเข้าใจมโนมติของนักเรียน

9. ครูให้โอกาสนักเรียนลองใช้มโนมติที่เรียนมาแล้ว และเสริมกำลังใจในการที่นักเรียนใช้ มโนมตินั้น ๆ

จากการที่นักการศึกษาได้เสนอแนะแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดมโนมตินั้น สามารถสรุปการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติกับนักเรียนได้ว่า ครูต้องเข้าใจนักเรียน วิเคราะห์นักเรียน และเนื้อหาสาระที่จะให้นักเรียนได้รับ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน มีการเลือกใช้สื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ จัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่สอนได้โดยง่าย และสามารถสร้างเป็นมโนมติเกี่ยวกับเรื่องที่สอนได้

2.3.4 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญในการประเมินระดับความเข้าใจของนักเรียนทั้งด้านความถูกต้องและเหตุผลประกอบคำตอบ โดยมีการพัฒนาเครื่องมือวัดที่หลากหลายเพื่อให้สามารถสะท้อนความเข้าใจของนักเรียนได้อย่างแท้จริง ซึ่งนักวิชาการได้เสนอแนวทางและรูปแบบการวัดไว้อย่างเป็นระบบ ดังนี้

Odom and Kelly (2001) ได้เสนอลำดับขั้นในการสร้างแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การสร้างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier Multiple-choice Format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content Question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผล สนับสนุน แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

1) เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2) เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

Nitko (2004) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนมติของนักเรียนไว้ 4 วิธี คือ 1) การกำหนดให้นักเรียนเขียนนิยาม (Definition) ของมโนมติ โดยการทำแบบสอบอัตนัย หรือการพูดอธิบาย 2) การกำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนมติ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูด การอธิบาย 3) การกำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างของมโนมติ โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย และ 4) กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนมติเพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนมติ โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่า แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้มีความเหมาะสมในแต่ละมโนมติที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีคำถาม 2 คำถาม ซึ่งคำถามที่ 2 มีความต่อเนื่องจากคำถามที่ 1 โดยให้บอกเหตุผลของคำถามที่ 1 ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 ให้บอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเลือกเหตุผลจากตัวเลือกที่กำหนดให้ และลักษณะที่ 2 ให้เหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล

ชุติมา รอดสุด (2550) เสนอวิธีการวัดมโนมติไว้ 4 วิธี คือ

1. กำหนดให้นักเรียนเขียนนิยามของมโนมติ โดยการทำแบบทดสอบอัตนัย หรือการพูดอธิบาย

2. ให้นักเรียนยกตัวอย่างมโนมติ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยหรือการอธิบาย

3. ให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่าง โดยการทำแบบทดสอบปรนัยหรืออัตนัย

4. ให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนมติเพื่อระบุองค์ประกอบ และสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนมติ โดยการทำแบบทดสอบปรนัยหรืออัตนัย

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554) ได้ใช้แบบทดสอบวัดมโนมติแบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับ (2-tier Multiple Choice Conceptual Test) เรื่องพันธะเคมี จำนวน 30 ข้อ โดยในหนึ่งข้อประกอบด้วยตัวเลือก 2 ส่วน ได้แก่ คำถามชนิด 4 ตัวเลือก และเหตุผลที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1

จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถดำเนินการได้หลากหลายวิธี ทั้งการให้นักเรียนเขียนนิยาม ยกตัวอย่าง จำแนก และวิเคราะห์องค์ประกอบของมโนมติ โดยใช้แบบทดสอบทั้งอัตนัยและปรนัย อย่างไรก็ตาม แนวทางที่นิยมใช้คือแบบวัดมโนมติแบบ 2 ตอน (Two-tier Multiple-choice) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหาแบบปรนัย และส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์ระดับความเข้าใจและตรวจสอบแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรียนได้อย่างชัดเจน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดมโนมติชนิด 2 ตอน 1) การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก 2) การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นโดยสามารถแยกระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างละเอียด

2.3.5 ประโยชน์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในด้านการคิด การสื่อสาร และการสร้างความรู้เชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย อีกทั้งยังส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งนักวิชาการได้กล่าวถึงประโยชน์ของความเข้าใจมโนมติไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Johnson (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พบว่าสามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายด้านดังนี้

1. พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง
    - การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    - การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    - การสร้างแบบจำลองทางความคิด

2. เสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

- อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน
- นำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ
- แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

นาตยา ปิลันธนานนท์ (2552) ได้กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะมีผลดีต่อการพัฒนาหลักสูตรตลอดการค้นคว้าหาสาระของการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้มากแล้ว ยังสามารถที่จะสรุปข้อดีได้ดังนี้

1. มโนมติมีหน้าที่เสมือน “ตัวกระตุ้น” ที่ทำให้เกิดการค้นคว้าอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และข้อสรุปต่าง ๆ (Generalization)

2. มโนมติช่วยเสริมความเข้าใจทฤษฎี ข้อเท็จจริง เหตุการณ์และประสบการณ์ของเอกัตบุคคลที่มีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง

3. มโนมติอำนวยต่อการแสวงหาความรู้ และวิธีการใหม่อาจเกิดผลดีต่อสังคมในอนาคต

4. มโนมติช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนในเชิงปฏิบัติการ (Operation) มีผลที่ดีกว่าการสอนแบบธรรมดา

5. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนรู้จักการจำแนกแยกประเภท การหาความสัมพันธ์และการคิดในเชิงนามธรรมได้ดีขึ้น

6. มโนมติช่วยให้เด็กมีเจตคติที่ดี และเกิดความซาบซึ้งในคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์

จะเห็นว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยช่วยให้ผลการสอนได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการสอนในเชิงปฏิบัติการ นอกจากนี้แล้วยังช่วยให้นักเรียนมีเจตคติทางการเรียนที่ดีขึ้น เกิดความเข้าใจที่ซาบซึ้งในคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง และช่วยเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

2.4 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.4.1 ความหมายของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) มาจากคำว่า “การคิด” กับ “วิจารณญาณ” เป็นกระบวนการทางสมองในการรับรู้และระลึกข้อมูล เพื่อจัดกรอบความคิดหาเหตุผลหรือตัดสินใจ (Beyer, 1987) “วิจารณญาณ” หมายถึง ปัญญาที่สามารถรู้หรือให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542) ในภาษาไทยมีชื่อเรียกต่างกัน เช่น “การคิดเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงวิจารณ์” ซึ่งล้วนมีความหมายที่แสดงถึงกระบวนการทางสมองในการคิดไตร่ตรองหาเหตุผล เพื่อลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผลที่สุด พร้อมที่จะเปลี่ยนได้ตามข้อมูลใหม่ที่มีการ

วิเคราะห์อย่างถูกต้อง ซึ่งนำมาหักล้างได้เสมอ นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ดังนี้

Dewey (1933) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง ที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากและสิ้นสุดด้วย สถานการณ์ที่ชัดเจน

Good (1973) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า การคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมิน และมีหลักฐานอ้างอิง เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยใช้กระบวนการทางตรรกวิทยาได้ถูกต้อง และสมเหตุสมผล

Ennis (1985) ให้ความหมายว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดอย่างมีเหตุผลและไตร่ตรอง ซึ่งมุ่งเน้นการตัดสินใจว่าจะเชื่อหรือกระทำสิ่งใด โดยผู้คิดจะต้องพิจารณาข้อมูลหลักฐาน และเหตุผลประกอบการตัดสินใจอย่างรอบคอบ

Facione (2015) อธิบายว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย มีการกำกับตนเอง และประกอบด้วยทักษะสำคัญ ได้แก่ การตีความ การวิเคราะห์ การประเมินค่า การอนุมาน การอธิบาย และการกำกับตนเอง ซึ่งทักษะเหล่านี้ช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจได้อย่างมีคุณภาพ

Monash University (2019) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณคือการคิดประเภทหนึ่ง ที่ก่อให้เกิดตั้งคำถาม วิเคราะห์ตีความ ประเมิน และตัดสินเกี่ยวกับสิ่งที่อ่าน ฟัง พูด หรือเขียน คำว่า Critical มาจากคำภาษากรีก Kritikos แปลว่า "สามารถตัดสินหรือแยกแยะได้" การคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีคือการตัดสินที่เชื่อถือได้โดยอาศัยข้อมูลที่เชื่อถือได้ นอกจากนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณมิได้หมายความว่าเป็นคนที่คิดเชิงลบหรือเพ่งความสนใจไปที่ข้อบกพร่อง แต่หากหมายถึงความสามารถในการทำให้ความคิดเกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อทำให้แยกแยะปัญหาหรือรายละเอียดของข้อมูล ตีความข้อมูลและใช้การตีความนั้นเพื่อตัดสินใจอย่างถูกต้อง

Paul and Elder (2019) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการคิดที่มีระเบียบแบบแผน โดยอาศัยมาตรฐานทางปัญญา เช่น ความชัดเจน ความถูกต้อง ความลึกซึ้ง ความเกี่ยวข้อง และความสมเหตุสมผล ในการพิจารณาข้อมูลหรือข้อโต้แย้ง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2562) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า เป็นความสามารถในการใช้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบด้าน พิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และตัดสินใจอย่างมีหลักฐานรองรับ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

จากความหมายที่กล่าวมานั้น สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการใช้สติปัญญาในการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ในการคิดหาเหตุผลเกี่ยวกับปัญหาข้อโต้แย้ง หรือข้อความที่ไม่ชัดเจนหรือคลุมเคลือ โดยผ่านการพิจารณาปัจจัยรอบด้านอย่างกว้างขวาง ซึ่งมองถึงความเป็นไปได้ ความเป็นเหตุเป็นผล ตลอดจนความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้น ๆ ก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.4.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ ประเมิน และตัดสินใจอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐาน โดยมีนักวิชาการได้เสนอแนวคิดและทฤษฎีที่อธิบายองค์ประกอบและกระบวนการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Watson and Glaser (1964) ได้กล่าวสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเจตคติ ความรู้ และทักษะ ในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. เจตคติ (Attitude) เป็นความพร้อมในการแสวงหาความรู้ ตลอดจนมีนิสัยในการค้นหาความหมายจนสามารถเชื่อในสิ่งที่เป็นจริง

2. ความรู้ (Knowledge) จากการหาแหล่งข้อมูลหรือข้อสังเกตและการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผลเพื่อการอ้างถึงข้อสรุปความ (Inference) การสรุปใจความสำคัญ (Abstraction) และการสรุปความเหมือน (Generalization) โดยพิจารณาจากหลักฐานและการใช้ทักษะการสังเกต

3. ทักษะ (Skill) เป็นความสามารถของบุคคลที่จะนำความรู้ที่ค้นพบทั้งจากความรู้ดั้งเดิมหรือความรู้ใหม่ไปประยุกต์ใช้เพื่อตัดสินปัญหา สถานการณ์ ข้อความหรือข้อสรุป

Paul and Elder (2006) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเกี่ยวกับความสามารถในการใช้เหตุผลและสะท้อนผลได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์ในการประเมินประเภทของการให้เหตุผล โดยแนวคิดหลักของกรอบแนวคิดของ Paul and Elder มีทั้งหมด 4 องค์ประกอบดับดังนี้

1. องค์ประกอบของการคิด องค์ประกอบเหล่านี้เป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการคิด ซึ่งรวมถึงวัตถุประสงค์ คำถามที่ต้องการคำตอบ ข้อมูล การตีความ แนวคิด สมมติฐาน การให้เหตุผล และผลที่ตามมา การเข้าใจองค์ประกอบเหล่านี้ช่วยให้บุคคลสามารถวิเคราะห์การให้เหตุผลของตนเองและผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. มาตรฐานทางปัญญา การคิดอย่างมีวิจารณญาณเกี่ยวข้องกับการใช้มาตรฐานทางปัญญาบางประการ เช่น ความชัดเจน ความแม่นยำ ความละเอียด ความเกี่ยวข้อง ความลึกซึ้ง ความกว้างขวาง ความมีเหตุผล และความยุติธรรม เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้เหตุผล

3. ลักษณะทางปัญญา Paul and Elder เน้นการพัฒนาลักษณะทางปัญญาที่สำคัญ เช่น ความถ่อมตัวทางปัญญา ความกล้าหาญ ความเห็นอกเห็นใจ ความซื่อสัตย์ ความมานะอดทน และความมั่นใจในการให้เหตุผล

4. วงล้อของการให้เหตุผล แนวคิดนี้ทำให้เห็นการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการวงกลม ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีอิทธิพลต่อกันและกัน ตัวอย่างเช่น การตอบคำถามอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีแนวคิดที่ชัดเจน มีข้อมูลที่เชื่อถือได้ และการให้เหตุผลที่มีตรรกะ

ซึ่งทฤษฎีของ Paul and Elder เป็นทฤษฎีที่ส่งเสริมให้บุคคลสามารถสะท้อนและตระหนักถึงกระบวนการคิดของตนเอง โดยเน้นความสำคัญของการประเมินกระบวนการคิดของตนเอง การระบุจุดอ่อนและการตัดสินใจที่มีข้อมูลและเหตุผลสนับสนุนอย่างมีเหตุผล ซึ่งจะช่วยให้ตัดสินใจได้ดีขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ

Halpern (2013) นำเสนอโมเดลการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มุ่งเน้นการเรียนรู้ทักษะการคิดที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักที่สำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การสอนและการเรียนรู้ทักษะการคิดเฉพาะ โดย Halpern เน้นว่าในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น ต้องมีการสอนอย่างเป็นระบบ โดยการฝึกฝนทักษะที่สำคัญ เช่น การระบุปัญหา การประเมินข้อมูล และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

2. การฝึกฝนการใช้ทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ทักษะการคิดมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง นักเรียนควรนำทักษะเหล่านี้ไปใช้ในการเผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

3. การประเมินและปรับปรุงการคิดของตนเอง ซึ่ง Halpern ยังเน้นการสะท้อนกลับเพื่อประเมินวิธีการคิดของตนเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้บุคคลสามารถปรับปรุงการคิดและตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

4. การใช้ทักษะการคิดในชีวิตประจำวัน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ควรจำกัดแค่ในห้องเรียนหรือการศึกษาตามหลักสูตรเท่านั้น แต่ควรนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อการตัดสินใจที่ดีขึ้น

เกียรติพร สินพิบูลย์ (2560) ได้กล่าวถึงแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การระบุปัญหาหรือนิยามปัญหา สามารถระบุปัญหาหลักที่ปรากฏได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน ไม่คลุมเครือและสามารถระบุเงื่อนไขหรือข้อตกลงเบื้องต้นได้

2. การประมวลข้อเท็จจริง การวิเคราะห์และพิจารณาเลือกข้อมูล โดยสามารถหาเหตุผลมาสนับสนุนในการพิจารณาตามหลักการของเหตุผล การจำแนก ความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น หาความสอดคล้องของข้อมูลกับปัญหาที่ถูกระบุไว้ หรือแยกแยะข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นและข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง

3. การสรุปอ้างอิงอย่างสมเหตุสมผล สามารถอ้างและตัดสินใจในการสรุปแบบอุปนัย นิรนัย หรือประเมินข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

กล่าวโดยสรุป การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยเจตคติ ความรู้และทักษะในการใช้เหตุผล โดยนักเรียนต้องสามารถวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินหลักฐาน และตัดสินใจอย่างมีเหตุผลภายใต้มาตรฐานทางปัญญา รวมทั้งมีการสะท้อนและปรับปรุงกระบวนการคิดของตนเองอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนสามารถนำทักษะการคิดไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ และในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะการคิดของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับบริบทการศึกษาในยุคปัจจุบัน เพื่อพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้มีวิจารณญาณในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและมีจริยธรรม

2.4.3 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) เป็นทักษะการคิดที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินชีวิตประจำวันและการทำงานต่าง ๆ มีองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งเป็นกรอบความคิดหรือแนวทางการกำหนดรายละเอียดที่เป็นประเด็นสำคัญ ซึ่งส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์สำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังจะขอนำเสนอองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามที่นักการศึกษาได้กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

Watson and Glaser (1980) กำหนดความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังนี้

1. การสรุปอ้างอิง (Inference) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุป ว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ

2. การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumptions) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกว่าข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

3. การนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามาถหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์

4. การตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถให้น้ำหนักข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป

5. การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) หมายถึง ความสามารถจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล

Ennis (2011) ได้อธิบายว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและไตร่ตรอง เพื่อใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ควรเชื่อหรือควรปฏิบัติ องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีดังนี้

1. การวิเคราะห์และระบุประเด็นของปัญหา
2. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลและแหล่งข้อมูล
3. การให้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัย
4. การตั้งสมมติฐานและลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล
5. การประเมินและตัดสินคุณค่าของข้อมูล
6. การตัดสินใจและการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล

Lai (2011) ได้สังเคราะห์งานวิจัยของ Ennis, Facione และ Halpern ได้องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน หมายถึง กระบวนการตรวจสอบและประเมินองค์ประกอบสำคัญของข้อมูลหรือข้อความที่ถูกนำเสนอเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น หรือข้อสรุปใด ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้าง ตรรกะ และความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งดังกล่าว

2. การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หรือการนิรนัย (Deductive Reasoning) หมายถึง กระบวนการคิดเชิงตรรกะที่นำข้อมูล หลักฐาน หรือ

ข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปอย่างเป็นระบบ โดยใช้วิธีการให้เหตุผลที่แตกต่างกันตามลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์

3. การตัดสินใจแก้ไขปัญหา หมายถึง กระบวนการคิดที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน เพื่อนำไปสู่การเลือกทางเลือกหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

4. การตัดสินประเมินผล หมายถึง กระบวนการคิดวิเคราะห์ที่มุ่งเน้นการพิจารณาและประเมินคุณค่า ความเหมาะสม หรือความถูกต้องของข้อมูล หลักฐาน ความคิดเห็น หรือสถานการณ์ใด ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือตัวชี้วัดที่ชัดเจนและมีเหตุผลรองรับ

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่านักวิชาการหลายท่านได้อธิบายองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่สอดคล้องกัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แนวคิดของ Lai (2011) ไปใช้สร้างเครื่องมือ จำนวน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อโต้แย้งหรือหลักฐาน การให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุป การตัดสินใจแก้ปัญหา และการประเมินผล ซึ่งครอบคลุมกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ เหมาะสมสำหรับใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้

2.4.4 ขั้นตอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) เป็นทักษะกระบวนการที่มีขั้นตอนที่มีระบบระเบียบว่าจะต้องเริ่มต้นอย่างไร และจะต้องทำอย่างไรจึงจะนับได้ว่าบุคคลนั้นได้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างถูกต้องสมบูรณ์ตามองค์ประกอบและหลักเกณฑ์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างครบถ้วน ดังนั้นนักการศึกษาจึงได้กำหนดขั้นตอนของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่จะสามารถระบุได้ว่าบุคคลนั้นได้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างถูกต้องสมบูรณ์แล้ว ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2547) ได้กล่าวถึงขั้นตอนและเกณฑ์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. ตั้งเป้าหมายในการคิด
2. ระบุประเด็นในการคิด
3. ประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดทั้งทางกว้าง ทางลึก และทางไกล
4. วิเคราะห์ จำแนกแยกแยะข้อมูล จัดหมวดหมู่ของข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้
5. ประเมินข้อมูลที่จะใช้ในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอ และความน่าเชื่อถือ
6. ใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล เพื่อแสวงหาทางเลือกคำตอบที่สมเหตุสมผลตามข้อมูลที่มีอยู่
7. เลือกทางเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงผลที่จะตามมา และคุณค่าหรือความหมายที่แท้จริงของสิ่งนั้น
8. ชั่งน้ำหนักผลได้ ผลเสีย คุณ-โทษ ในระยะสั้นและระยะยาว
9. ไตร่ตรอง ทบทวนกลับไปมาให้รอบคอบ

10. ประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

เกณฑ์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องมีความสามารถ ดังนี้

1. สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดได้อย่างถูกต้อง

2. สามารถระบุประเด็นในการคิดอย่างชัดเจน

3. สามารถประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด ทั้งทางกว้าง ทางลึก และทางไกล

4. สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะใช้ในการคิดได้

5. สามารถประเมินข้อมูลได้

6. สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล และเสนอคำตอบ/ทางเลือกที่สมเหตุสมผลได้

7. สามารถเลือกทางเลือก/ลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) กล่าวไว้ว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การทำความเข้าใจประเด็นสำคัญหรือสถานการณ์ที่พบ

2. การรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาเป็นแนวทางการแก้ปัญหา

3. การวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาข้อมูล เพื่อหาทางเลือกหรือคำตอบที่ถูกต้องอย่างรอบคอบ โดยการประเมินทางเลือกหลาย ๆ ทาง

4. การสรุป เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณสรุปได้ดังนี้

1. ทำความเข้าใจประเด็นข้อสงสัยให้ชัดเจน ทั้งนี้เพราะเป็นบ่อเกิดแห่งความคิด ถ้าไม่มีข้อสงสัย ความคิดจะไม่เกิดขึ้น เมื่อเข้าใจประเด็นแล้ว จะเห็นแนวทางที่จะแก้ไขสถานการณ์นั้นได้ชัดเจนขึ้น

2. เสาะหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และแนวทางที่จะแก้ไขให้มากที่สุด และต้องเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ โดยพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล พิจารณาความพอเพียงของแหล่งข้อมูล ถ้าเป็นประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลนั้นจะต้องผ่านการพิสูจน์จึงจะยอมรับและเชื่อถือได้

3. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้น แยะแยะให้เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ โดยอาศัยหลักการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดเชิงตรรกะ

4. ประเมินค่าของแต่ละองค์ประกอบในแต่ละสถานการณ์ เพื่อนำไปสู่การสรุปและตัดสินใจที่สมเหตุสมผลต่อไป

โดยสรุปแล้ว กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการที่เริ่มจากการกำหนดเป้าหมายและทำความเข้าใจประเด็นปัญหา จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์และ

ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล ใช้เหตุผลในการพิจารณาทางเลือกอย่างรอบคอบ และนำไปสู่การตัดสินใจหรือสรุปผลที่เหมาะสม

2.4.5 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสำคัญต่อการพิจารณาและประเมินผลความสามารถด้านการคิดของนักเรียน นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางในการสร้างแบบทดสอบหลายลักษณะ ดังนี้

Ennis and Millman (1985 อ้างถึงใน สันหวัช สอนท่าโก, 2550) สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ Cornell Critical Thinking Test ขึ้นในปี 1961 โดยจากนั้นได้มีการพัฒนาปรับปรุงจนถึงปี ค.ศ. 1985 ซึ่งทั้งสองได้สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นมา 2 ฉบับ เพื่อวัดกลุ่มบุคคลต่างระดับกัน ดังนี้

1. แบบวัด Cornell Critical Thinking Test Level X เป็นแบบวัดปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที แบบทดสอบนี้วัดความสามารถ 4 ด้านคือ การอุปนัย การนิรนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต การระบุข้อมูลเบื้องต้น

2. แบบวัด Cornell Critical Thinking Test Level Z เป็นแบบวัดที่ใช้กับเด็กปัญญาเลิศในระดับมัธยมศึกษาและกลุ่มนักศึกษาในระดับวิทยาลัยจนถึงผู้ใหญ่ แบบวัดนี้เป็นแบบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที แบบทดสอบนี้วัดความสามารถ 7 ด้านคือ การอุปนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง การอ้างอิงเหตุผลหลักตรรกศาสตร์ การนิรนัย การให้คำจำกัดความและการระบุข้อมูลเบื้องต้น

Watson and Glaser (1980 อ้างถึงใน จันทร์จิรา อังกสิทธิ์, 2551) สร้างแบบวัดที่ใช้กับนักเรียนตั้งแต่เกรด 1 ขึ้นไปจนถึงวัยผู้ใหญ่ ลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบคู่ขนานประกอบด้วยฟอร์ม A และ B แต่ละฟอร์มประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการอนุมานความสามารถในการตัดสินใจ เพื่อจำแนกข้อสรุปว่าข้อใดเป็นจริงข้อใดเป็นเท็จ โดยกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อสรุปประมาณ 3-5 ข้อต่อสถานการณ์ ผู้ตอบพิจารณาข้อสรุปแต่ละข้อเป็นอย่างไร โดยตัวเลือกคือ เป็นจริง น่าจะจริง ข้อมูลไม่เพียงพอ น่าจะเท็จ เป็นเท็จ

2. การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะแบบวัดกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วพิจารณาว่าข้อความในข้อใดไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

3. ความสามารถในการนิรนัย เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุป 2-4 ข้อต่อข้ออ้างนั้น ๆ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อ เป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่

4. ความสามารถในการตีความหมาย เป็นการวัดความสามารถในการลงความคิดเห็นและอธิบายความเป็นไปของข้อสรุปนั้น โดยผู้ตอบจะพิจารณาว่าข้อใดใช่หรือไม่ใช่ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น

5. การประเมินข้อโต้แย้ง เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้สมเหตุสมผล

ทิศนา แขมมณี (2544) ได้กล่าวถึง การวัดความสามารถทางการคิดว่ามีหลากหลายวิธี แต่ที่พบโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เป็นมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มีผู้สร้างไว้แล้ว ยกตัวอย่างเช่น

1.1 แบบทดสอบ Watson–Glaser Thinking Appraisal (WGCTA) สร้างขึ้นโดย Watson และ Glaser ประมาณปี ค.ศ. 1937 และพัฒนาอย่างต่อเนื่องฉบับล่าสุด ปี ค.ศ. 1980 ใช้กับนักเรียนเกรด 9 ถึงระดับวัยผู้ใหญ่ ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบคู่ขนาน คือ แบบทดสอบแบบ A และ แบบทดสอบแบบ B ชนิดเลือกตอบหลายลักษณะ จำนวน 80 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที โดยวัดความสามารถ 5 ด้าน คือ

1.1.1 ด้านความสามารถในการอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุป ว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปประมาณ 3-5 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปแต่ละข้อเป็นอย่างไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัว คือ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ และเป็นเท็จ

1.1.2 ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อความ 2-3 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อความในแต่ละข้อ ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์นั้น

1.1.3 ด้านการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้ออ้าง โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดข้ออ้างไว้แล้ว มีข้อสรุป 2-4 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อ เป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือเป็นไปไม่ได้ตามข้ออ้างนั้น

1.1.4 ด้านการตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ โดยในสถานการณ์มีข้อสรุปมาให้ 2-3 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อใช่หรือไม่ใช่ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น

1.1.5 ด้านการประเมินโต้แย้ง (Evaluation of Argument) เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดสถานการณ์มาให้ ซึ่งแต่ละคำถามจะมีคำตอบพร้อมเหตุผล ผู้ตอบต้องพิจารณาว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับคำถาม

1.2 แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Level X สร้างขึ้นโดย Ennis และ Millman ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ฉบับปรับปรุงล่าสุดปี ค.ศ. 1985 เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดกับนักเรียนตั้งแต่ระดับ 4 จนถึงระดับ 12 เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ ชนิด 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที โดยวัดความสามารถ 4 ด้าน คือ

1.2.1 ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Sources and Observations) คือ ความสามารถในการพิจารณา

ความถูกต้องของข้อมูล ความเป็นไปได้ของข้อความรายงานจากการสังเกตของบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ว่า ข้อใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน หรือน่าเชื่อถือพอ ๆ กัน

1.2.2 ด้านความสามารถในการอุปนัย (Induction) คือ ความสามารถในการตัดสินใจได้ว่าข้อเท็จจริงใดสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปที่คาดคะเนได้

1.2.3 ด้านความสามารถในการนิรนัย (Deduction) คือ ความสามารถในการหาข้อสรุปในสถานการณ์เฉพาะจากประโยคหลักที่กำหนดให้

1.2.4 ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) คือ ความสามารถในการระบุว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีก่อนข้อความหลักที่กำหนดให้ เพื่อทำให้การลงข้อสรุปมีความถูกต้องตามหลักการนิยาม

1.3 แบบทดสอบ Ross Test of Higher Cognitive Processes สร้างขึ้นโดย John D. Ross และ Catherine M. Ross เมื่อปี ค.ศ. 1976 และพัฒนาปรับปรุงในปี ค.ศ. 1979 ใช้กับนักเรียนเกรด 4 ถึง 6 แบบทดสอบชุดนี้ออกเพื่อวัดความสามารถของนักเรียนในด้านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินผล ซึ่งเป็นกิจกรรมระดับสูงของการจำแนกประเภทจุดมุ่งหมายทางการศึกษา Bloom ข้อสอบมีทั้งหมด 105 ข้อ แบบทดสอบมีทั้งหมด 8 ตอน คือ การอุปมาอุปมัย (Analogies) การอ้างเหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) ข้ออ้างที่อ้างผิด (Missing Premises) ความสัมพันธ์นามธรรม (Abstract Relations) การจัดลำดับ (Sequential Synthesis) ยุทธวิธีการตั้งคำถาม (Questioning Strategies) การวิเคราะห์ถึงข้อมูลเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้อง (Analysis of Relevant and Irrelevant Information) วิเคราะห์การอ้างเหตุผล (Analysis of Attributes) ทั้งนี้ แบ่งการสอบออกเป็น 2 ครั้ง ใช้เวลาสอบ 60 นาที โดยการสอบครั้งแรกใช้แบบทดสอบตอนที่ 1 ถึง ตอนที่ 5 และสอบครั้งที่สองด้วยแบบตอนที่ 6 ถึง ตอนที่ 8 ซึ่งการสอบทั้ง 2 ครั้ง เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการเรียนและสภาพของนักเรียนเป็นรายบุคคล

1.4 แบบทดสอบ New Jersey Test of Reasoning Skills สร้างขึ้นโดยสถาบันเพื่อการส่งเสริมด้านปรัชญาสำหรับเด็ก (Institute for the Advancement of Philosophy for Children) เพื่อใช้ในโครงการปรัชญาสำหรับเด็ก เมื่อปี ค.ศ. 1983 ใช้กับนักเรียนเกรด 5 ถึงระดับนักศึกษาวิทยาลัย วัดความสามารถด้านการใช้เหตุผลทางภาษา ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก ข้อสอบมีทั้งหมด 50 ข้อ แบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ การระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) การอุปนัย (Induction) การอ้างเหตุผลที่ดี (Good Reason) และชนิดและระดับ (Kind and Degrees)

1.5 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นโดย มลิวัลย์ สมศักดิ์ (2540) ประกอบด้วย การวัดความสามารถ 6 ด้าน ดังนี้ การกำหนดปัญหา การรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การสรุป อ้างอิงโดยหลักตรรกศาสตร์ และการประเมินและการสรุปอ้างอิง โดยมีจำนวนทั้งหมด 36 ข้อ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

1.6 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นโดย วราภรณ์ ใบภักดี (2547) เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ประกอบด้วยความสามารถย่อย 5 ด้าน คือ ด้านการนิยามปัญหา ด้านการรวบรวมข้อมูล ด้านการ

ระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการเลือกสมมติฐาน และด้านการสรุปอย่างสมเหตุสมผล เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 39 ข้อ ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ตอบได้ตรงกับคำเฉลยได้ 1 คะแนน และถ้าตอบข้อนั้นผิดหรือเว้นว่างไว้ หรือตอบเกินกว่า 1 คำตอบในข้อนั้น ๆ ได้ 0 คะแนน

1.7 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นโดยอัสมะ หะยีมอหะมะสอและ (2550) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตามทฤษฎีของ Watson และ Glaser ประกอบด้วยการวัดความสามารถ 7 ด้าน ได้แก่ การระบุปัญหา การระบุถึงข้อตกลงเบื้องต้น การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล การระบุลักษณะของข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การลงข้อสรุป และการประเมินข้อสรุป เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีจำนวนทั้งหมด 42 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

ตัวอย่างที่ 1 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ Ennis and Millman Level X ตามแนวคิดของ Ennis และ Millman ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก 4 ด้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (จุฑาทิพย์ ชาติสุวรรณ, 2548)

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม ข้อ 1-4

นักวิชาการให้สัมภาษณ์กับผู้สื่อข่าวว่า ในปัจจุบันอาหารช้างมีจำนวนลดลงมาก ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนแล้วไม่เพียงพอกับความต้องการต่อวันของช้างที่มีอยู่ นักข่าวจึงกล่าวว่า ถ้าอย่างนั้น เราก็จะเห็นช้างไทยเพียงในรูปถ่ายเหมือนกับไดโนเสาร์

1. นักเรียนคิดว่าคำพูดของใครน่าเชื่อถือมากกว่ากัน (วัดด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต)
   - ก. นักวิชาการ
   - ข. ผู้สื่อข่าว
   - ค. น่าเชื่อถือพอกัน (คำตอบคือ ก)
2. นักข่าวคิดอย่างไรกับคำพูดของนักวิชาการ (วัดด้านอุปนัย)
   - ก. คัดค้าน
   - ข. สนับสนุน
   - ค. ไม่เกี่ยวข้องกัน (คำตอบคือ ค)
3. สรุปได้ว่าช้างไทยในอนาคต ตามความคิด ของนักข่าว จะเป็นอย่างไร (วัดด้านนิรนัย)
   - ก. สูญพันธุ์
   - ข. ช้างอพยพ
   - ค. จำนวนเพิ่มขึ้น (คำตอบคือ ก)
4. ข้อใดเป็นสาเหตุให้ช้างลดจำนวนลง (วัดด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น)
   - ก. ไม่มีอาหารกิน
   - ข. ตัวใหญ่เกินไป
   - ค. ไม่มีที่อยู่อาศัย (คำตอบคือ ก)

เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน

ตัวอย่างที่ 2 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิดของ Watson และ Glaser ชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 3 ตัวเลือก ซึ่งมี 5 ด้าน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยจะใช้สถานการณ์เดิมในตัวอย่างที่ 1 (จุฑาทิพย์ ชาติสุวรรณ, 2548)

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม ข้อ 1-5

นักวิชาการให้สัมภาษณ์กับผู้สื่อข่าวว่า ในปัจจุบันอาหารช้างมีจำนวนลดลงมาก ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนแล้วไม่เพียงพอกับความต้องการต่อวันของช้างที่มีอยู่ นักข่าวจึงกล่าวว่า ถ้าอย่างนั้น เราก็จะเห็นช้างไทยเพียงในรูปถ่ายเหมือนกับไดโนเสาร์

1. จากสถานการณ์ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า "ช้างต้องอพยพไปหาที่อยู่ใหม่" ข้อสรุปดังกล่าวตรงกับข้อใด (ด้านความสามารถในการอ้างอิง)
   - ก. เป็นข้อสรุปเป็นจริง
   - ข. เป็นข้อสรุปที่เป็นเท็จ
   - ค. ข้อมูลที่สนับสนุนไม่เพียงพอ (คำตอบคือ ก)
2. เหตุผลในข้อใดที่เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้ช้างลดจำนวนลง (ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น)
   - ก. ไม่มีอาหารกิน
   - ข. ตัวใหญ่เกินไป
   - ค. ไม่มีที่อยู่อาศัย (คำตอบคือ ก)
3. สรุปได้ว่าช้างไทยในอนาคตตามความคิดของนักข่าวจะเป็นอย่างไร (ด้านการนิรนัย)
   - ก. สูญพันธุ์
   - ข. ช้างอพยพ
   - ค. มีจำนวนเพิ่มขึ้น (คำตอบคือ ก)
4. สาระสำคัญของสถานการณ์คือข้อใด (ด้านการตีความ)
   - ก. ป่าไม้ถูกทำลาย
   - ข. ช้างมีปริมาณเพิ่มขึ้น
   - ค. ช้างต้องสูญพันธุ์เหมือนไดโนเสาร์ (คำตอบคือ ก)
5. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ที่เราจะเห็นช้างเพียงในรูปถ่ายเหมือนไดโนเสาร์ (ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง)
   - ก. เห็นด้วย เพราะอาหารช้างมีไม่เพียงพอ
   - ข. เห็นด้วย เพราะช้างมีรูปร่างใหญ่โตมาก
   - ค. ไม่เห็นด้วย เพราะช้างยังสามารถไปหากินที่อื่นได้อีก (คำตอบคือ ค)

เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน

2.4.6 ประโยชน์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญที่ช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล อีกทั้งยังส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และการดำเนินชีวิตในสังคมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งนักวิชาการได้กล่าวถึงประโยชน์ของทักษะดังกล่าวไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่รับได้จากการสอนให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สรุปได้ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตนในการทำงานอย่างมีหลักการเหตุผลและมีประสิทธิภาพ
2. ช่วยให้นักเรียนประเมินงานโดยใช้เกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล
3. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักประเมินตนเองอย่างมีเหตุผลและการฝึกการตัดสิน
4. ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาอย่างมีความหมายและมีประโยชน์
5. ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา
6. ช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นหาความรู้ ทฤษฎี หลักการตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย และลงข้อสรุป
7. ช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการใช้ภาษาและสื่อความหมาย
8. ช่วยให้นักเรียนคิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง คิดอย่างแจ่มแจ้ง คิดอย่างกว้างขวาง และคิดอย่างลุ่มลึก ตลอดจนคิดอย่างสมเหตุสมผล
9. ช่วยให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีปัญญาประกอบด้วย ความรับผิดชอบ ความมีระเบียบวินัย ความมีเมตตา
10. ช่วยให้นักเรียนอ่าน เขียน ฟัง พูด ได้ถูกต้อง
11. ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง

อุษณีย์ โพธิ์สุข (2545) กล่าวว่า การที่นักเรียนมีความคิดอย่างวิจารณญาณทำให้นักเรียนเกิดประโยชน์หลายด้าน ได้แก่

1. สามารถแยกแยะความแตกต่างว่า อะไรคือความรู้ อะไรคือความจริง หรืออะไรเป็นแค่ความคิดเห็น
2. รู้จักประมวลข้อมูล ประมวลความคิด
3. รู้จักจัดลำดับข้อมูล
4. รู้จักสรุปเหตุผลข้อมูล
5. รู้จักตั้งเป้าหมาย
6. รู้จักที่จะวางแผนงานล่วงหน้า
7. รู้จักเปิดใจเป็นกลาง ฟังความรอบด้าน ไม่ด่วนตัดสินใจโดยขาดข้อมูล
8. สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ดี

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) กล่าวไว้สรุปได้ว่า บุคคลที่นำวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในการดำเนินชีวิตจะเกิดประโยชน์ ดังนี้

1. มีความมั่นใจในการเผชิญต่อปัญหาต่าง ๆ และแก้ไขปัญหานั้น ๆ ได้ถูกทาง
2. สามารถตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีเหตุผล
3. มีบุคลิกภาพดี เป็นคนสุขุมรอบคอบ ละเอียดลออ ก่อนตัดสินใจในเรื่องใดจะต้องมีข้อมูลหลักฐานประกอบแล้ววิเคราะห์ด้วยเหตุผลก่อนตัดสินใจ
4. ทำกิจการงานต่าง ๆ ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดอย่างมีคุณภาพเนื่องจากมีระบบความคิดอย่างเป็นขั้นตอน
5. มีทักษะในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ดี ทั้งด้านการอ่าน เขียน ฟัง พูด
6. การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ ส่งผลให้สติปัญญาเฉียบแหลม พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง
7. เป็นผู้มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย
8. เป็นผู้ปฏิบัติงานอยู่บนหลักการและเหตุผล ส่งผลให้งานสำเร็จอย่างมีคุณภาพ

จากประโยชน์ที่นักวิชาการการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ถูกทาง ตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล ทำให้เป็นผู้ที่มีบุคลิกภาพที่ดี เป็นคนที่มีความรอบคอบ ก่อนที่จะตัดสินใจทำเรื่องใดจะต้องมีหลักฐานประกอบในการวิเคราะห์ตัดสินใจ ทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีคุณภาพ เพราะมีการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน มีทักษะในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ดีในทุกด้าน การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ จะส่งผลให้นักเรียนมีสติปัญญาที่เฉียบแหลม พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีวินัยและมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน อยู่บนพื้นฐานของหลักการและเหตุผลทำให้งานออกมาอย่างมีคุณภาพ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ พบว่าผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ

ณัฏฐ์ เนาว์ช้าง ธีรวุฒิ จินดานุรักษ์ และ ชูชาติ เชาว์วิเชียรเกียรติพงศ์. (2563) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน และ 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการ

จัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน ในห้องเรียนหนึ่งห้อง โดยได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือวิจัยที่ใช้ประกอบด้วย (1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และ (2) แบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ t ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์หลังจากจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สูงกว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์หลังจากจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สูงกว่าความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์ก่อนจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

บัวลักษณ์ เพชรงาม (2565) พัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD วิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและหลัง (One-Group Pretest-Posttest Designs) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่ได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 27 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ (t-test Dependent Sample) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการเรียนรู้เรื่องบทละครพูดสื่อภาษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการคิดเชิงระบบรวมทุกด้าน นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดี

ศักดิ์ศรี สืบสิงห์ และเฉลิมพร สืบสิงห์ (2565) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านท่าม่วง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 17 คนจากวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 6 แผน การจัดการเรียนรู้ ซึ่งใช้เกณฑ์วัดความเหมาะสมแบบมาตราส่วน 5 ระดับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.36-0.62 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.28-0.62 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เท่ากับ 0.81 และ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ โดยใช้เกณฑ์วัดความเหมาะสมแบบมาตราส่วน 5 ระดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test for One-sample ผลการวิจัยพบว่าค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.48/84.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ค่าคะแนนเฉลี่ยของ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าคะแนนเฉลี่ยของทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พงศ์ธร จารุตัน และ พรชัย ผาดไธสง (2567) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองขอนวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 21 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้วิธีการจับสลาก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง แบบวัดความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 14 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test Dependent Samples ผลการวิจัย พบว่า 1) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพ 78.57/78.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐาน มีคะแนนความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โศภิษฐา คงธน และอาทร นกแก้ว (2568) ได้ทำวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนโปรแกรม Desmos เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 2) ศึกษาผลการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนโปรแกรม Desmos เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 22 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย ด้วยเทคนิคการจับฉลาก ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนโปรแกรม Desmos เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สถานการณ์ปัญหา 2) ระบุข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง 3) การสร้างแนวคิดและสมมุติฐาน 4) ตรวจสอบความรู้เดิมและศึกษาความรู้ใหม่ 5) การนำความรู้มาประยุกต์ใช้ 6) สรุปข้อมูลให้มีโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ประเด็นที่ควรให้ความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ คือ ก) ครูควรให้นักเรียนคุ้นชินกับการนำเทคโนโลยีบทเรียน Desmos มาใช้ในการเรียนรู้ ข) ในระหว่างทำกิจกรรมครูควรสร้างโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมวิเคราะห์ปัญหา หาวิธีแก้ปัญหากับเพื่อนในกลุ่ม ค) ครูควรกำหนดเวลาในการทำบทเรียน โดยดูที่ความพร้อมและความสามารถของนักเรียน ง) ครูควรติดตามการทำบทเรียนโปรแกรม Desmos ผ่าน Dashboard History พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และ จ) ครูควรคอยกระตุ้นนักเรียนเป็นระยะในระหว่างทำกิจกรรม 2) ผลการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่

เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนโปรแกรม Desmos เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส มีการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Wong and Day (2009) ได้ทำวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ในการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมต้นในฮ่องกง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ เรื่องการเพิ่มประชากรและความหนาแน่น ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายของนักเรียน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 37 คน และกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบบรรยาย จำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้เหมือนกัน แต่ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะมีความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจและการนำความรู้ไปใช้ในอนาคต และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยังทำให้มีการคงทนในความรู้มากกว่าและพัฒนาการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับทักษะขั้นสูงได้ดีขึ้นกับสถานการณ์ทั่วไปที่เป็นจริง

Amin et al. (2020) ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) ที่มีต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 2) ศึกษาผลของรูปแบบ PBL ที่มีต่อเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม การวิจัยใช้รูปแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Pretest-Posttest Control Group Design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหลักสูตรการศึกษาสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอิสลามแห่งรัฐเมาลานา มาลิก อิบราฮิม เมืองมาลัง ประเทศอินโดนีเซีย ปีการศึกษา 2018/2019 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 25 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมของนักศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติการทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างอิสระ (Independent Sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ส่งผลต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.010$) 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ส่งผลต่อเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$) นอกจากนี้ ยังพบว่ารูปแบบ PBL มีอิทธิพลต่อการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่ารูปแบบการสอนแบบดั้งเดิม (Conventional Model) โดยการนำรูปแบบ PBL มาใช้ในกิจกรรมการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาเกิดการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และพัฒนาเจตคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

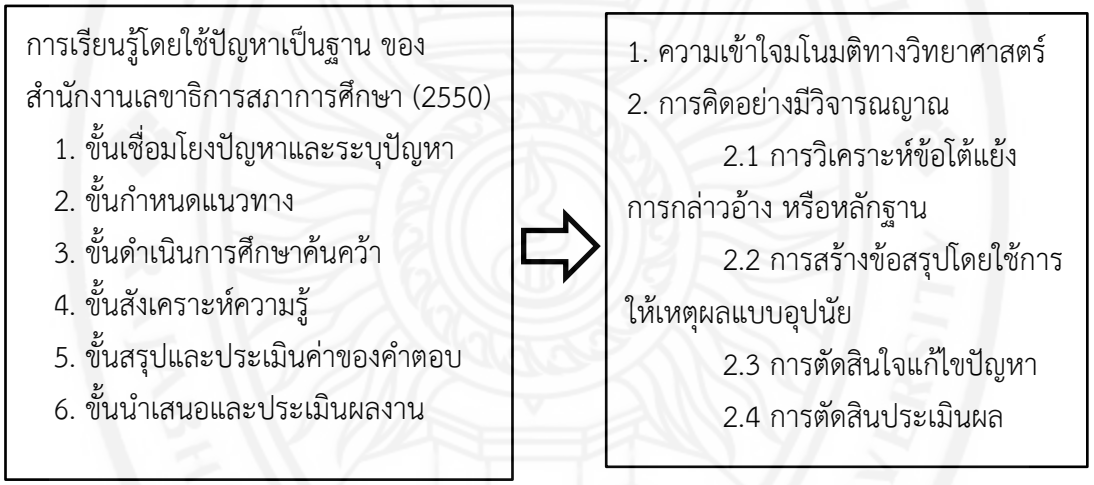
Jai-on and Bangtho (2022) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษา และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักศึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 คณะครุศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน จำนวน 47 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) แบบประเมินความสามารถในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ตามกรอบแนวคิดของ Sahin (2009) 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหา และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนาได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ผลการวิจัย พบว่า 1) หลังจากจัดกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการนักศึกษามีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพิ่มขึ้น โดยนักศึกษามีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{x}$ = 15.50, S.D. = 1.31) และ 2) ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.68, S.D. = 0.33)

Guo (2022) วิจัยเชิงทดลองเพื่อ 1) เปรียบเทียบการออกแบบโครงการสอนดนตรีกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ก่อนและหลังการใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และ 2) ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้ คือ นักศึกษาจีน 42 คน วิชาเอกดนตรีศึกษา ระดับปริญญาตรี Zhoukou Normal University ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการสอนการจัดการเรียนรู้ออกแบบโครงการสอนดนตรีและการฝึกปฏิบัติโดยใช้การสอนแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการสอนการออกแบบโครงการสอนดนตรีและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า 1) การออกแบบโครงการสอนดนตรีและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการฝึกสอนของนักเรียน หลังใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอยู่ในระดับสูง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานในประเทศและงานวิจัยนอกประเทศ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยฝึกให้นักเรียนได้เผชิญปัญหาและได้วิเคราะห์แก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม และทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจวิธีการศึกษาค้นคว้าใหม่ ๆ ที่หลากหลาย รู้จักมีความคิดริเริ่ม มีความคิดสร้างสรรค์ รู้จักสังเกตแล้วนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ดี ที่ควรนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนต่อไป

2.6 กรอบแนวคิดวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นเชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา 2) ขั้นกำหนดแนวทาง 3) ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) ขั้นสังเคราะห์ความรู้ 5) ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ และ 6) ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน ซึ่งการที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กล่าวมาจะทำให้มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Coştu and Ayas (2005) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ และได้ฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิด Lai (2011) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน 2) การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือการนิรนัย 3) การตัดสินใจแก้ไขปัญหา และ 4) การตัดสินประเมินผล ซึ่งสรุปเป็นแผนผังกรอบแนวคิดได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งเชิงทดลอง (Quasi-Experimental Research) เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและคุณภาพเครื่องมือ
4. รูปแบบการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 5 ห้อง รวมทั้งหมด 200 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ของแข็งและของไหล จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

3.2.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น จำนวน 20 ข้อ

3.2.3 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ ใช้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน 2) การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือการนิรนัย 3) การตัดสินใจแก้ไขปัญหา และ 4) การตัดสินประเมินผล

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ของแข็งและของไหล มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังต่อไปนี้

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) คู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนผดุงนารี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาเรียน กิจกรรมการเรียน สื่อและแหล่งเรียนรู้ และวิธีการประเมินผล เรื่อง ของแข็งและของไหล

3.3.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3.3.1.3 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน รายวิชาฟิสิกส์ 5 เรื่อง ของแข็งและของไหล ใช้เวลา 12 ชั่วโมง รวม 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเนื้อหาดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.5 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นรายวิชาฟิสิกส์ 5 เรื่อง ของแข็งและของไหล

แผนการจัดการเรียนรู้	เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
19	สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ	อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง มี่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ	สะพานแขวนกลางหมู่บ้าน	3
20	มอดุลัสของยัง	อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง	โต๊ะเรียนเหล็กที่โคลงเคลง	3
21	ความดันในของไหล	อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศในของไหล	แรงดันปริศนาในปั๊มน้ำ	3
22	แรงพยุงจากของไหล	อธิบายขนาดแรงพยุงจากของไหล	ทำไมเรือไม่จม	3
รวม				12

3.3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีการทดลองเพิ่มขึ้น และปรับแก้ใบงานให้เป็นเชิงสถานการณ์

3.3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินชนิดประมาณค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด ให้ 5 คะแนน
เหมาะสมมาก ให้ 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง ให้ 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย ให้ 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน

ผู้เชี่ยวชาญมีจำนวน 3 ท่าน ได้แก่

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา เหลากูล ปร.ด.(ฟิสิกส์) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

2. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ รต.ดร. อรัญ ชุยกระเดื่อง กศ.ด.(วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผลการเรียนรู้

3. นางจุไรรัตน์ ธนยั่งยืน กศ.ม.(การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนผดุงนารี ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วทั้งหมดไปตรวจสอบเพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีเหมาะสม มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีเหมาะสม มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีเหมาะสม ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีเหมาะสม น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีเหมาะสม น้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความเหมาะสมที่ถือว่าเหมาะสม ระดับคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จึงถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีคุณภาพเหมาะสม สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ของแข็งและของไหล จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง มีระดับความเหมาะสมมากที่สุดทุกแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.58-4.65 (S.D. = 0.48-0.50) ซึ่งแต่ละแผนมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ (ภาคผนวก ง)

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 (S.D. = 0.48)

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องมอดุลัสของยัง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 (S.D. = 0.49)

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องความดันในของไหล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 (S.D. = 0.49)

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงพยุงจากของไหล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 (S.D. = 0.50)

3.3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับกิจกรรมให้เหมาะสมสอดคล้องกับเวลาเรียน และปรับปรุงความถูกต้องของภาษาในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) คู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนผดุงนารี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ของแข็งและของไหล เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.2 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.3 ศึกษาโจทย์ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลายเพื่อนำมาประกอบการสร้างแบบทดสอบ

3.3.2.4 สร้างตารางวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และกำหนดจำนวนข้อสอบเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.6 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้	มโนมติ	รวมจำนวนข้อสอบ	
		ออก	ใช้จริง
1. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว	สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด	3	2
	ความเค้นตามยาว	3	2
และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	ความเครียดตามยาว	3	2
	มอดุลัสของยัง	3	2
2. อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	ความดันเกจ	3	2
	ความดันสัมบูรณ์	3	2
	ความดันบรรยากาศ	3	2
	หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	3	2

(ต่อ)

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	มโนมติ	รวมจำนวนข้อสอบ	
		ออก	ใช้จริง
3. ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	แรงพยุงจากของไหล	6	4
รวม		30	20

3.3.2.5 สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล โดยสร้างแบบทดสอบเป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น จำนวน 30 ข้อ ต้องการใช้จริง 20 ข้อ

3.3.2.6 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นพร้อมเฉลย เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ การปรับลดจำนวนข้อสอบ และพัฒนาเครื่องมือวัดให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของนักเรียน

3.3.2.7 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับผลการเรียนรู้ (IOC: Index of Item Objective Congruence) โดยพิจารณาการให้ระดับความสอดคล้องเป็นคะแนนดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ให้คะแนนเป็น +1
เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ให้คะแนนเป็น 0
เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ให้คะแนนเป็น -1

3.3.2.8 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้ของแต่ละมโนมติที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2567) พบว่าแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 (ภาคผนวก ง)

3.3.2.9 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับภาษาในแบบทดสอบให้มีความเข้าใจง่ายขึ้น และแก้ไขตัวเลือกให้มีข้อถูกเพียงข้อเดียว

3.3.2.10 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.3.2.11 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มาหาดัชนีความยาก (Item Difficulty index, p) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers ซึ่งค่าความยากที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2567) คัดเลือกแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ใช้เก็บข้อมูลให้เหลือจำนวน 20 ข้อ ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.38–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20–0.50 (ภาคผนวก ง)

3.3.2.12 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธี Cronbach's Alpha Coefficient Method ซึ่งแบบทดสอบที่ดีควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) พบว่าแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.72 (ภาคผนวก ง)

3.3.2.13 นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 20 ข้อ (ฉบับจริง) ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.3.3 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังต่อไปนี้

3.3.3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

3.3.3.2 กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัดและสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยอ้างอิงการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Lai (2011)

3.3.3.3 สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก 5 สถานการณ์ จำนวน 20 ข้อ ต้องการนำไปใช้จริง 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ ผู้วิจัยทำสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยพิจารณาโครงสร้าง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน 2) การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยหรือการนิรนัย 3) การตัดสินใจแก้ไขปัญหา และ 4) การตัดสินประเมินผล ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.8 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ด้านการประเมิน	รวม	
	ออก	ใช้จริง
1. การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน	5	3
2. การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือการนิรนัย	5	3
3. การตัดสินใจแก้ไขปัญหา	5	3
4. การตัดสินประเมินผล	5	3
รวม	20	12

3.3.3.4 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบเนื้อหา ภาษา และข้อคำถาม เพื่อให้คำแนะนำแล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ สร้างแบบทดสอบเป็นสถานการณ์โดยให้เนื้อหาครอบคลุมในการทั้ง 4 ด้านการประเมินตามตารางที่ 3.3 และปรับลดจำนวนข้อสอบต่อสถานการณ์ลง

3.3.3.5 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับนิยามศัพท์ การให้ระดับความสอดคล้องเป็นคะแนน ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับนิยามศัพท์	มีคะแนนเป็น +1
เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับนิยามศัพท์	มีคะแนนเป็น 0
เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์	มีคะแนนเป็น -1

3.3.3.6 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่าแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 (ภาคผนวก ง)

3.3.3.7 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ แก้ไขโจทย์คำถาม และแก้ไขตัวเลือกให้มีข้อถูกเพียงข้อเดียวให้ชัดเจน

3.3.3.8 นำแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีความเที่ยงตรงไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.3.3.9 นำผลคะแนนแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

1) วิเคราะห์หาดัชนีความยาก (Item Difficulty Index, p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้วิธี (Item Discrimination Index: r) (ไพศาล วรคำ, 2567) คัดเลือกแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ใช้เก็บข้อมูล ให้เหลือ 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.65–0.80 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20–0.45 (ภาคผนวก ง)

2) นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่คัดเลือกไว้ 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson Methods โดยความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ดีควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) พบว่าแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.64 (ภาคผนวก ง)

3.3.3.10 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ (ฉบับจริง) ไปทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.4 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบแผนกลุ่มเดียวมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) (ไพศาล วรคำ, 2567) โดยมีแบบการทดลอง ตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.9 แบบการทดลอง One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	Pre-test	Treatment	Post-test
E	O_1	X	O_2

หมายเหตุ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experiment group)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Treatment)

O_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำเครื่องมือ ที่ผ่านการวิเคราะห์หาคุณภาพแล้วไปทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 ผู้วิจัยวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการขอจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ หมายเลขสำคัญโครงการ HE000067 046/2568

3.5.2 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และทำการทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน

3.5.3 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง

3.5.4 ผู้วิจัยทำการวัดความเข้าใจมโนมติของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังจบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แผน

3.5.5 ผู้วิจัยทำการทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดิมกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน

3.5.6 ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ของแข็ง และของไหล โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

3.6.1 วิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

3.6.1.1 นำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามองค์ประกอบของคำตอบ แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ไม่ตอบ (No Response: NR) หมายถึง คำตอบของนักเรียน ไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

3.6.1.2 นำจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าร้อยละ (%)

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังเรียนโดยใช้สถิติทดสอบสมมุติฐาน t-test (Dependent Samples)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการติดตามและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้เลือกใช้สถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

3.7.1 สถิติพื้นฐาน

3.7.1.1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) หาได้จากสูตร ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\overline{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x_i แทน คะแนนของกลุ่มตัวอย่างคนที่ i = 1,2,3,...,n

n แทน จำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

3.7.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1}} \quad (3\text{-}2)$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\overline{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

x_i แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียน

3.7.1.3 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

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

เมื่อ f แทน ความถี่ของรายการที่สนใจ

n แทน จำนวนทั้งหมด

3.7.2 สถิติที่ใช้หาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.7.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \tag{3-4}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมิน

3.7.2.2 ค่าดัชนีความยาก (Item Difficulty) ของแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$p = \frac{S_H + S_L - \left(2NX_{\min}\right)}{2N\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \tag{3-5}$$

เมื่อ p แทน ดัชนีความยากง่าย

S_H แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

3.7.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Index of Discrimination) ของแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตร Whitney and Sabers ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$D = \frac{S_H - S_L}{N\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \tag{3-6}$$

เมื่อ D แทน อำนาจจำแนกข้อสอบ
S_H แทน ผลรวม (ของคะแนนคูณความถี่) ของคะแนนกลุ่มสูง
S_L แทน ผลรวม (ของคะแนนคูณความถี่) ของคะแนนกลุ่มต่ำ
$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้
$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

3.7.2.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ใช้วิธีของ (Item Discrimination Index: r) โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$r = \frac{f_H}{n_H} - \frac{f_L}{n_L} = \frac{2\left(f_H - f_L\right)}{n} \tag{3-7}$$

เมื่อ r แทน เป็นอำนาจจำแนกของข้อสอบ
f_H แทน เป็นจำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก
f_L แทน เป็นจำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
n_H, n_L แทน เป็นจำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามลำดับ
n แทน เป็นจำนวนผู้สอบทั้งหมด $(n = n_H + n_L)$

3.7.2.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient Method) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{S_i^2}{S_t^2}\right] \tag{3-8}$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม t

3.7.2.6 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ใช้สูตรของ Kuder-Richardson Methods (KR-20) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$KR-20=\left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum p_i q_i}{S_t^2}\right] \quad (3\text{-}9)$$

เมื่อ $KR-20$ แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่ม

k แทน จำนวนข้อสอบ

p_i แทน สัดส่วนของการตอบถูกในข้อ i

q_i แทน สัดส่วนของการตอบผิดในข้อ i หรือ 1- p_i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม (t)

3.7.3 สถิติการทดสอบ

3.7.3.1 การทดสอบทีแบบกลุ่มไม่อิสระ (Dependent-Samples t-test) (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$t=\frac{\bar{d}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}};df=n-1 \quad (3\text{-}10)$$

เมื่อ t แทน สถิติทดสอบที

$\bar{d}$ แทน ผลต่างเฉลี่ยคู่คะแนน

S_d แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคะแนน

n แทน จำนวนคู่คะแนนหรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัย ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

$\bar{X}$	แทน คะแนนค่าเฉลี่ย
$S.D.$	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน สถิติทดสอบที
df	แทน ระดับของความอิสระ (Degree of Freedom)
$sig.$	แทน นัยสำคัญทางสถิติ
CU	แทน ความเข้าใจที่สมบูรณ์
PU	แทน ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
SM	แทน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน
NU	แทน ความไม่เข้าใจ
NR	แทน ไม่ตอบ

4.2 ขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

4.2.1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้สถิติพื้นฐาน เพื่อหาค่าเฉลี่ย และร้อยละ ผลปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

มโนมติ	ข้อที่	ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์							
		CU		PU		SM		NU/NR	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด	1-2	13	16.25	29	36.25	32	40.00	6	7.50
ความเค้นตามยาว	3-4	16	20.00	32	40.00	20	25.00	12	15.00
ความเครียดตามยาว	5-6	14	17.50	25	31.25	30	37.50	11	13.75
มอดุลัสของยัง	7-8	16	20.00	34	42.50	23	28.75	7	8.75
ความดันเกจ	9-10	17	21.25	28	35.00	24	30.00	11	13.75
ความดันสัมบูรณ์	11-12	19	23.75	25	31.25	26	32.50	10	12.50
ความดันบรรยากาศ	13-14	20	25.00	32	40.00	21	26.25	7	8.75
หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	15-16	19	23.75	26	32.5	25	31.25	10	12.50

(ต่อ)

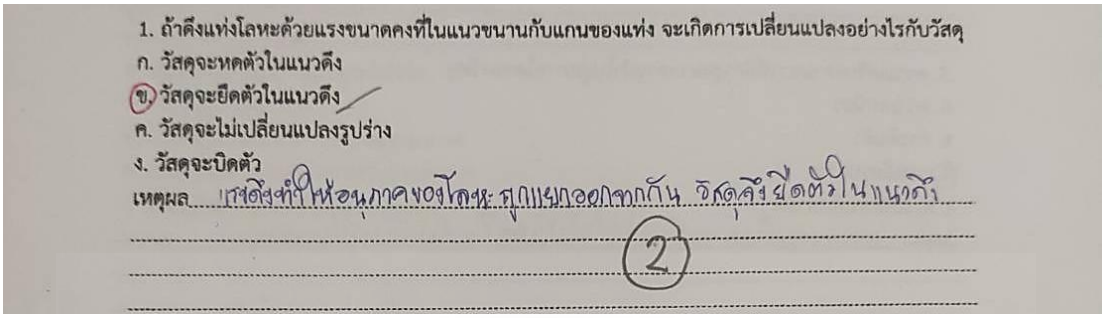
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

มโนมติ	ข้อที่	ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์							
		CU		PU		SM		NU/NR	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
แรงพยุงจากของไหล	17-20	45	28.13	51	31.88	40	25.00	24	15.00
$\bar{X}$		179	22.37	282	35.25	231	28.87	98	12.25

จากตาราง 4.1 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นดังนี้

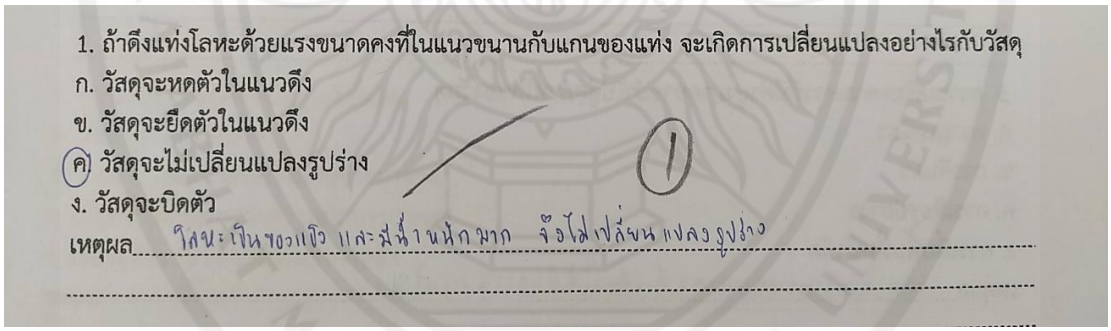
1. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 16.25 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 36.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 7.50 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็นดังนี้

1.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแท่งโลหะเมื่อดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่งได้ว่าวัสดุจะยืดตัวในแนวดึง แต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ว่า แรงดึงจะทำให้อนุภาคของโลหะถูกแยกออกจากกันในแนวที่ดึง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ เมื่อวัสดุถูกแรงดึงในแนวตามยาว วัสดุจะเกิดความเครียดตามยาว ทำให้ยืดตัวหากยังอยู่ในขอบเขตสภาพยืดหยุ่น นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุตัวอย่างการออกแรงที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาพยืดหยุ่นได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เพราะดินน้ำมันเปลี่ยนรูปร่างได้ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นสามารถคืนสู่รูปร่างเดิมได้เมื่อไม่มีแรงกระทำ ซึ่งดินน้ำมันไม่มีสภาพยืดหยุ่น ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายถึงสภาพยืดหยุ่นให้ชัดเจนมากขึ้น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.1


1. ถ้าดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่ง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับวัสดุ
ก. วัสดุจะหดตัวในแนวดึง
ข. วัสดุจะยืดตัวในแนวดึง
ค. วัสดุจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง
ง. วัสดุจะบิดตัว
เหตุผล เพราะดึงทำให้อนุภาคของโลหะถูกแยกออกจากกัน วัสดุจึงยืดตัวในแนวดึง
2

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด

1.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแท่งโลหะเมื่อดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่งว่าวัสดุจะยืดตัวในแนวดึง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า โลหะเป็นของแข็งและมีน้ำหนักมาก จึงไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้นนักเรียนต้องอธิบายเกี่ยวกับสภาพยืดหยุ่น ซึ่งไม่เกี่ยวกับความหนักหรือความเป็นของแข็งของวัสดุ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุตัวอย่างที่เป็นวัสดุที่ไม่มีสภาพยืดหยุ่นได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ดินน้ำมันไม่มีสภาพยืดหยุ่น เพราะดินน้ำมันไม่สามารถยืดออกได้เหมือนยางหรือสปริง ซึ่งคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังสับสนระหว่างการยืดได้กับสภาพยืดหยุ่น โดยเข้าใจว่าวัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นต้องยืดออกได้เท่านั้น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.2

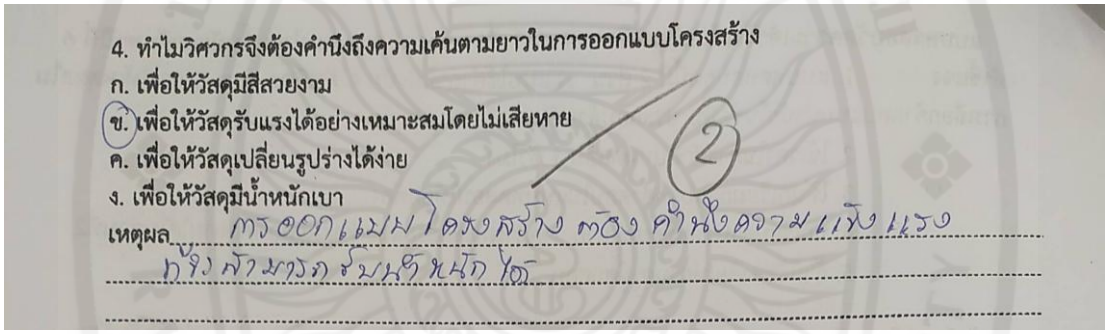

1. ถ้าดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่ง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับวัสดุ
ก. วัสดุจะหดตัวในแนวดึง
ข. วัสดุจะยืดตัวในแนวดึง
ค. วัสดุจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง
ง. วัสดุจะบิดตัว
เหตุผล โลหะเป็นของแข็ง และมีน้ำหนักมาก จึงไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง
1

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด

2. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความเค้นตามยาว นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 จากการวิเคราะห์คำตอบจาก

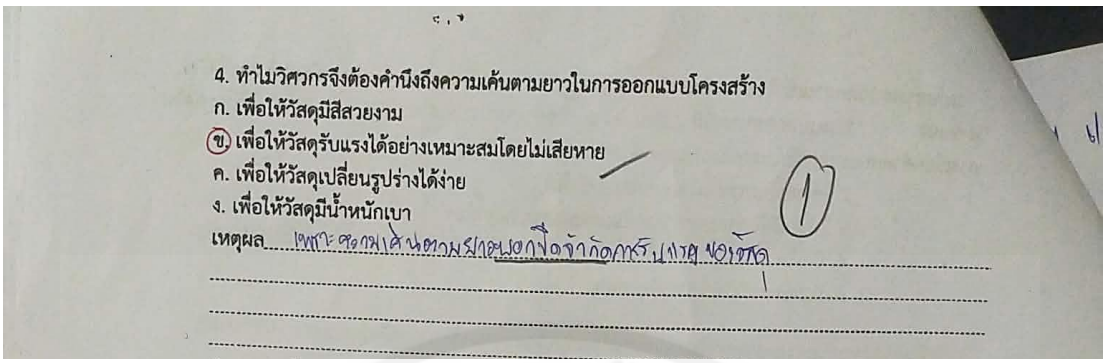
แบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

2.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุว่าในการออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ทำไมวิศวกรต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาว แต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ว่า การออกแบบโครงสร้างต้องคำนึงความแข็งแรงที่จะสามารถรับน้ำหนักของวัสดุได้ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ การออกแบบต้องพิจารณาความแข็งแรงของวัสดุต่อแรงที่กระทำกับวัสดุนั้น เพื่อป้องกันการพังทลายของโครงสร้าง และนักเรียนต้องอธิบายเพิ่มเติมว่าวัสดุที่แข็งแรงต้องรับน้ำหนักได้ดี เพื่อป้องกันการพังทลายหรือลดอุบัติเหตุ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเค้นตามยาวได้ แต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ว่า แรงมากความเค้นมาก โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ ความเค้นเกิดจากแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ ทั้งสองปัจจัย โดยนักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเค้นในทิศทางที่ถูกต้อง แต่ยังขาดปัจจัยสำคัญอีกตัวหนึ่งคือพื้นที่หน้าตัด ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.3


4. ทำไมวิศวกรจึงต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาวในการออกแบบโครงสร้าง
ก. เพื่อให้วัสดุมีสีสวยงาม
ข. เพื่อให้วัสดุรับแรงได้อย่างเหมาะสมโดยไม่เสียหาย
ค. เพื่อให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย
ง. เพื่อให้วัสดุมีน้ำหนักเบา
2
เหตุผล การออกแบบโครงสร้าง ต้อง คำนึงความแข็งแรง
ที่จะสามารถรับน้ำหนักได้

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความเค้นตามยาว

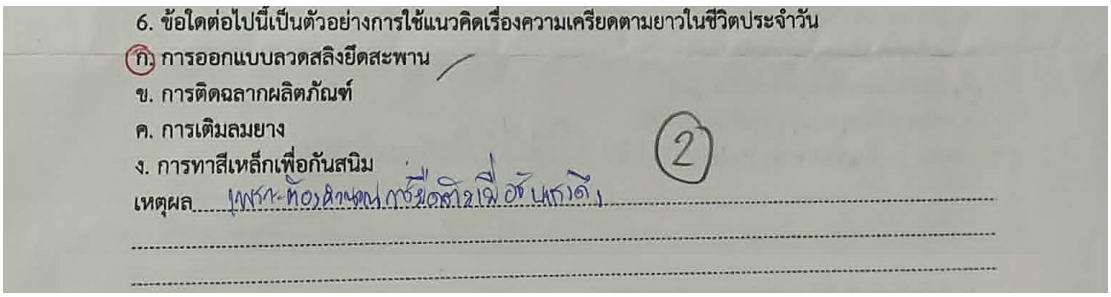
2.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุว่าในการออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ทำไมวิศวกรต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาว แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะความเค้นตามยาวบอกขีดจำกัดการรับแรงของวัสดุ โดยคำตอบถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายการออกแบบเพื่อพิจารณาความแข็งแรงของวัสดุต่อแรง เพื่อป้องกันการพังทลายของโครงสร้าง ซึ่งนักเรียนตอบว่าความเค้นบอกขีดจำกัดยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากต้องเอาความเค้นที่เกิดขึ้นไปเปรียบเทียบกับขีดจำกัดของวัสดุเพื่อประกอบการพิจารณาว่ามีความปลอดภัยหรือไม่ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเค้นตามยาวได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า พื้นที่หน้าตัดมากจะทำให้วัสดุรับแรงได้มาก ความเค้นจึงเพิ่มขึ้น โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ ความเค้นเกิดจากแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด จึงขึ้นอยู่กับทั้งสองปัจจัย แสดงให้เห็นถึงเข้าใจผิดของนักเรียนเรื่องความเค้น เพราะถ้าวัสดุมีพื้นที่มาก จะมีความเค้นลดลง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.4


4. ทำไมวิศวกรจึงต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาวในการออกแบบโครงสร้าง
ก. เพื่อให้วัสดุมีสีสวยงาม
ข. เพื่อให้วัสดุรับแรงได้อย่างเหมาะสมโดยไม่เสียหาย
ค. เพื่อให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย
ง. เพื่อให้วัสดุมีน้ำหนักเบา
เหตุผล เพราะความเค้นตามยาวมากเกินไปจะทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่างและขาดได้

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความเค้นตามยาว

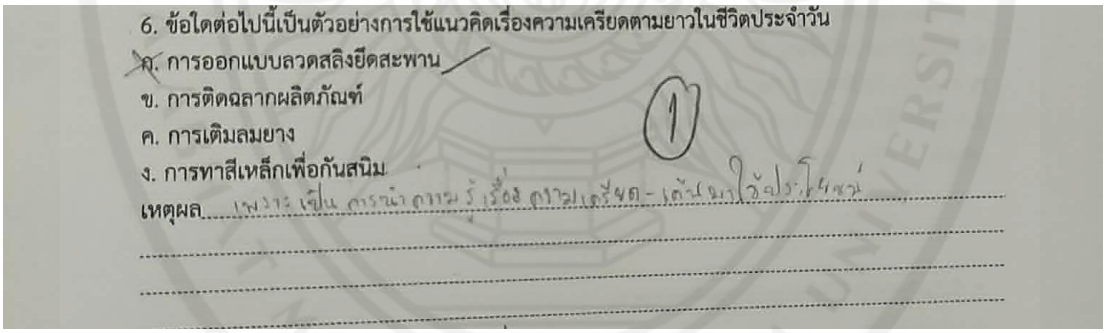
3. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความเครียดตามยาว นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 17.50 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 13.75 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

3.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุแนวคิดเรื่องความเครียดตามยาวในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลไม่สมบูรณ์ว่า ต้องคำนวณการยืดตัวเพื่อรับแรงดึง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ วิศวกรต้องคำนวณว่าลวดจะเกิดความเครียดและยืดตัวได้มากน้อยเพียงใดเมื่อได้รับแรงดึง เพื่อป้องกันการเสียรูปหรือการขาดของลวด และเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งนักเรียนต้องอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเครียดตามยาว และอธิบายผลของแรงดึงต่อวัสดุ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุได้ว่า ความเครียดตามยาวที่มีค่าสูงมากเกินไปจะส่งผลอย่างไรกับสภาพของวัสดุ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า ความเครียดตามยาวที่มากเกินไปจะทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ เมื่อวัสดุได้รับความเครียดเกินกว่าขอบเขตยืดหยุ่น จะเปลี่ยนรูปร่างถาวร ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.5


6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการใช้แนวคิดเรื่องความเครียดตามยาวในชีวิตประจำวัน
ก. การออกแบบลวดสลิงยืดสะพาน
ข. การติดฉลากผลิตภัณฑ์
ค. การเติมลมยาง
ง. การทาสีเหล็กเพื่อกันสนิม
เหตุผล เพราะต้องคำนวณการยืดตัวเมื่อรับแรงดึง
(2)

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความเครียดตามยาว

3.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุแนวคิดเรื่องความเครียดตามยาวในชีวิตประจำวัน แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เป็นการนำความรู้เรื่องความเครียดความเค้นมาใช้ประโยชน์ ซึ่งนักเรียนยังไม่สะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปของวัสดุภายใต้แรงกระทำ โดยเฉพาะแรงดึงที่ทำให้วัสดุเกิดการยืดตัว โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายว่าวิศวกรต้องคำนวณว่าลวดจะยืดตัวได้มากน้อยเพียงใดเมื่อได้รับแรงดึง เพื่อป้องกันการเสียรูปหรือการขาดของวัสดุ และเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน และยังพบว่านักเรียนสามารถระบุผลของความเครียดตามยาวที่มีค่าสูงมากเกินไปที่มีต่อวัสดุได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า วัสดุแข็งแรงจึงรับความเครียดได้มาก โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ วัสดุได้รับความเครียดมากเกินขอบเขตยืดหยุ่น วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรและไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.6

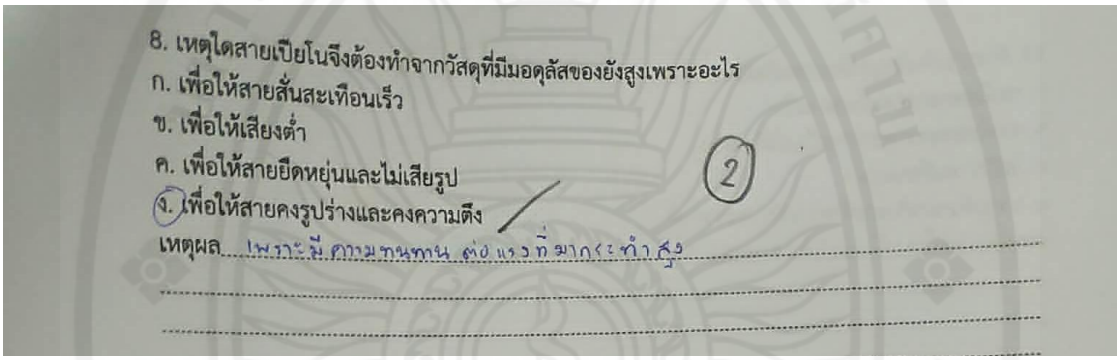

6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการใช้แนวคิดเรื่องความเครียดตามยาวในชีวิตประจำวัน
ก. การออกแบบลวดสลิงยืดสะพาน
ข. การติดฉลากผลิตภัณฑ์
ค. การเติมลมยาง
ง. การทาสีเหล็กเพื่อกันสนิม
เหตุผล เพราะเป็นการนำความรู้เรื่องความเครียด-เค้นมาใช้ประโยชน์
(1)

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความเครียดตามยาว

4. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องมอดุลัสของยัง นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 34 คิดเป็นร้อยละ 42.50 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 28.75 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 8.75 จากการวิเคราะห์คำตอบจาก

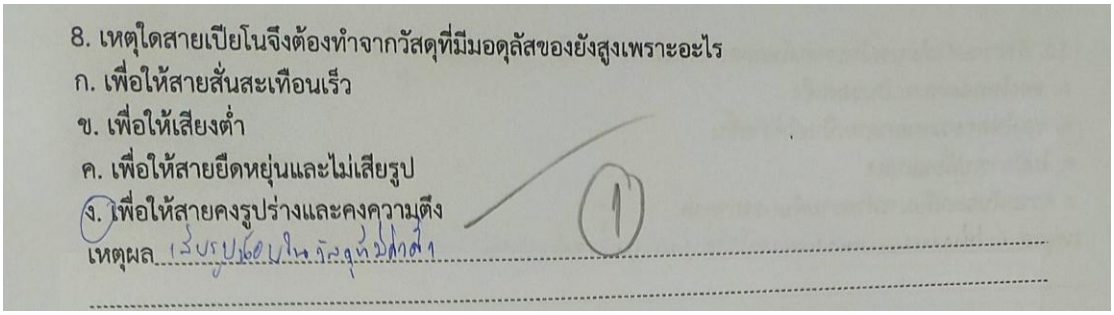
แบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

4.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุได้ว่าเหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูง แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เพราะมีความทนทานต่อแรงที่มากระทำสูง แต่ยังไม่อธิบายถึงแนวคิดเรื่องมอดุลัสของยัง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ วัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูงจะต้านทานการยืดตัว ทำให้สายดนตรีตึงแน่นและให้เสียงที่เสถียร นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุได้ว่าวัสดุใดมีค่ามอดุลัสของยังสูงที่สุด แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เพราะเหล็กกล้ารับแรงได้มากกว่าวัสดุอื่น โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ เหล็กกล้าเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงและต้านทานการยืดตัวได้ดี จึงมีมอดุลัสของยังสูงกว่าวัสดุอื่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.7


8. เหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูงเพราะอะไร
ก. เพื่อให้สายสั่นสะเทือนเร็ว
ข. เพื่อให้เสียงต่ำ
ค. เพื่อให้สายยืดหยุ่นและไม่เสียรูป
ง. เพื่อให้สายคงรูปร่างและคงความตึง
2
เหตุผล เพราะมีความทนทานต่อแรงที่มากระทำสูง

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องมอดุลัสของยัง

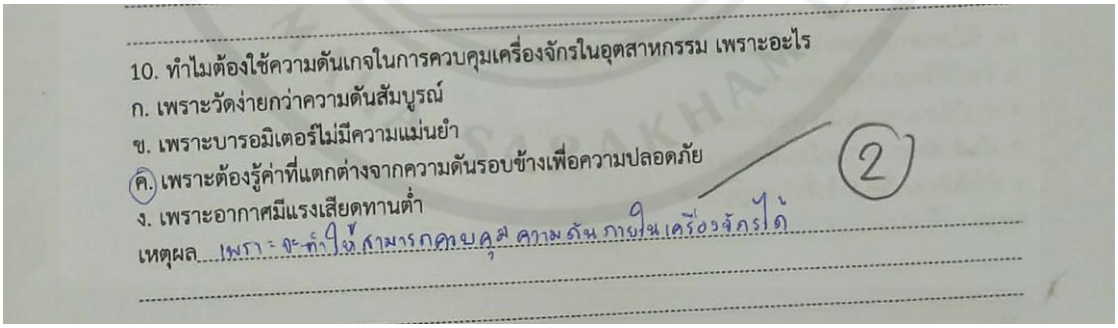
4.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุว่าเหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เกิดการเสียรูปน้อยในวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังต่ำ แต่ตามหลักฟิสิกส์วัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูง จะยืดหรือเสียรูปได้น้อยกว่าเมื่อถูกแรงกระทำ คำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายว่าวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูงจะต้านทานการยืดตัว ทำให้สายดนตรีตึงแน่นและให้เสียงที่เสถียร นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูงที่สุดได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะเหล็กกล้ามีน้ำหนักมากที่สุด จึงมีมอดุลัสของยังสูง โดยคำตอบที่ถูกต้อง นักเรียนต้องอธิบายว่าเหล็กกล้าเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงและต้านทานการยืดตัวได้ดี จึงมีค่ามอดุลัสของยังสูงกว่าวัสดุอื่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.8


8. เหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูงเพราะอะไร
ก. เพื่อให้สายสั่นสะเทือนเร็ว
ข. เพื่อให้เสียงต่ำ
ค. เพื่อให้สายยืดหยุ่นและไม่เสียรูป
ง. เพื่อให้สายคงรูปร่างและคงความตึง
เหตุผล เมื่อรับน้ำหนักมากๆ 1

ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องมอดุลัสของยัง

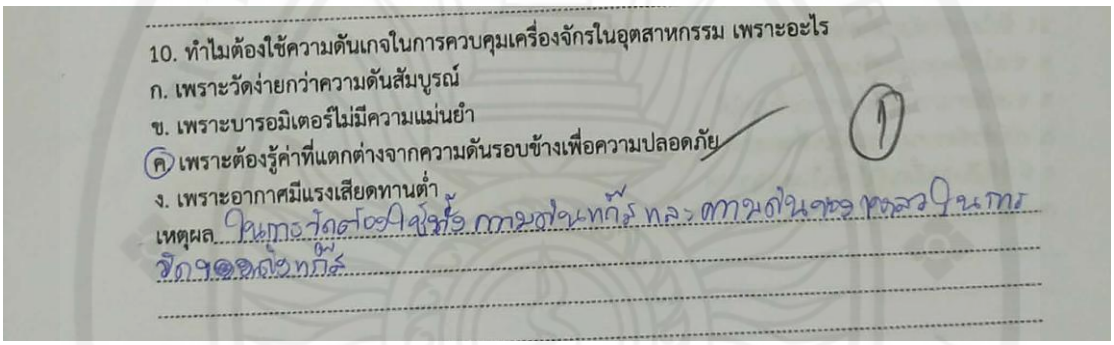
5. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันเกจ นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 21.25 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 35.00 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 13.75 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

5.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุได้ว่าทำไมต้องใช้ความดันเกจในการควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรม แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เพราะจะทำให้สามารถควบคุมความดันภายในเครื่องจักรได้ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ ในการควบคุมแรงดันภายในระบบให้ปลอดภัย ต้องทราบว่าค่าความดันในเครื่องมากหรือน้อยกว่าบรรยากาศภายนอกเท่าใด แต่นักเรียนไม่ได้ระบุว่า ความดันเกจคือความดันที่วัดเทียบกับความดันบรรยากาศ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุความดันเกจเมื่อมีค่าเป็นศูนย์ได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า ความดันเกจเกี่ยวกับความดันบรรยากาศ ถ้าอยู่ในสภาพปกติก็จะเป็นศูนย์ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ เพราะความดันเกจมีค่าเท่ากับความดันสัมบูรณ์ลบด้วยความดันบรรยากาศ ดังนั้นถ้าค่าความดันทั้งสองเท่ากัน ความดันเกจจะมีค่าเป็นศูนย์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.9


10. ทำไมต้องใช้ความดันเกจในการควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรม เพราะอะไร
ก. เพราะวัดง่ายกว่าความดันสัมบูรณ์
ข. เพราะบารอมิเตอร์ไม่มีความแม่นยำ
ค. เพราะต้องรู้ค่าที่แตกต่างจากความดันรอบข้างเพื่อความปลอดภัย
ง. เพราะอากาศมีแรงเสียดทานต่ำ
เหตุผล เพราะจะทำให้สามารถควบคุมความดันภายในเครื่องจักรได้ 2

ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความดันเกจ

5.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุได้ว่าทำไมต้องใช้ความดันเกจในการควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรม แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ในการวัดต้องใช้ทั้งความดันแก๊สและความดันของเหลวในการวัดของถังแก๊ส โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายการควบคุมแรงดันภายในระบบให้ปลอดภัย และต้องรู้ว่าค่าความดันในเครื่องมากหรือน้อยกว่าความดันบรรยากาศภายนอกเท่าใด ซึ่งถังแก๊สเป็นระบบปิด ความดันเกจของแก๊สภายในถังจะเท่ากับบรรยากาศ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับความดันของของเหลว นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุความดันเกจเมื่อมีค่าเป็นศูนย์ได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ความดันบรรยากาศไม่มีผลกับความดันเกจ ทำให้ค่าความดันเกจเป็นศูนย์เสมอ โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายจากสมการความดันเกจที่คำนวณได้จากความดันสัมบูรณ์ลบด้วยความดันบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อความดันสัมบูรณ์มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ ความดันเกจจึงมีค่าเป็นศูนย์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.10

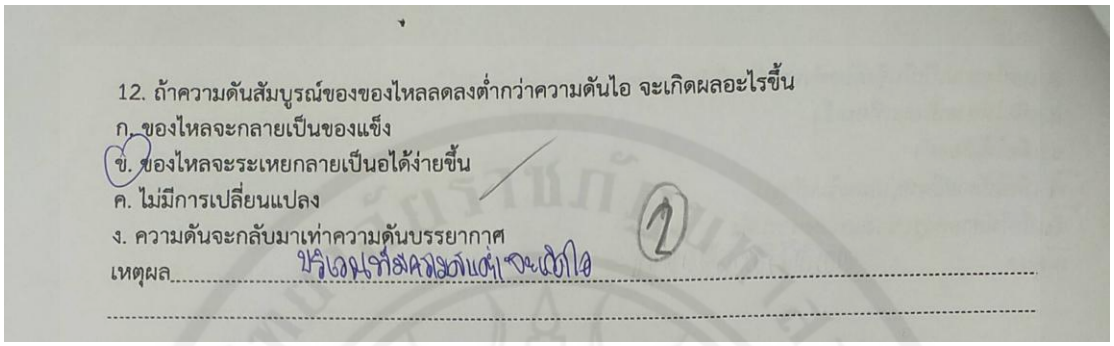


ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความดันเกจ

6. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันสัมบูรณ์ นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 19 คิดเป็นร้อยละ 23.75 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 31.75 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 32.50 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

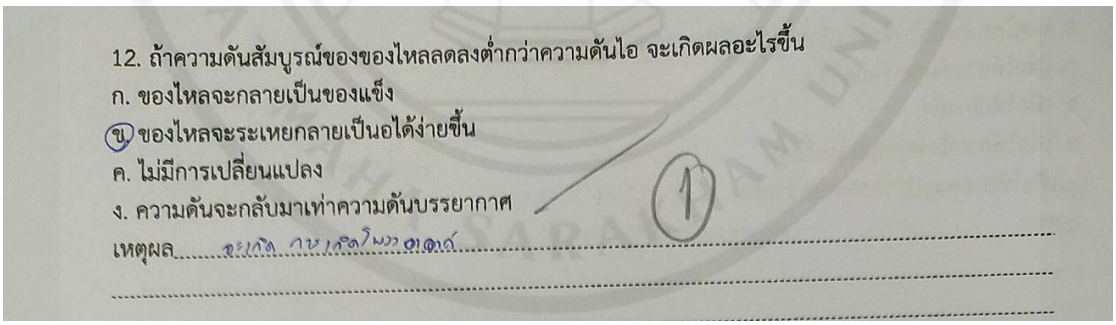
6.1 นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุได้ว่าเมื่อความดันสัมบูรณ์ของของไหลลดลงต่ำกว่าความดันไอจะเกิดผลอย่างไร แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่าบริเวณที่มีความดันต่ำจะเกิดไอ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ เมื่อความดันสัมบูรณ์ต่ำกว่าความดันไอ ของไหลจะเกิดการระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย ที่นักเรียนจึงต้องให้เหตุผลอย่างชัดเจน เพราะอาจทำให้เข้าใจผิดได้ว่า เมื่อความดันลดลง ของเหลวจะสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้เสมอ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุความดันสัมบูรณ์ในห้องสุญญากาศสมบูรณ์ได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า ในห้องสุญญากาศสมบูรณ์ไม่มีแรงดันมากระทำ ความดันสัมบูรณ์จึงเป็นศูนย์ นักเรียนใช้คำว่า

แรงดันกว้าง ๆ โดยไม่ระบุถึงอนุภาคของสสาร โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ ในห้องสุญญากาศสมบูรณ์ไม่มีอนุภาคใด ๆ กระทำต่อกัน ความดันสัมบูรณ์จึงเป็นศูนย์สมบูรณ์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.11


12. ถ้าความดันสัมบูรณ์ของของไหลลดลงต่ำกว่าความดันไอ จะเกิดผลอะไรขึ้น
ก. ของไหลจะกลายเป็นของแข็ง
ข. ของไหลจะระเหยกลายเป็นอได้ง่ายขึ้น
ค. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ง. ความดันจะกลับมาเท่าความดันบรรยากาศ
เหตุผล ปริมาตรที่ความดันต่ำจะเยอะ

ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความดันสัมบูรณ์

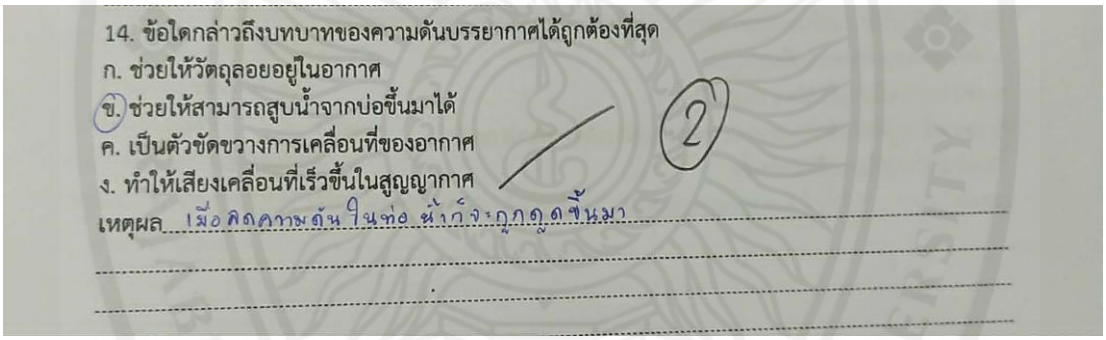
6.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุได้ว่าถ้าความดันสัมบูรณ์ของของไหลลดลงต่ำกว่าความดันไอจะเกิดผลอย่างไร แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า จะเกิดโพรงในอากาศ โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายว่าถ้าความดันสัมบูรณ์ต่ำกว่าความดันไอของไหลจะเกิดการระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย และเกิดโพรงไอ (Vapor Cavity) ภายในของไหล ไม่ใช่โพรงอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุความดันสัมบูรณ์ในห้องสุญญากาศสมบูรณ์ได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ในห้องสุญญากาศไม่มีอากาศ จึงไม่มีความดัน โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ ในห้องสุญญากาศสมบูรณ์จะไม่มีอนุภาคของสสารหลงเหลืออยู่ จึงไม่เกิดแรงดันจากการชนกันของอนุภาค ทำให้ความดันสัมบูรณ์มีค่าเป็นศูนย์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.12


12. ถ้าความดันสัมบูรณ์ของของไหลลดลงต่ำกว่าความดันไอ จะเกิดผลอะไรขึ้น
ก. ของไหลจะกลายเป็นของแข็ง
ข. ของไหลจะระเหยกลายเป็นอได้ง่ายขึ้น
ค. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ง. ความดันจะกลับมาเท่าความดันบรรยากาศ
เหตุผล จะเกิดการเดือดในภาชนะ

ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความดันสัมบูรณ์

7. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องความดันบรรยากาศ นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 26.25 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 8.75 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

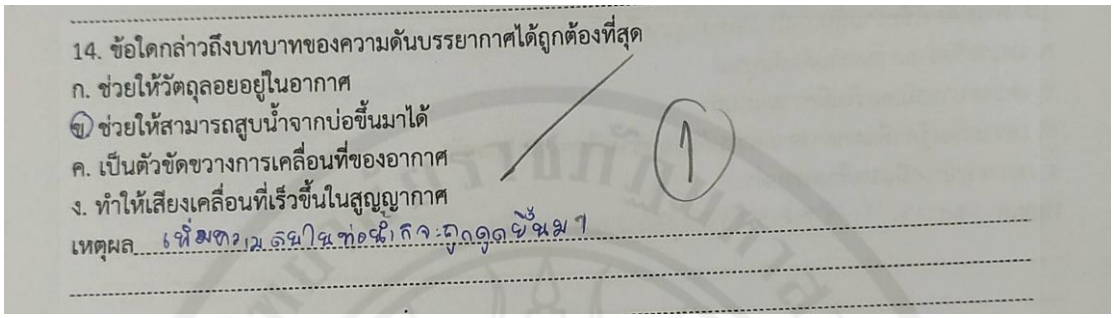
7.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เมื่อลดความดันในท่อ น้ำก็จะถูกดูดขึ้นมา แต่นักเรียนยังไม่ได้อธิบายบทบาทของความดันบรรยากาศโดยตรง และใช้แนวคิดแรงดูดแทนแรงดันจากความดันบรรยากาศ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ การสูบน้ำต้องอาศัยความดันบรรยากาศที่ดันน้ำขึ้นมาเมื่อสูบอากาศออกจากท่อ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุความดันบรรยากาศที่ยอดเขาเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า ความสูงมากขึ้นจะทำให้ความดันลดลง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ บริเวณที่มีระดับสูงขึ้น ชั้นบรรยากาศจะมีความหนาแน่นน้อยลง ส่งผลให้ความดันบรรยากาศลดลง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.13


14. ข้อใดกล่าวถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ถูกต้องที่สุด
ก. ช่วยให้วัตถุลอยอยู่ในอากาศ
ข. ช่วยให้สามารถสูบน้ำจากบ่อขึ้นมาได้
ค. เป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ
ง. ทำให้เสียงเคลื่อนที่เร็วขึ้นในสูญญากาศ
เหตุผล เมื่อลดความดันในท่อ น้ำก็จะถูกดูดขึ้นมา
2

ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องความดันบรรยากาศ

7.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่าสามารถระบุบทบาทของความดันบรรยากาศได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เมื่อเพิ่มความดันในท่อ น้ำก็จะถูกดูดขึ้นมา โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น ต้องอธิบายหลักการสูบน้ำว่าต้องอาศัยความดันบรรยากาศที่ดันน้ำขึ้นมาเมื่อสูบอากาศออกจากท่อ ซึ่งการสูบน้ำไม่ได้เกิดจากการเพิ่มความดันภายในท่อโดยตรง แต่เกิดจากการทำให้ความดันภายในท่อลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอก เมื่อความดันในท่อต่ำกว่าความดันบรรยากาศที่กระทำบนผิวน้ำภายนอก จึงดันน้ำให้ไหลเข้าสู่ท่อและเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุความดันบรรยากาศที่ยอดเขาเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า บนยอดเขาอุณหภูมิต่ำ อากาศเย็นจึงมีความดันต่ำ โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้อง

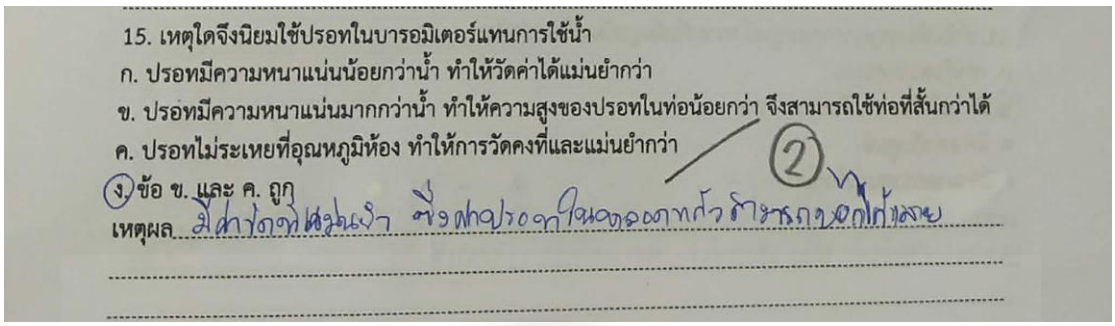
อธิบายว่าเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศในชั้นบรรยากาศจะลดลง ทำให้แรงกดทับของอากาศเหนือบริเวณนั้นลดลง ส่งผลให้ความดันบรรยากาศมีค่าลดลงตามไปด้วย ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.14


14. ข้อใดกล่าวถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ถูกต้องที่สุด
ก. ช่วยให้วัตถุลอยอยู่ในอากาศ
ข. ช่วยให้สามารถสูบน้ำจากบ่อขึ้นมาได้
ค. เป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ
ง. ทำให้เสียงเคลื่อนที่เร็วขึ้นในสูญญากาศ
เหตุผล เพราะความดันในท่อน้ำจะถูกดูดขึ้นมา

ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องความดันบรรยากาศ

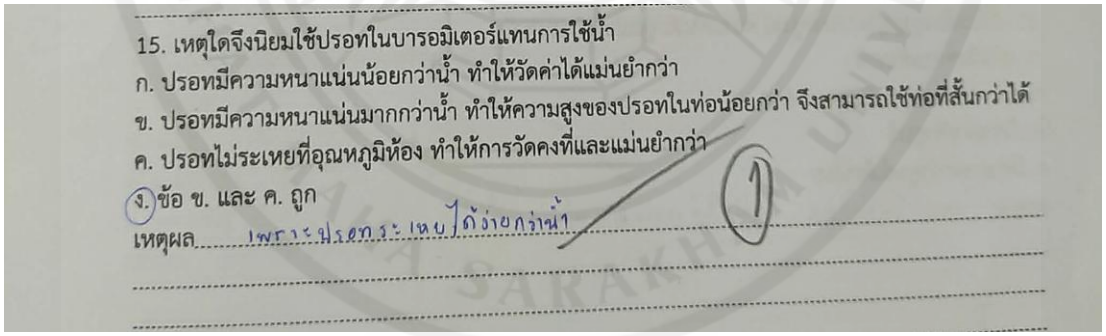
8. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 23.75 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 32.50 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

8.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุสาเหตุที่คนนิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า มีค่าที่แม่นยำในการวัด และสามารถอ่านค่าปรอทในหลอดแก้วได้เลย ซึ่งนักเรียนไม่ได้อธิบายกลไกหรือเหตุผลเชิงฟิสิกส์อย่างชัดเจน โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ ปรอทถูกเลือกใช้ในบารอมิเตอร์ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ (1) ปรอทมีความหนาแน่นสูง ทำให้ความสูงของปรอทในท่อน้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำ และ (2) ปรอทมีความดันไอต่ำที่อุณหภูมิห้อง หมายความว่าปรอทไม่ระเหยง่ายเหมือนน้ำ ทำให้ค่าการวัดคงที่และแม่นยำกว่า โดยปรอทไม่เปียกแก้ว ทำให้อ่านค่าได้ง่ายและแม่นยำ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุการประยุกต์ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า สะพานลอยใช้โครงสร้างในการรับน้ำหนัก ไม่ได้ใช้แรงดันของน้ำมันหรือของเหลวเหมือนแม่แรงยกรถยนต์ อย่างไรก็ตาม นักเรียนยังไม่ได้เชื่อมโยงถึงการเพิ่มแรงด้วยของไหลในระบบไฮดรอลิก โดยที่คำตอบถูกต้องคือ เครื่องอัดไฮดรอลิกเป็นระบบที่อาศัยความดันในของไหลเพื่อถ่ายทอดแรง ส่วนสะพานลอยเป็นโครงสร้างคงที่ ไม่ได้ใช้ระบบไฮดรอลิกในการทำงาน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.15


15. เหตุใดจึงนิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำ
ก. ปรอทมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ทำให้วัดค่าได้แม่นยำกว่า
ข. ปรอทมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ทำให้ความสูงของปรอทในท่อน้อยกว่า จึงสามารถใช้ท่อที่สั้นกว่าได้
ค. ปรอทไม่ระเหยที่อุณหภูมิห้อง ทำให้การวัดคงที่และแม่นยำกว่า
(ง.) ข้อ ข. และ ค. ถูก
เหตุผล มีค่าไอที่น้อยเข้า ซึ่งทำปรอทในของเหลวก็ว่าสามารถออกได้ง่าย
(2)

ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

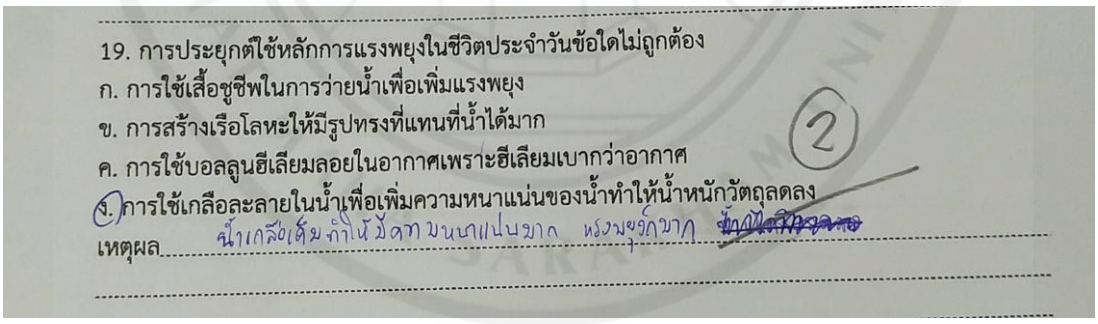
8.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุสาเหตุที่นิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะปรอทระเหยได้ง่ายกว่าน้ำ ซึ่งในความเป็นจริงปรอทมีความดันไอต่ำมากที่อุณหภูมิห้อง จึงระเหยได้ยากกว่าน้ำ ไม่ใช่ง่ายกว่า โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายว่าปรอทนิยมใช้ในบารอมิเตอร์เนื่องจากมีความหนาแน่นสูง จึงใช้ความสูงของของเหลวในหลอดน้อยกว่าน้ำ และปรอทยังมีความดันไอต่ำที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ระเหยได้ยาก ส่งผลให้การวัดความดันบรรยากาศมีความคงที่และแม่นยำมากกว่าการใช้น้ำ นอกจากนี้ปรอทยังไม่เปียกแก้ว ทำให้อ่านค่ามีความแม่นยำ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถการประยุกต์ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า สะพานลอยไม่ได้เคลื่อนที่ขึ้นลง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ เครื่องอัดไฮดรอลิกทำงานโดยอาศัยการส่งผ่านความดันในของไหลเพื่อเพิ่มหรือถ่ายทอดแรงในการทำงาน ขณะที่สะพานลอยเป็นโครงสร้างที่ติดตั้งอยู่กับที่และไม่ได้ใช้ระบบไฮดรอลิกในการทำงาน จึงไม่ถือเป็นการประยุกต์ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.16


15. เหตุใดจึงนิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำ
ก. ปรอทมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ทำให้วัดค่าได้แม่นยำกว่า
ข. ปรอทมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ทำให้ความสูงของปรอทในท่อน้อยกว่า จึงสามารถใช้ท่อที่สั้นกว่าได้
ค. ปรอทไม่ระเหยที่อุณหภูมิห้อง ทำให้การวัดคงที่และแม่นยำกว่า
(ง.) ข้อ ข. และ ค. ถูก
เหตุผล เพราะปรอทระเหยได้ง่ายกว่าน้ำ
(1)

ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

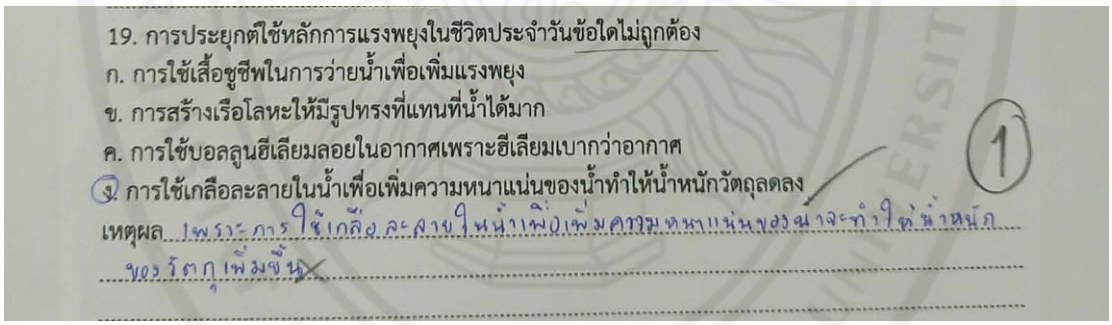
9. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงพยุงจากของไหล นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 28.13 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 31.88 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 15 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) พบประเด็น ดังนี้

9.1. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า สามารถระบุการประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า น้ำเค็มมีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้แรงพยุงเพิ่มขึ้น โดยที่ถูกต้องคือ การเติมเกลือลงในน้ำจะเพิ่มความหนาแน่นของน้ำ ทำให้แรงพยุงที่กระทำต่อวัสดุมากขึ้น (เพราะแรงพยุง = ρน้ำ × g × V) ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักปรากฏของวัสดุในน้ำเกลือลดลงเมื่อเทียบกับในน้ำธรรมดา แต่น้ำหนักที่แท้จริงของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายถึงน้ำหนักของวัสดุว่าเปลี่ยนหรือไม่ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุผลของการนำวัสดุชนิดเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากัน แต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า วัสดุขนาดใหญ่จะถูกน้ำพยุงมากกว่า แต่คำตอบที่ถูกต้องคือ แรงพยุงแปรผันตรงกับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ วัสดุที่มีปริมาตรมากกว่าจะได้รับแรงพยุงมากกว่า และเมื่อมวลเท่ากัน วัสดุที่มีปริมาตรมากกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงลอยได้ดีกว่า ยังพบอีกว่านักเรียนสามารถระบุแรงพยุงที่กระทำต่อวัสดุที่อยู่ในของไหลได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า แรงพยุงเกิดจากของไหลที่ดันวัสดุขึ้น โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ แรงพยุงขึ้นอยู่กับปริมาตรของของไหลที่วัสดุแทนที่และความหนาแน่นของของไหล นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุทิศทางของแรงพยุงได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า แรงพยุงที่กระทำมีทิศขึ้น แต่คำตอบที่ถูกต้องคือ แรงพยุงมีทิศขึ้น ส่วนแรงดึงดูดโลก (น้ำหนัก) มีทิศลง จึงมีทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยนักเรียนยังบอกทิศของแรงไม่ครบถ้วน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แสดงดังในภาพที่ 4.17


19. การประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันข้อใดไม่ถูกต้อง
ก. การใช้เสื้อชูชีพในการว่ายน้ำเพื่อเพิ่มแรงพยุง
ข. การสร้างเรือโลหะให้มีรูปทรงที่แทนที่น้ำได้มาก
ค. การใช้บอลลูนฮีเลียมลอยในอากาศเพราะฮีเลียมเบากว่าอากาศ
ง. การใช้เกลือละลายในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำทำให้น้ำหนักวัตถุลดลง
เหตุผล น้ำเกลือเข้มข้นทำให้มีความหนาแน่นมาก แรงพยุงมาก

ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เรื่องแรงพยุงจากของไหล

9.2. นักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน พบว่า สามารถระบุการประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า การใช้เกลือละลายในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำจะทำให้น้ำหนักของวัสดุเพิ่มขึ้น โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้น นักเรียนต้องอธิบายว่าการเติมเกลือลงในน้ำทำให้ความหนาแน่นของน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้น้ำหนักปรากฏของวัตถุในน้ำเกลือลดลงเมื่อเทียบกับในน้ำธรรมดา แม้ว่าน้ำหนักจริงของวัตถุจะยังคงเดิม นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุผลของการนำวัสดุชนิดเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า วัสดุที่มีขนาดใหญ่มีมวลมากกว่า จึงถูกน้ำพยุงมากกว่า โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ แรงพยุงจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่และความหนาแน่นของของไหล ดังนั้น วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะได้รับแรงพยุงมากกว่า แม้ว่าจะมีมวลเท่ากันก็ตาม และเมื่อวัตถุมีมวลเท่ากัน วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงสามารถลอยน้ำได้ดีกว่า ยังพบอีกว่านักเรียนสามารถระบุแรงพยุงที่กระทำต่อวัสดุที่อยู่ในของไหลได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ของไหลที่หนักกว่าจะกดวัสดุแรงกว่า จึงเกิดแรงพยุงมาก โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ แรงพยุงขึ้นอยู่กับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่และความหนาแน่นของของไหล นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุทิศทางของแรงพยุงได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ถ้าไม่มีแรงพยุง วัสดุจะจม โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายทิศทางแรงตรงกันข้ามอย่างชัดเจน ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องคือ แรงพยุงมีทิศทางขึ้น ส่วนแรงโน้มถ่วงของโลกหรือน้ำหนักของวัตถุมีทิศทางลง จึงเป็นแรงที่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน แสดงดังในภาพที่ 4.18


19. การประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันข้อใดไม่ถูกต้อง
ก. การใช้เสื้อชูชีพในการว่ายน้ำเพื่อเพิ่มแรงพยุง
ข. การสร้างเรือโลหะให้มีรูปทรงที่แทนที่น้ำได้มาก
ค. การใช้บอลลูนฮีเลียมลอยในอากาศเพราะฮีเลียมเบากว่าอากาศ
ง. การใช้เกลือละลายในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำทำให้น้ำหนักวัตถุลดลง
เหตุผล เพราะ การใช้เกลือละลายในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำจะทำให้น้ำหนักของวัตถุเพิ่มขึ้น
1

ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่องแรงพยุงจากของไหล

ผลการศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาพรวม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) คิดเป็นร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 35.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) คิดเป็นร้อยละ 28.87 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) คิดเป็นร้อยละ 12.25

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังเรียนจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้สถิติพื้นฐานเพื่อหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้สถิติที (t-test Dependent Samples) ผลปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังเรียนจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้สถิติที (n=40)

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	$\bar{X}$	$S.D.$	df	t	$sig.$
การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือ หลักฐาน	3	ก่อนเรียน	2.20	0.76	39	3.009	0.005*
		หลังเรียน	2.55	0.55			
การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือ การนิรนัย	3	ก่อนเรียน	1.90	0.84	39	5.827	0.000*
		หลังเรียน	2.45	0.55			
การตัดสินใจแก้ไขปัญหา	3	ก่อนเรียน	2.05	0.82	39	4.284	0.000*
		หลังเรียน	2.45	0.64			
การตัดสินประเมินผล	3	ก่อนเรียน	2.23	0.83	39	3.591	0.001*
		หลังเรียน	2.55	0.68			
รวม	12	ก่อนเรียน	8.38	1.94	39	8.954	0.000*
		หลังเรียน	10.00	1.55			

หมายเหตุ. * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ตามวัตถุประสงค์งานวิจัยตามลำดับดังนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้สรุปผลการวิจัย ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ร้อยละ 28.87 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) ร้อยละ 12.25

5.1.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ร้อยละ 28.87 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR)

ร้อยละ 12.25 โดยภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในทุกมโนมติที่ศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และลดระดับความไม่เข้าใจ (NU) ได้ เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับบริบทจริง ทำให้นักเรียนต้องใช้ความรู้เดิมร่วมกับการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเริ่มพัฒนาความเข้าใจในมโนมติ ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีนักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ค่อนข้างสูง แม้ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้ว ทั้งนี้อาจเนื่องจากมโนมติเดิมของนักเรียนมีความฝังแน่นและยากต่อการปรับเปลี่ยน ประกอบกับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่อาจยังไม่สามารถสร้างความขัดแย้งทางความคิด (Cognitive Conflict) ได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนยังคงผสมผสานความเข้าใจเดิมร่วมกับความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pacaci, Yilmaz and Sadi (2023) ที่พบว่า แม้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปรับเปลี่ยนมโนมติจะสามารถพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ แต่มโนมติคลาดเคลื่อนบางส่วนยังคงปรากฏอยู่ เนื่องจากนักเรียนมักยึดโยงความรู้ใหม่เข้ากับประสบการณ์และความเชื่อเดิมของตนเอง ซึ่งผลการวิจัยที่พบนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะช่วยยกระดับความเข้าใจของนักเรียนได้ แต่การแก้ไขมโนมติที่คลาดเคลื่อนยังจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมที่มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนมโนมติอย่างเป็นระบบมากขึ้น

แนวคิดเรื่องสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ความเครียดตามยาว ความเค้นตามยาวและมอดุลัสของยัง พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแท่งโลหะเมื่อดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่ง โดยระบุทิศทางได้ว่าวัสดุจะยืดตัวในแนวดึง แต่ให้คำอธิบายไม่สมบูรณ์ว่าอนุภาคของโลหะถูกแยกออกจากกันในแนวที่ดึง และทำไมวิศวกรต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาว แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า การออกแบบโครงสร้างต้องคำนึงความแข็งแรงที่จะสามารถรับน้ำหนักได้ แต่ที่ถูกต้องคือ การออกแบบต้องพิจารณาความแข็งแรงของวัสดุต่อแรง เพื่อป้องกันการพังทลายของโครงสร้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brown et al. (2007) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักศึกษาเกี่ยวกับสถานะของความเค้นในวิชากลศาสตร์ของวัสดุ พบว่านักศึกษาที่เข้าร่วมการสัมภาษณ์ไม่สามารถเชื่อมโยงความเค้นภายในกับการกระทำของแรงที่มากระทำได้ แม้นักศึกษาเพิ่งสำเร็จการเรียนการสอนในรายวิชากลศาสตร์ของวัสดุ แต่ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถให้คำจำกัดความของความเค้นได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soeharto and Csapó (2021) ที่พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษามักมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะเข้าใจบางส่วน โดยยังไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์กับการอธิบายเชิงเหตุผลได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคและระดับจุลภาค

ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในแนวคิดเกี่ยวกับสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด ความเครียดตามยาว ความเค้นตามยาวและมอดุลัสของยัง พบว่านักเรียนสามารถระบุตัวอย่างที่ไม่มีสภาพยืดหยุ่นได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ดินน้ำมันไม่มีสภาพยืดหยุ่นเพราะดินน้ำมันไม่สามารถยืดออกได้เหมือนยางหรือสปริง แต่ที่ถูกต้องคือ สภาพยืดหยุ่นหมายถึงวัตถุสามารถคืนสู่รูปร่างเดิมได้เมื่อไม่มีแรงกระทำ ซึ่งดินน้ำมันไม่มีสภาพยืดหยุ่น นักเรียนยังสับสนระหว่างยืดได้กับสภาพยืดหยุ่น และนักเรียนสามารถระบุได้ว่าเหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เสียรูปน้อยในวัสดุที่มีค่าต่ำ แต่ที่ถูกต้องคือ วัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูงจะต้านทานการยืดตัว ทำให้สายดนตรีตึงแน่นและให้เสียงที่เสถียร แต่ตามหลักฟิสิกส์วัสดุที่มีค่ามอดุลัสของยังสูง จะยืดหรือเสียรูปได้น้อยกว่าเมื่อถูกแรงกระทำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ma'ruf, Sultan and Jani (2024) ที่พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในเรื่องสภาพยืดหยุ่นและกฎของฮุกในระดับต่ำ และยังปรากฏลักษณะการตอบที่เลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการประเมินผลที่พิจารณาเฉพาะคำตอบอาจไม่เพียงพอในการสะท้อนความเข้าใจที่แท้จริงของนักเรียน

แนวคิดเรื่องความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ ความดันบรรยากาศ หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก พบนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ว่าทำไมต้องใช้ความดันเกจในการควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรมได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่าเพราะจะทำให้สามารถควบคุมความดันภายในเครื่องจักรได้ แต่ที่ถูกต้องคือ เพื่อควบคุมแรงดันภายในระบบให้ปลอดภัย โดยต้องทราบว่าค่าความดันในเครื่องมากหรือน้อยกว่าบรรยากาศเท่าใด แต่นักเรียนไม่ได้ระบุว่า ความดันเกจคือความดันที่วัดเทียบกับความดันบรรยากาศ และนักเรียนระบุถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เมื่อลดความดันในท่อน้ำก็จะถูกดูดขึ้นมา แต่ที่ถูกต้องคือ การสูบน้ำต้องอาศัยความดันบรรยากาศที่ดันน้ำขึ้นมาเมื่อสูบอากาศออกจากท่อ แต่นักเรียนยังไม่ได้อธิบายบทบาทของความดันบรรยากาศโดยตรง และใช้แนวคิดแรงดูดแทนแรงดันจากบรรยากาศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanjaya (2023) ที่ศึกษาลักษณะมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องความดันของสาร พบว่านักเรียนจำนวนมากยังมีมโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความดันของสาร โดยเฉพาะการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความดันของแก๊สและของเหลว ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการตีความบทบาทของความดันบรรยากาศและกลไกการเกิดปรากฏการณ์ที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้ยังสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนจำนวนหนึ่งแม้จะมีความเข้าใจในบางส่วนแต่ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Resbiantoro, Setiani and Dwikoranto (2022) ที่อธิบายว่า แนวคิดทางฟิสิกส์เกี่ยวกับความดันและของไหลเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมที่นักเรียนมักตีความจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้เกิดการใช้แนวคิดแรงดูด แทนการอธิบายด้วยหลักความดันบรรยากาศตามหลักวิทยาศาสตร์

ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในแนวคิดเกี่ยวกับความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ ความดันบรรยากาศ หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่านักเรียนระบุถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เมื่อเพิ่มความดันในท่อ น้ำก็จะถูกดูดขึ้นมา แต่ที่ถูกต้องคือ การสูบน้ำต้องอาศัยความดันบรรยากาศที่ดันน้ำขึ้นมาเมื่อสูบอากาศออกจากท่อ ซึ่งการสูบน้ำไม่ใช่การเพิ่มความดันในท่อ แต่เป็นการลดความดันในท่อให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และนักเรียนระบุสาเหตุที่คนนิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะปรอทระเหยได้ง่ายกว่าน้ำ แต่ที่ถูกต้องคือ ปรอทถูกเลือกใช้ในบารอมิเตอร์ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ (1) ปรอทมีความหนาแน่นสูง ทำให้ความสูงของปรอทในท่อน้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำ และ (2) ปรอทมีความดันไอต่ำที่อุณหภูมิห้อง หมายความว่าไม่ระเหยง่ายเหมือนน้ำ ทำให้การวัดคงที่และแม่นยำกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Leong, Perera and Shahrill (2015) ที่ศึกษาช่องว่างของความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการอ่านค่าแมนอมิเตอร์ พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลัก 2 ประการ (1) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการมีอยู่ของความดันอากาศ โดยนักเรียนไม่สามารถตระหนักถึงการมีอยู่ของความดันอากาศได้ เนื่องจากผลของความดันอากาศมักไม่ชัดเจนและไม่สามารถตรวจจับได้โดยตรง นอกจากนี้ยังพบ (2) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการตีความระดับของของเหลวในหลอดแมนอมิเตอร์ผิดพลาด โดยนักเรียนเข้าใจว่าระดับของเหลวที่สูงในด้านหนึ่งของหลอดหมายถึงความดันที่กระทำต่อด้านนั้นมีค่าสูง และในทางกลับกัน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้เกิดจากการที่นักเรียนยังไม่เข้าใจว่าความดันของอากาศและความดันของแก๊สสามารถทำให้ระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงได้

แนวคิดเรื่องวิทยาศาสตร์เรื่องแรงพยุงจากของไหล พบนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ว่าสามารถระบุการประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า น้ำเค็มมีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้แรงพยุงเพิ่ม แต่ที่ถูกต้องคือ การเติมเกลือลงในน้ำจะเพิ่มความหนาแน่นของน้ำ ทำให้แรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักปรากฏของวัตถุในน้ำเกลือลดลงเมื่อเทียบกับในน้ำธรรมดา แต่น้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายถึงน้ำหนักของวัตถุว่าเปลี่ยนหรือไม่ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุวัตถุชนิดเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า วัตถุขนาดใหญ่จึงถูกน้ำพยุงมากกว่า แต่ที่ถูกต้องคือ แรงพยุงแปรผันตรงกับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะได้รับแรงพยุงมากกว่า และเมื่อวัตถุมีมวลเท่ากัน วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงลอยได้ดีกว่า ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในแนวคิดเกี่ยวกับแรงพยุงจากของไหลพบว่าระบุการประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะการใช้เกลือละลายในน้ำ เพิ่มความหนาแน่นของน้ำ จึงทำให้น้ำหนักของวัตถุเพิ่มขึ้น แต่ที่ถูกต้องคือ นักเรียนต้องอธิบายว่าการเติมเกลือลงในน้ำจะเพิ่มความหนาแน่นของน้ำ ทำให้แรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักปรากฏของวัตถุในน้ำเกลือลดลงเมื่อเทียบกับในน้ำธรรมดา แต่น้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยัง

พบว่านักเรียนสามารถระบุผลของการนำวัสดุชนิดเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า วัตถุที่มีขนาดใหญ่มีมวลมากกว่า จึงถูกน้ำพยุงมากกว่า แต่ที่ถูกต้องคือ แรงพยุงแปรผันตรงกับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะได้รับแรงพยุงมากกว่า และเมื่อมวลเท่ากัน วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงลอยได้ดีกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bozkurt and Yildirim (2022) ที่ศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักศึกษาครูสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงพยุงจากของไหล พบว่านักศึกษามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ลอยอยู่ เมื่อวัตถุถูกกดให้จมและปล่อยให้เป็นอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางประการ เมื่อให้พิจารณาปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงพยุงจากของไหลบนดาวเคราะห์ที่มีค่าความเร่งโน้มถ่วงแตกต่างจากโลก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Putri et al. (2022) ที่พบว่านักเรียนมักสับสนระหว่างน้ำหนักจริงกับน้ำหนักปรากฏ รวมถึงเชื่อว่าการเพิ่มความหนาแน่นของของไหลส่งผลให้น้ำหนักของวัตถุเพิ่มขึ้น ทั้งที่ในความเป็นจริงเป็นการเพิ่มแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุ นอกจากนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sari, Nurhayati, and Erman (2023) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างมโนมติผ่านสถานการณ์จริงและการทดลอง สามารถช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงพยุงและสมบัติของของไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงพยุง ความหนาแน่น และการลอยตัวของวัตถุได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในมโนมติของครูผู้สอนที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดด้านพื้นฐานความรู้หรือแหล่งข้อมูลที่ใช้ นอกจากนี้ หนังสือเรียนที่ขาดความถูกต้องเชิงมโนมติ ตลอดจนวิธีการสอนและสื่อการเรียนรู้ที่ไม่สอดคล้องกับบริบทและเป้าหมายการเรียนรู้ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Soeharto et al. (2019) ที่ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือประเมินเชิงวินิจฉัย ที่ชี้ให้เห็นว่าเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากในหลายสาขาเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมโนมติคลาดเคลื่อนในนักเรียน และการวินิจฉัยมโนมติจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เนื่องจากเครื่องมือแต่ละประเภทสามารถสะท้อนระดับความเข้าใจของนักเรียนได้แตกต่างกัน ทั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการประเมินความเข้าใจของนักเรียนควรพิจารณาทั้งคำตอบและเหตุผลควบคู่กัน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับมโนมติที่แท้จริง ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นและตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ให้นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการสืบค้นข้อมูล การลงมือปฏิบัติ และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เดิม บูรณาการความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.25 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมใน

การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเผชิญกับสถานการณ์ที่ท้าทายความคิดเดิม มีบทบาทสำคัญในการลดมโนมติคลาดเคลื่อนและส่งเสริมความเข้าใจที่ถูกต้องได

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ว่าจะเป็นรายด้านหรือภาพรวม ก็มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่าด้านที่นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากที่สุดคือด้านการวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ต้องอาศัยการใช้เหตุผลและหลักฐานในการอธิบายหรือแก้ปัญหา นักเรียนจึงต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้รับ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล เปรียบเทียบข้อโต้แย้งหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของหลักฐานก่อนที่จะสรุปคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหา กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อกล่าวอ้างหรือเหตุผลที่ใช้สนับสนุนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐานของนักเรียนพัฒนาสูงขึ้นหลังการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Facione and Gittens (2015) ที่กล่าวว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถในการวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การพิจารณาหลักฐาน และการประเมินความสมเหตุสมผลของข้อกล่าวอ้างก่อนการตัดสินใจ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saputri, Sajidan and Rinanto (2020) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนต้องใช้กระบวนการตั้งคำถาม ค้นคว้าข้อมูล และอภิปรายเหตุผลร่วมกันในกลุ่ม และด้านที่นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากที่สุดคือด้านการตัดสินประเมินผล ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับบริบทจริง ซึ่งกระตุ้นให้นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ข้อมูล หลักฐาน และเหตุผลก่อนที่จะสรุปคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหา กระบวนการดังกล่าวเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล เปรียบเทียบแนวคิดหลายแนวทาง และตัดสินเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จึงส่งผลให้ความสามารถด้าน การตัดสินประเมินผล ของนักเรียนพัฒนาสูงขึ้นอย่างชัดเจนหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sulaiman, Rahman and Dzulkifli (2017) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนต้องใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินข้อโต้แย้งและตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ผลการวิจัยที่พบสอดคล้องกับผลณัฏฐ์ เนาว์ช้าง (2563) ที่ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนา

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยงความรู้ และการตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผล และสอดคล้องกับ พงศ์ธร และ พรชัย (2567) ที่ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยการออกแบบกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น และได้ฝึกกระบวนการคิดในสถานการณ์ที่หลากหลาย ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนมติได้ดียิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ในการจัดการเรียนรู้ ครูควรให้ความสำคัญกับการตรวจสอบและวิเคราะห์มโนมติเดิมของนักเรียน รวมทั้งออกแบบกิจกรรมที่สร้างความขัดแย้งทางความคิด (Cognitive Conflict) อย่างเหมาะสม เพื่อช่วยลดมโนมติที่คลาดเคลื่อน และส่งเสริมให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจให้สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น

5.3.1.2 ครูผู้สอนควรใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลที่หลากหลาย เช่น แบบทดสอบวินิจฉัย การสัมภาษณ์ เพื่อประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้อย่างครอบคลุม

5.3.1.3 ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียน โดยเริ่มจากปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมาก และค่อย ๆ เพิ่มระดับความยากเพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้

5.3.1.4 ในการวิจัยครั้งนี้เครื่องมือวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.64 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่นิยมยอมรับ 0.70 แต่ยังสามารถยอมรับได้ในระดับเบื้องต้น เนื่องจากลักษณะของเครื่องมือเป็นแบบทดสอบสถานการณ์ที่มุ่งวัดกระบวนการคิดเชิงซับซ้อน ซึ่งอาจส่งผลให้ความสอดคล้องภายในของข้อคำถามไม่สูงมาก อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือให้มีคุณภาพสูงขึ้นในงานวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการศึกษาติดตามผลในระยะยาวเกี่ยวกับความคงทนของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อประเมินว่านักเรียนสามารถคงรักษาและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้มากน้อยเพียงใด

5.3.2.2 ควรศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) หรือการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เพื่อศึกษาความเหมาะสมและประสิทธิผลของแต่ละรูปแบบในการส่งเสริมความเข้าใจมโนมติและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2560). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 11*(2), 179-180.

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

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

เกียรติพร สินพิบูลย์. (2560). *การพัฒนาความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้คำถามเป็นฐานร่วมกับมัลติมีเดีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เกียรติมณี บำรุงไร่. (2553). *แนวคิดและการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เกษม ชูรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

จันทร์จิรา อังกสิทธิ์. (2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) ประกอบการใช้ผังมโนทัศน์กับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑาทิพย์ ชาติสุวรรณ. (2548). *ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสอน ความถนัดทางภาษา แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความตั้งใจเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาภาษาอังกฤษ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยภูมิ เขต 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชุติมา รอคสุด. (2550). *การพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐ์ เนาว์ช้าง, ธีรวุฒิ จินดานุรักษ์, และชูชาติ เชาว์วิเชียรเกียรติพงศ์. (2563). ผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิจัย มข. สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 8*(1), 41-51.

ทับทิม เป็งมล. (2564). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน: แนวคิดและประโยชน์*. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทิศนา แขมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงนาฏ รัตนประภา. (2551). *การสร้างความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรรัชต์ ฝันเชียร. (2563). *อะไรคือการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–based Learning : PBL)*. สืบค้นจาก https://www.trueplookpanya.com/education/content/77414

นาตยา ปิลันธนานนท์. (2552). *แนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นมโนมติ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บัวลักษณ์ เพชรงาม. (2565). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบที่จัดการเรียนรู้การเรียนรู้ดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ของนักเรียน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. *วารสารร้อยแก่นสาร อคาเดมี*, *7*(7), 207-224.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญนำ อินทนนท์. (2551). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. (2551). *แนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2551). *ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของมโนมติ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

พิชา ชัยจันดี. (2551). *กระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์*. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา.

พงศ์ธร จารุตัน และพรชัย ผาดไธสง. (2567). การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารพุทธศาสตร์ มจร. อุบลราชธานี*, *6*(2), 1577-1588.

ไพศาล วรคำ. (2567). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 14). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2563). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2563). *รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนมติ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โรงพิมพ์การศาสนา.

มลิวัลย์ สมศักดิ์. (2540). *รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรี นครินทรวิโรฒ.

มนตรี วงษ์สะพาน. (2556). การยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกระบวนการคิดวิเคราะห์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 13*(2), 125-139.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-Based Learning). *วารสารวิชาการ*, *5*(2),11-17.

วราภรณ์ ใบภักดี. (2547). *การพัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วันดี ต่อเพ็ง. (2553). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วัลลี สัตยาศัย. (2547). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2551). *การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดและมโนมติของนักเรียน*. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ศักดิ์ศรี สืบสิงห์ และเฉลิมพร สืบสิงห์. (2565). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์. *วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรีรับใช้สังคม*, *8*(2), 30-41.

ศิวาพร ศรีมงคล. (2550). *ความหมายและพัฒนาการของมโนมติทางวิทยาศาสตร์*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

โศภิษฐา คงธน และอาทร นกแก้ว. (2568). แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียน โปรแกรม Desmos เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *สิกขาวารสารศึกษาศาสตร์*, *12*(1), 161-173.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2568). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. สืบค้นจาก https://newonetresult.niets.or.th/Individualweb/notice/frEnquireStudentGraphScore.aspx

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. สืบค้นจากhttps://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-summary-result/?utm_source=chatgpt.com

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2554). การพัฒนาแบบทดสอบวัดมโนมติแบบปรนัยชนิดสองลำดับ เรื่องพันธะเคมี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *30*(1), 45–56.

สันหวัช สอนท่าโก. (2550). *การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). *ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.* กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* กรุงเทพ ฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). *มาตรฐานการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2561*. นนทบุรี: บริษัท 21 เซ็นจูรี่ จำกัด.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2549). *แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในสถานศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สิริวัฒน์ อายุวัฒน์. (2560). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน: ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุกัญญา แก้วนอก. (2553). *การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแนวคิดทางเลือกเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2552). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน.* กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิค พริ้นติ้ง.

อรุณรุ่ง ปภาพสิษฐ์. (2557). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21. *วารสารการศึกษาเพื่อพัฒนาศักยภาพมนุษย์*, *1*(1), 15–28.

อัสมะ หะยีมอหะมะสอและ. (2550). *การวิเคราะห์องค์ประกอบความคิดวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

อำพร ไตรภัทร. (2543). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ อนุรุทธ์วงศ์. (2545). *ฝึกเด็กให้เป็นนักคิด*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

Amin, S., Utaya, S., Bachri, S., Sumarmi, S., and Susilo, S. (2020). Effect of Problem Based Learning on Critical Thinking Skill and Environmental Attitude. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *8*(2), 743-755.

Barrows, H. S. and Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Macmillan Publishing Company.

Barrows, H. S. (1986). A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education, 20*(6), 481–486.

Bozkurt, E. and Yildirim, F. S. (2022). Determining the Misunderstandings of Physics and Science Teacher Candidates about the Events Related to the Buoyancy Force. *Pegem Journal of Education and Instruction*, *12*(1), 222-231.

Brown, S., Montfort, D., and Findley, K. (2007). Development, Implementation, and Assessment of a Bending Stress Tutorial. In D. Budny, *Proceedings of the 2007 37th Annual Frontiers in Education Conference Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports* (pp. T3C-15). Wisconsin: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Massachusetts: Harvard University Press.

Chi, M. T. H. (2009). Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. *Topics in Cognitive Science, 1*(1), 73–105.

Chin, C. and Brown, D. E. (2000). Learning in Science: A Comparison of Deep and Surface Approaches. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(2), 109–138.

Coştu, B. and Ayas, A. (2005). Evaporation in Different Liquids: Secondary Students' Conceptions. *Research in Science and Technological Education, 23*(1), 75–97.

Delisle, R. (1997). *How to Use Problem-Based Learning in the Classroom*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

DeBoer, G. E. (2011). The Globalization of Science Education. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(6), 567–591.

Dewey, J. (1933). *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Massachusetts: D. C. Heath and Company.

Driver, R., Guesne, E., and Tiberghien, A. (1985). The Learning of Science. In R. Driver, E. Guesne, and A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science* (pp. 1–9). London: Open University Press.

Ertmer, P. A. and Simons, K. D. (2006). Jumping the PBL Implementation Hurdle: Supporting the Efforts of K–12 Teachers. In C. E. Hmelo-Silver, G. Halverson, and D. C. Woods (Eds.), *Problem-Based Learning: A Research Perspective on Learning Interactions* (pp. 147–178). New Jersey: Routledge.

Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership, 43*(2), 44–48.

Ennis, R. H. (2011). Critical Thinking. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines, 26*(2), 5–19.

Evensen, D. H., Hmelo, C. E., and Hmelo-Silver, C. E. (2000). *Problem-Based Learning: Gaining Insights on Learning Interactions Through Multiple of Inquiry.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*, 1(1), 1-23.

Facione, P. A. and Gittens, C. A. (2015). Mapping Decisions and Arguments. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines, 30*(2), 17-53.

Guo, F. (2022). *A Quasi-Experimental Study on PBL in Music Education: Achievement and Satisfaction Among Third-Year Undergraduates*. China: Zhoukou Normal University.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book.

Halpern, D. F. (2013). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5th Ed.). New York: Psychology Press.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266.

Jai-on, P. and Bangtho, T. (2022). Effects of Problem-Based Learning on Pre-Service Teachers' Ability to Design 21st-century Learning and Satisfaction with PBL. *Journal of Education and Innovation, 24*(1), 99–109.

Johnson, M. J. (2015). Scientific Concept Understanding and Its Effects on Science Learning Performance. *Journal of Science Education and Practice, 12*(3), 45–58.

King, A. (1994). Guiding Knowledge Construction in the Classroom: Effects of Teaching Children How to Question and How to Explain. *American Educational Research Journal, 31*(2), 338–368.

Lai, E. R. (2011). Critical Thinking: A Literature Review. *Pearson's Research Reports*, *6*(1), 40-41.

Leong, S. S. M., Perera, J. S. H. Q., and Shahrill, M. (2015). Identifying the Gaps in Students Understanding of Manometer Reading. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, *6*(4), S1.

Ma'ruf, M. R., Sultan, A. D., and Jani, N. (2024). The Effectiveness of Problem-Based Physics Learning to Improve High School Students' Science Process Skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika, 8*(1), 102-111.

Monash University. (2019). *Critical thinking*. Retrieved from https://www.monash.edu/learnhq/enhance-your-thinking/critical-thinking

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.* Washington, D.C.: The National Academies Press.

Nitko, A. J. (2004). *Educational Assessment of Students* (4nd Ed.). New Jersey: Pearson Merrill Prentice Hall.

Novak, J. D. (2010). *Learning, Creating, and using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations* (2nd Ed.). Oxfordshire: Routledge.

Organisation for Economic Co-operation and Development OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030 – The OECD Learning Compass 2030*. Retrieved from https://url.in.th/YTKhn

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). OECD Learning Compass 2030: A series of concept notes. Retrieved from https://url.in.th/QGBMq

Odom, A. L. and Kelly, P. V. (2001). Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education*, *85*(6), 615–635.

Özdemir, G. and Clark, D. B. (2007). An Overview of Conceptual Change Theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3*(4), 351-361.

Pacaci, S., Yilmaz, A., and Sadi, O. (2023). Effects of Conceptual Change-Oriented Instruction on Students' Misconceptions in Science Education: A Meta-Analysis Study. *International Journal of Science Education, 45*(8), 1123–1145.

Paul, R. and Elder, L. (2006). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life* (2nd Ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Paul, R. and Elder, L. (2019). *The Miniature Guide to Critical Thinking: Concepts and Tools* (8th Ed.). California: Foundation for Critical Thinking.

Putri, R. I., Hidayat, M., Kurniawan, D. A., and Maison. (2022). Students' Misconceptions on Buoyancy Force and Floating–Sinking Concepts Identified Using Diagnostic Assessment. *Journal of Education Technology, 6*(2), 237–246.

Resbiantoro, G., Setiani, R., and Dwikoranto. (2022). A Review of Misconception in Physics: The Diagnosis, Causes, and Remediation. *Journal of Turkish Science Education, 19*(2), 610–622.

Reith, M. and Nehring, A. (2020). Scientific Reasoning and Views on the Nature of Scientific Inquiry: Testing a New Framework to Understand and Model Epistemic Cognition in Science. *International Journal of Science Education, 42*(16), 2716–2741.

Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 513–536.

Sanjaya, I. G. M. (2023). Profile of Students' Misconceptions on Substance Pressure Using a Three-tier Diagnostic Test. *International Journal of Recent Educational Research*, *4*(1), 1-15.

Saputri, A. C., Sajidan, S., and Rinanto, Y. (2020). The Effectiveness of Problem-Based Learning to Improve Students' Critical Thinking Skills in Science Learning. *Journal of Physics: Conference Series, 1842,* 012XXX.

Sari, D. P., Nurhayati, N., and Erman, E. (2023). Improving Students' Conceptual Understanding of Buoyancy Through and Experiment-Based Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 12*(1), 45–54.

Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 1*(1), 9–20.

Soeharto, S. and Csapó, B. (2021). Evaluating Item Difficulty Patterns for Assessing Student Misconceptions in Science Across Physics, Chemistry, and Biology Concepts. *Heliyon, 7*(11), e08246.

Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., and Sabri, T. (2019). A Review of Students' Common Misconceptions in Science and Their Diagnostic Assessment Tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *8*(2), 247-266.

Sulaiman, F., Rahman, S., and Dzulkifli, M. (2017). The Effectiveness of Problem-Based Learning in Improving Critical Thinking Skills. *International Journal of Instruction, 10*(2), 271–286.

Talanquer, V. (2017). Conceptual Frameworks in Chemical Thinking: Implications for Teaching and Learning. *Chemistry Education Research and Practice, 18*(4), 1–14.

Torp, L. and Sage, S. (1998). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K–16 Education* (2nd Ed.). Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).

Vosniadou, S. (2012). Conceptual Change in Learning and Instruction: The Framework Theory Approach. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 11–30). Oxfordshire: Routledge.

Watson, G. and Glaser, E. M. (1964). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. New York: Harcourt, Brace and World.

Watson, G. and Glaser, E. M. (1980). *Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. California: The Psychological Corporation.

Westbrook, S. L. and Marek, E. A. (1991). A Cross-Age Study of Student Understanding of the Concept of Diffusion. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(7), 649–660.

Wong, K. K. H. and Day, J. R. (2009). A Comparative Study of Problem-Based and Lecture-Based Learning in Junior Secondary School Science. *Research in Science Education, 39*(5), 625–642.

Zohar, A. and Dori, Y. J. (2003). Higher Order Thinking Skills and Low-Achieving Students: Are They Mutually Exclusive. *The Journal of the Learning Sciences, 12*(2), 145–181.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เหลากูล	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์
รองศาสตราจารย์ ว่าที่ รต.ดร.อรัญ ซุยกระเดื่อง	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและประเมินผลการเรียนรู้
นางจุไรรัตน์ ธนยั่งยืน	การศึกษามหาบัณฑิต (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนผดุงนารี ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๕๒๗๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา เหลากูล

นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๔ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เรื่อง ของแข็งและของไหล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
☐ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้
☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ฤลีสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๙๕ ๖๑๖ ๖๒๔๓



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๒๘๓ วันที่ ๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ว่าที่ร้อยตรี ดร. อรัญ ชุยกระเดื่อง

นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๔ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เรื่อง ของแข็งและของไหล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษาวิจัย

☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้

☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา สถิติ การวัดและประเมินผล

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)

คณบดีคณะครุศาสตร์

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๕๒๗๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางจุไรรัตน์ ธนยั่งยืน

นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๔ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เรื่อง ของแข็งและของไหล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา

☑ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้

☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๙๕ ๖๑๖ ๖๒๔๓

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ 19

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568
หน่วยการเรียนรู้ที่ 17 ของแข็งและของไหล
เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
ครูผู้สอน นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน

.....

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ 4 เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลัก ของอาร์คิมีดิส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และ สมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจและอธิบายมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ ได้ (K)
2. ปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณเกี่ยวกับสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งได้ (P)
3. ใฝ่เรียนรู้ มีเหตุผล และมีวิจารณญาณในการทำงาน (A)

สาระสำคัญ

สสารและสิ่งของต่าง ๆ ในสภาพปกติโดยทั่วไปมี 3 สถานะได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สสารที่มีสถานะเป็นของเหลวหรือแก๊สสามารถเรียกว่า ของไหล เนื่องจากของเหลวและแก๊สสามารถไหลได้ สสารของแข็งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของของแข็งอยู่ใกล้กันและรูปทรงของของแข็งไม่เปลี่ยนแปลงมาก ของแข็งจะมีรูปร่างและปริมาตรคงตัว สำหรับของแข็งที่ถูกแรงกระทำแล้วเกิด การเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม และเมื่อหยุดแรงกระทำวัตถุสามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้ เรียกว่ามีสภาพยืดหยุ่น (Elasticity) ถ้าหยุดแรงทำแล้ววัตถุคงรูปร่างที่เปลี่ยนไป เรียกว่ามีสภาพพลาสติก (Plasticity) แรงกระทำตั้งฉากต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ

เรียกว่า ความเค้นตามยาว (Longitudinal Stress) หาได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$ ส่วนความยาวของวัตถุที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิมเรียกว่าความเครียดตามยาว (Longitudinal Strain) หาได้จากสมการ $\varepsilon = \frac{\triangle L}{L_o}$ และอัตราส่วนระหว่างความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาวเรียกว่า มอดูลัสของยัง (Young's Modulus) หาได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ เมื่อออกแรงกระทำตามยาวกับวัตถุไม่เกินขีดจำกัดการแปรผันตรง (Proportional Limit) ความเค้นจะแปรผันตรงกับความเครียด หากออกแรงกระทำมากกว่าขีดจำกัดการแปรผันตรง แต่ไม่เกินขีดสภาพยืดหยุ่น (Elastic Limit) วัตถุสามารถคืนรูปร่างเดิมได้ และถ้าแรงมากกว่าขีดขำกัดสภาพยืดหยุ่นไม่สามารถคืนรูปร่างเดิมได้ การเลือกวัสดุไปใช้งานต้องคำนึงถึงสภาพยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับงาน

สาระการเรียนรู้

ความรู้ (K)

สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ

ทักษะ/กระบวนการ (P)

- การทดลอง
- การแก้ปัญหา
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

- ความใฝ่เรียนรู้
- ความมีเหตุผล
- ความมีวิจารณญาณในการทำงาน

กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน)

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา

1.1 ครูทำการสาธิตดึงยางรัดของแล้วปล่อย บีบฟองน้ำ บีบขวดพลาสติก ให้นักเรียนสังเกตลักษณะของวัตถุหลังออกแรงบีบ จากนั้นครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่าวัตถุแต่ละชนิดมีลักษณะอย่างไรหลังออกแรงบีบ

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม ดังนี้

1) เมื่อออกแรงกดขวดพลาสติก แล้วปล่อยมือ ขวดพลาสติกจะมีสภาพเหมือนกับก่อนออกแรงหรือไม่ อย่างไร

2) เมื่อออกแรงดึงหนังยาง จากนั้นปล่อยมือ หนังยางจะมีสภาพเหมือนกับก่อนออกแรงดึงหรือไม่ อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.3 ครูนำเสนอปัญหาโดยให้ดูวิดีโอหรือรูปภาพเกี่ยวกับสะพานที่เกิดการเสียหายหรือสายเคเบิลที่ขาด

1.4 ให้นักเรียนอภิปรายถึงสาเหตุของการเสียหาย และตั้งคำถาม เช่น "ทำไมวัตถุถึงเปลี่ยนรูปเมื่อมีแรงกระทำ"

1.5 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม 5-6 คน โดยคละเพศ คละระดับความสามารถของนักเรียน เพื่อทำกิจกรรมตามใบกิจกรรมที่ 19 เรื่อง สถานการณ์สะพานแขวนกลางหมู่บ้าน โดยครูกำหนดโจทย์ปัญหาสถานการณ์เกี่ยวกับสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งให้นักเรียน ดังนี้

> บ้านห้วยสายทอง เป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ ในหุบเขา มีแม่น้ำสายหนึ่งไหลผ่านกลางหมู่บ้าน ซึ่งชาวบ้านต้องข้ามไปมาเพื่อทำการเกษตร ส่งของ และเดินทางไปยังโรงเรียนหรือสถานีอนามัย ฝั่งหนึ่งของหมู่บ้านมีแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูก ส่วนอีกฝั่งเป็นที่อยู่อาศัย เดิมทีชาวบ้านใช้สะพานแขวนไม้ที่สร้างขึ้นเมื่อหลายสิบปีก่อน แต่ปัจจุบันสะพานเริ่มเสื่อมสภาพ ไม้ผุ พื้นสะพานยุบตัว และโครงสร้างเหล็กบางส่วนเริ่มโก่งงอ ทำให้หลายคนรู้สึกไม่ปลอดภัยเวลาเดินข้าม โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่น้ำเชี่ยวและสะพานต้องรับน้ำหนักมากขึ้น ผู้นำชุมชนจึงเรียกประชุมเพื่อวางแผนสร้างสะพานแขวนใหม่ที่มีความแข็งแรงและปลอดภัยมากขึ้น โดยเน้นให้สามารถรับน้ำหนักได้ดี และทนต่อการใช้งานระยะยาว ชาวบ้านอยากให้สะพานใหม่ใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นพอเหมาะ ไม่เปราะแตกหรือโก่งงอง่าย

1.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์แล้วระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ว่ามีตัวแปรใดบ้างที่ส่งผลต่อปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว และบันทึกลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 2 กำหนดแนวทางที่เป็นไปได้

2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมองเพื่อคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ โดยนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้และอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.2 ครูเป็นผู้แนะแนวในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน เพื่อที่จะได้ศึกษาค้นคว้าแนวทางในการหาคำตอบจากเหตุการณ์ที่ครูตั้งขึ้นให้ โดยครูให้ดูคลิปการสร้างสะพาน https://www.youtube.com/watch?v=IyRYd8XnxUg จากนั้นอธิบายการเกี่ยวกับสถาพยืดหยุ่นของวัสดุ

- ครูยกสถานการณ์หรือใช้การสาธิตเพื่ออธิบายสภาพยืดหยุ่นสภาพพลาสติก โดยครูใช้ยางรัดของกับขวดน้ำพลาสติกเป็นอุปกรณ์ครูให้นักเรียนสังเกตรูปร่างของยางรัดของและขวดน้ำพลาสติก แล้วถามนักเรียนว่า “ถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุทั้งสองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร” ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง

- นักเรียนออกแรงกระทำต่อวัตถุทั้งสอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแล้วร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปสภาพยืดหยุ่นและสภาพพลาสติก

2.3 นักเรียนทำใบงาน 19 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ เพื่อจะวัดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนแต่ละคน

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์แล้วกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา วิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว และบันทึกลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า

3.1 หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มไว้วางแผนการศึกษาค้นคว้าแล้ว ให้ดำเนินการทดลองตามใบกิจกรรมที่ 19 เรื่อง สถานการณ์สะพานแขวนกลางหมู่บ้าน

3.2 ให้แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและช่วยกันค้นคว้าข้อมูลได้ด้วยวิธีการสืบค้น การสังเกต การทดลอง เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและออกแบบการสร้างสะพานให้แข็งแรง จากนั้นบันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้

4.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในกลุ่มตั้งแต่การระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหาของสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปว่าความรู้ที่ได้มานั้นมีความถูกต้องสมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลยังไม่เพียงพอก็ร่วมกันอภิปรายและศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วบันทึกผลในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ

5.1 ให้นักเรียนทุกกลุ่มตรวจสอบข้อมูลที่ได้ทำการศึกษานั้นว่ามีความถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์หรือไม่ โดยครูผู้สอนช่วยตรวจสอบและแนะนำเพิ่มเติม และสรุปผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม ก่อนที่จะออกมานำเสนอ ตัวอย่างผลการสรุปจากสถานการณ์ปัญหาสะพานแขวนกลางหมู่บ้าน (คำตอบของแต่ละกลุ่มอาจมีความหลากหลาย) เป็นดังนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์ คือ สะพานแขวนไม้เดิมของหมู่บ้านห้วยสายทองเริ่มเสื่อมสภาพไม่แข็งแรงและไม่ปลอดภัยสำหรับการใช้งาน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่น้ำเชี่ยวและมีคนใช้สะพานจำนวนมาก

2. สาเหตุของปัญหา คือ สะพานถูกสร้างมานานหลายสิบปี ทำให้วัสดุเสื่อมสภาพตามกาลเวลา โครงสร้างไม้เริ่มผุ พื้นสะพานยุบตัว

3. วิธีการเสนอการแก้ปัญหา คือ สร้างสะพานแขวนใหม่ที่แข็งแรง ปลอดภัย และสามารถใช้งานได้ในระยะยาว โดยเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นพอเหมาะ ไม่เปราะหรือโก่งงอง่าย รวมทั้งสามารถรับน้ำหนักได้ดีภายใต้สภาพแวดล้อมของหมู่บ้าน

4. ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหา คือ ชาวบ้านสามารถเดินทางข้ามฝั่งได้อย่างปลอดภัยในทุกฤดูกาล ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากสะพานชำรุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม สถานการณ์ปัญหาสะพานแขวนกลางหมู่บ้าน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยครูให้นักเรียนที่นั่งฟังตั้งคำถามกลุ่มละ 1 คำถาม เพื่อถามกลุ่มที่นำเสนอ

6.2 ครูประเมินความรู้ของนักเรียน เรื่อง โดยสังเกตจากการตอบคำถามในใบกิจกรรม 19 เรื่อง สถานการณ์ปัญหาสะพานแขวนกลางหมู่บ้าน และใบงาน 19 สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ของนักเรียน

6.3 ครูประเมินทักษะกระบวนการ โดยสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคลของนักเรียนในการทดลอง การแก้ปัญหา และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

6.4 ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียนรายบุคคลด้านความใฝ่เรียนรู้ ความมีเหตุผล และมีวิจารณญาณของนักเรียน

สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. อินเทอร์เน็ต
3. Powerpoint/Canva เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ
4. ใบกิจกรรม 19 เรื่อง สถานการณ์ปัญหาสะพานแขวนกลางหมู่บ้าน
5. ใบงาน 19 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

รายการประเมิน	เครื่องมือวัด/วิธีการวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) - การอธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด และหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ	ใบงานกิจกรรม 19 และใบกิจกรรม 19 เรื่อง สถานการณ์ปัญหาสะพานแขวนกลางหมู่บ้าน / ตรวจใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) - การทดลองจากสถานการณ์สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง - การแก้ปัญหาจากสถานการณ์สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง - การคิดอย่างมีวิจารณญาณจากสถานการณ์สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง	แบบประเมินทักษะกระบวนการ / สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล ใบงานกิจกรรม 19 และใบกิจกรรม 19 เรื่อง สถานการณ์ปัญหาสะพานแขวนกลางหมู่บ้าน / ตรวจใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) - ความใฝ่เรียนรู้ - ความมีเหตุผล - ความมีวิจารณญาณในการทำงาน	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ / สังเกตพฤติกรรมความใฝ่เรียนรู้ ความมีเหตุผลและมีวิจารณญาณของนักเรียน	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน)

นักศึกษาฝึกประสบการ์วิชาชีพครู

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

.

ความคิดเห็นของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง ครูพี่เลี้ยง

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็นของฝ่ายบริหาร

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการโรงเรียน
กลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบบันทึกคะแนนรายบุคคล
รายวิชาฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนผดุงนารี

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ใบกิจกรรมที่ 19 (10 คะแนน)	ใบงานที่ 19 (10 คะแนน)	แบบประเมินทักษะกระบวนการ (ผ/มผ)	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (ผ/มผ)	คะแนนรวม (20 คะแนน)	คะแนนเก็บ(2 คะแนน)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

(ต่อ)

เลขที่	ชื่อ-สกุล	ใบกิจกรรมที่ 19 (10 คะแนน)	ใบงานที่ 19 (10 คะแนน)	แบบประเมินทักษะกระบวนการ (ผ/มผ)	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (ผ/มผ)	คะแนนรวม (20 คะแนน)	คะแนนเก็บ(2 คะแนน)
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินทักษะกระบวนการ
รายวิชาฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนผดุงนารี

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน									ผลการประเมิน	
		การแก้ปัญหา			การคิดอย่างมีวิจารณญาณ			การทดลอง			ผ่าน	ไม่ผ่าน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

(ต่อ)

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน									ผลการประเมิน	
		การแก้ปัญหา			การคิดอย่างมีวิจารณญาณ			การทดลอง			ผ่าน	ไม่ผ่าน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1		
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินทักษะกระบวนการ

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	3	2	1	0
การแก้ปัญหา	- นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและให้เหตุผลประกอบได้	- นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้	- นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่เหมาะสม แต่สามารถให้เหตุผลประกอบได้	- นักเรียนไม่สามารถตอบหรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	-นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน โดยตรวจสอบและประเมินองค์ประกอบสำคัญของข้อมูลหรือข้อความที่ถูกนำเสนอเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น หรือข้อสรุปอย่างครบถ้วน -นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หรือการนิรนัย (Deductive Reasoning) โดยนำข้อมูลหลักฐาน หรือ	-นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน โดยตรวจสอบและประเมินองค์ประกอบสำคัญของข้อมูลหรือข้อความที่ถูกนำเสนอเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น หรือข้อสรุปได้ แต่ยังขาดรายละเอียดบางส่วน -นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หรือการนิรนัย (Deductive Reasoning) โดยนำข้อมูล	-นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน โดยตรวจสอบและประเมินองค์ประกอบสำคัญของข้อมูลหรือข้อความที่ถูกนำเสนอเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น หรือข้อสรุปได้ แต่ยังมีข้อผิดพลาดในแนวคิด หรืออธิบายได้ไม่ครบถ้วน -นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หรือการนิรนัย (Deductive	-นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน โดยตรวจสอบและประเมินองค์ประกอบสำคัญของข้อมูลหรือข้อความที่ถูกนำเสนอเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น หรือข้อสรุปได้ -นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หรือการนิรนัย (Deductive Reasoning) โดยนำข้อมูลหลักฐาน หรือ

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	3	2	1	0
	ข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปอย่างเป็นระบบโดยใช้วิธีการที่มีเหตุผล ตามลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์ได้ -นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหา โดยวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหรือสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การเลือกทางเลือกหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหา -นักเรียนสามารถตัดสินประเมินผลโดยพิจารณาและประเมินคุณค่าความเหมาะสมหรือความถูกต้องของข้อมูลหลักฐาน ความคิดเห็น หรือสถานการณ์ใด ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือตัวชี้วัดที่ชัดเจน	หลักฐาน หรือข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปอย่างเป็นระบบโดยใช้วิธีการที่มีเหตุผล ตามลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์ได้แต่ยังขาดรายละเอียดบางส่วน -นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหา โดยวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหรือสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การเลือกทางเลือกหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาได้ แต่ยังขาดรายละเอียดบางส่วน -นักเรียนสามารถตัดสินประเมินผลโดยพิจารณาและประเมินคุณค่าความเหมาะสมหรือความถูกต้อง	Reasoning) โดยนำข้อมูลหลักฐาน หรือข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปอย่างเป็นระบบโดยใช้วิธีการที่มีเหตุผล ตามลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์ได้แต่ยังมีข้อผิดพลาดในแนวคิด หรืออธิบายได้ไม่ครบถ้วน -นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหา โดยวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหรือสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การเลือกทางเลือกหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาได้ แต่ยังมีข้อผิดพลาดในแนวคิด หรืออธิบายได้ไม่ครบถ้วน	ข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปอย่างเป็นระบบโดยใช้วิธีการที่มีเหตุผล ตามลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์ได้ -นักเรียนไม่สามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหา โดยวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหรือสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การเลือกทางเลือกหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาได้ -นักเรียนไม่สามารถตัดสินประเมินผล โดยพิจารณาและประเมินคุณค่าความเหมาะสมหรือความถูกต้องของข้อมูลหลักฐาน ความคิดเห็น หรือสถานการณ์ใด ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือ

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	3	2	1	0
	และมีเหตุผลรองรับ	ของข้อมูลหลักฐาน ความคิดเห็น หรือสถานการณ์ใด ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือตัวชี้วัดที่ชัดเจนและมีเหตุผลรองรับได้ แต่ยังขาดรายละเอียดบางส่วน	-นักเรียนสามารถตัดสินประเมินผลโดยพิจารณาและประเมินคุณค่าความเหมาะสมหรือความถูกต้องของข้อมูลหลักฐาน ความคิดเห็น หรือสถานการณ์ใด ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือตัวชี้วัดที่ชัดเจนและมีเหตุผลรองรับได้ แต่ยังมีข้อผิดพลาดในแนวคิด หรืออธิบายได้ไม่ครบถ้วน	ตัวชี้วัดที่ชัดเจนและมีเหตุผลรองรับได้
การทดลอง	- นักเรียนลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ - นักเรียนสามารถอภิปรายและสรุปผลจากกิจกรรมการทดลองได้อย่างถูกต้อง	- นักเรียนลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้ แต่มีข้อบกพร่องบางอย่าง - นักเรียนสามารถอภิปรายและสรุปผลจากกิจกรรมการทดลองได้ถูกต้อง	- นักเรียนลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้ แต่มีข้อบกพร่องบางอย่าง - นักเรียนอภิปรายและสรุปผลจากกิจกรรมการทดลองได้ไม่ถูกต้อง	- นักเรียนไม่ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมและไม่สามารถอภิปรายและสรุปผลจากกิจกรรมการทดลองได้

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

เกณฑ์การประเมินผล

นักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ระดับ 2 หรือมีพฤติกรรม พอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์



แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์
รายวิชาฟิสิกส์ 5 รหัสวิชา ว30205 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนผดุงนารี

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน									ผลการประเมิน	
		ความใฝ่เรียนรู้			ความมีเหตุผล			ความมีวิจารณญาณในการทำงาน			ผ่าน	ไม่ผ่าน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

(ต่อ)

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน									ผลการประเมิน	
		ความใฝ่เรียนรู้			ความมีเหตุผล			ความมีวิจารณญาณในการทำงาน			ผ่าน	ไม่ผ่าน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1		
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. ความใฝ่เรียนรู้	- มีความตั้งใจเรียน ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ - แสดงความคิดเห็นระหว่างเรียนเมื่อครูถาม - มีการซักถามเมื่อไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยเนื้อหาระหว่างเรียน	- มีความตั้งใจเรียน ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ - ไม่แสดงความคิดเห็นระหว่างเรียนเมื่อครูถาม	- นักเรียนไม่ตั้งใจเรียนและไม่พยายามศึกษาหาความรู้ในเนื้อหาที่เรียน	- ไม่เข้าเรียน - ไม่ส่งงาน
2. ความมีเหตุผล	- นักเรียนทำงานถูกต้องตามและมีเหตุผลตามความเป็นจริง - ส่งงานตรงตามเวลาที่กำหนด	- นักเรียนทำงานถูกต้องและมีเหตุผลแต่อาจมีบางจุดที่บกพร่อง - ส่งงานตามเวลาที่กำหนด	- นักเรียนทำงานไม่ถูกต้องและไม่มีเหตุผล - ส่งงานล่าช้า	- ไม่เข้าเรียน - ไม่ส่งงาน
3. ความมีวิจารณญาณในการงานทำ	- นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จและมีประสิทธิภาพ - นักเรียนส่งงานตามเวลาที่กำหนด	- นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จ แต่มีข้อบกพร่อง - นักเรียนส่งงานตามเวลาที่กำหนด	- นักเรียนไม่ตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมาย - นักเรียนส่งงานล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด	- ไม่เข้าเรียน - ไม่ส่งงาน

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

เกณฑ์การประเมินผล

นักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ระดับ 2 หรือมีพฤติกรรม พอใช้ ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

ใบกิจกรรมที่ 19 เรื่อง สถานการณ์สะพานแขวนกลางหมู่บ้าน

1. รายชื่อสมาชิกกลุ่มที่ ..... ชั้น .....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

สถานการณ์ปัญหา

บ้านห้วยสายทอง เป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ ในหุบเขา มีแม่น้ำสายหนึ่งไหลผ่านกลางหมู่บ้าน ซึ่งชาวบ้านต้องข้ามไปมาเพื่อทำการเกษตร ส่งของ และเดินทางไปยังโรงเรียนหรือสถานีอนามัย ฝั่งหนึ่งของหมู่บ้านมีแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูก ส่วนอีกฝั่งเป็นที่อยู่อาศัย เดิมทีชาวบ้านใช้สะพานแขวนไม้ที่สร้างขึ้นเมื่อหลายสิบปีก่อน แต่ปัจจุบันสะพานเริ่มเสื่อมสภาพ ไม้ผุ พื้นสะพานยุบตัว และโครงสร้างเหล็กบางส่วนเริ่มโก่งงอ ทำให้หลายคนรู้สึกไม่ปลอดภัยเวลาเดินข้าม โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่น้ำเชี่ยวและสะพานต้องรับน้ำหนักมากขึ้น ผู้นำชุมชนจึงเรียกประชุมเพื่อวางแผนสร้างสะพานแขวนใหม่ที่มีความแข็งแรงและปลอดภัยมากขึ้น โดยเน้นให้สามารถรับน้ำหนักได้ดี และทนต่อการใช้งานระยะยาว ชาวบ้านอยากให้สะพานใหม่ใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นพอเหมาะ ไม่เปราะแตกหรือโก่งงอง่าย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ปัญหาที่ครูได้กำหนดขึ้น ระบุสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาลงในกระดาษบรูฟ แล้วให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

1. ระบุปัญหาของสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

2. วิเคราะห์หาสาเหตุของสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ไขของสถานการณ์

- จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถออกแบบสะพานที่สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดจากวัสดุที่จำกัด

2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของโครงสร้างได้

- วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้ไอศกรีม 100 แท่ง

2. กาวร้อน, กาวลาเท็กซ์

3. เชือก, ยางรัด

4. กระดาษแข็ง

5. ตราชั่ง / ถังน้ำแขวน

6. ไม้บรรทัด

7. น้ำหนัก (เช่น ถุงทราย, ขวดน้ำ)

- ขั้นตอนการทดลอง

1. นักเรียนวางแผนออกแบบสะพาน โดยวาดแบบโครงสร้าง

2. นักเรียนดำเนินการสร้างสะพานตามแบบที่ออกแบบไว้

3. ครูคอยสังเกตและให้คำแนะนำตามความเหมาะสม

4. แต่ละกลุ่มนำสะพานมาทดสอบความแข็งแรง (โดยเพิ่มน้ำหนักทีละขั้น)

5. บันทึกน้ำหนักสูงสุดที่สะพานรับได้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนักรวมของสะพาน (กรัม/กิโลกรัม)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสะพาน	สะพานพัง/ไม่พัง

4. สรุปผลลัพธ์จากแนวทางการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ข้อเสนอแนะการแก้ไขปัญหา (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 19 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ

ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... ชั้น.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ปัญหาหลักที่หมู่บ้านห้วยสายทองกำลังเผชิญคืออะไร

.....

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใดจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุในการสร้างสะพานใหม่

.....

.....

.....

.....

.....

3. หากต้องเลือกวัสดุทำโครงสร้างหลักของสะพาน ควรเลือกวัสดุใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

4. อธิบายว่าแนวคิดทางฟิสิกส์เรื่อง “สภาพยืดหยุ่น” ช่วยในการออกแบบสิ่งปลูกสร้างในชีวิตจริงอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรมที่ 19 เรื่อง สถานการณ์สะพานแขวนกลางหมู่บ้าน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ระบุปัญหาของสถานการณ์

แนวคำตอบ สะพานแขวนไม้เดิมของหมู่บ้านมีสภาพชำรุด เสื่อมสภาพ และไม่แข็งแรงเพียงพอ เนื่องจากไม้ผุ พื้นสะพานยุบตัว และโครงสร้างบางส่วนโก่งงอ ทำให้ไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนที่ต้องรับน้ำหนักและแรงกระทำมากขึ้น จึงจำเป็นต้องออกแบบและสร้างสะพานใหม่ที่แข็งแรง สามารถรับน้ำหนักได้มาก และมีความปลอดภัยในการใช้งานระยะยาว

2. วิเคราะห์หาสาเหตุของสถานการณ์

1. วัสดุเสื่อมสภาพ
   - ไม้ที่ใช้สร้างสะพานเกิดการผุพังจากความชื้นและน้ำฝน
   - วัสดุมีอายุการใช้งานนาน ทำให้ความแข็งแรงลดลง
2. โครงสร้างสะพานไม่สามารถรับแรงได้เพียงพอ
   - สะพานอาจไม่ได้ออกแบบให้รองรับน้ำหนักมาก
   - เมื่อมีแรงกดจากคนหรือสิ่งของมากขึ้น ทำให้เกิดการโก่งงอ
3. แรงที่กระทำต่อสะพาน
   - น้ำหนักของผู้ใช้งานและสิ่งของทำให้เกิดแรงกด
   - กระแสน้ำในฤดูฝนทำให้เกิดแรงกระทำต่อโครงสร้างเพิ่มขึ้น
4. การออกแบบโครงสร้าง
   - โครงสร้างที่ไม่มีคานหรือส่วนค้ำยันเพียงพอ ทำให้รับแรงได้น้อย

3. แนวทางการแก้ไขของสถานการณ์

แนวคำตอบ ออกแบบสะพานใหม่โดยใช้หลักการทางฟิสิกส์และวิศวกรรม เช่น
- ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและเหมาะสม เช่น วัสดุที่มีความเหนียว ไม่เปราะแตกง่าย
- ออกแบบโครงสร้างให้มีคานรองรับและมีจุดค้ำยัน เพื่อกระจายแรง
- ใช้โครงสร้างรูปสามเหลี่ยม (โครงถัก) เพราะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและลดการโก่งงอ
- กระจายน้ำหนักให้ทั่วทั้งสะพาน เพื่อลดแรงที่กระทำต่อจุดใดจุดหนึ่ง

ตัวอย่างการออกแบบสะพานจากไม้ไอศกรีม
- ใช้ไม้ไอศกรีมต่อเป็นโครงสามเหลี่ยมด้านข้าง
- ใช้กระดาษแข็งเป็นพื้นสะพานเพื่อกระจายน้ำหนัก
- ใช้เชือกหรือยางรัดช่วยยึดโครงสร้าง
- เพิ่มคานตรงกลางเพื่อช่วยรับแรงกด

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนักรวมของสะพาน (กรัม/กิโลกรัม)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสะพาน	สะพานพัง/ไม่พัง
500 กรัม	สะพานเริ่มโค้งเล็กน้อย	ไม่พัง
1,000 กรัม	พื้นสะพานเริ่มยุบตัว	ไม่พัง
1,500 กรัม	โครงสร้างเริ่มโก่ง	ไม่พัง
2,000 กรัม	จุดเชื่อมต่อเริ่มหลุด	พัง

4. สรุปผลลัพธ์จากแนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวคำตอบ จากการออกแบบและทดสอบสะพาน พบว่าโครงสร้างที่มีคานและส่วนค้ำยัน เช่น โครงสร้างสามเหลี่ยม สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า เนื่องจากช่วยกระจายแรงไปยังส่วนต่าง ๆ ของสะพาน ทำให้ลดการโก่งงอและเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง วัสดุที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นเหมาะสมช่วยให้สะพานสามารถใช้งานได้ปลอดภัยมากขึ้น

5. ข้อเสนอแนะการแก้ไขปัญหา (ถ้ามี)

แนวคำตอบ - ควรเลือกใช้วัสดุที่ทนต่อความชื้นและมีอายุการใช้งานยาวนานมากขึ้น
- ควรตรวจสอบและซ่อมบำรุงสะพานอย่างสม่ำเสมอ
- ควรเพิ่มจุดค้ำยันหรือออกแบบโครงสร้างให้สามารถกระจายน้ำหนักได้ดีขึ้น
- ควรทดสอบความแข็งแรงของสะพานก่อนเปิดใช้งานจริง

เฉลยคำถามใบงานที่ 19 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ

1. ปัญหาหลักที่หมู่บ้านห้วยสายทองกำลังเผชิญคืออะไร

แนวคำตอบ หมู่บ้านห้วยสายทองกำลังประสบปัญหาสะพานแขวนเดิมมีสภาพเสื่อมโทรมและไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน เนื่องจากวัสดุเกิดการผุพัง โครงสร้างบางส่วนโก่งงอ และไม่สามารถรับน้ำหนักหรือแรงกระทำจากการใช้งานและกระแสน้ำได้อย่างเหมาะสม จึงจำเป็นต้องสร้างสะพานใหม่ที่มีความแข็งแรงและปลอดภัยมากขึ้น

2. เพราะเหตุใดจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านสภาพยืดหยุ่นของวัสดุในการสร้างสะพานใหม่

แนวคำตอบ เนื่องจากสะพานต้องรับแรงและน้ำหนักจากผู้ใช้งาน สิ่งของ รวมถึงแรงจากสภาพแวดล้อม เช่น กระแสน้ำและลม วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นเหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนรูปเมื่อได้รับแรง และกลับคืนสู่รูปร่างเดิมเมื่อแรงนั้นหายไป ทำให้โครงสร้างไม่เกิดการเสียรูปถาวรหรือแตกหักง่าย ส่งผลให้สะพานมีความปลอดภัยและใช้งานได้นานขึ้น

3. หากต้องเลือกวัสดุทำโครงสร้างหลักของสะพาน ควรเลือกวัสดุใด เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ควรเลือก เหล็ก เป็นวัสดุหลักของโครงสร้างสะพาน เพราะเหล็กมีความแข็งแรงสูง สามารถรับแรงดึงและแรงกดได้ดี มีความยืดหยุ่นเหมาะสม สามารถรับน้ำหนักมากและเกิดการเปลี่ยนรูปได้ก่อนเกิดการแตกหัก ทำให้โครงสร้างมีความปลอดภัยมากขึ้น

4. อธิบายว่าแนวคิดทางฟิสิกส์เรื่อง “สภาพยืดหยุ่น” ช่วยในการออกแบบสิ่งปลูกสร้างในชีวิตจริงอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ แนวคิดเรื่องสภาพยืดหยุ่นช่วยให้วิศวกรสามารถเลือกวัสดุและออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับแรงที่มากระทำ โดยคำนึงว่าวัสดุสามารถรับแรงได้มากเพียงใด ก่อนที่จะเกิดการเสียรูปถาวร เช่น การสร้างสะพาน อาคาร หรือเสาไฟฟ้า ต้องเลือกวัสดุที่มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นเหมาะสม เพื่อให้โครงสร้างสามารถทนต่อแรงต่าง ๆ และใช้งานได้อย่างปลอดภัย

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล



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

แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบชุดนี้มี 2 ส่วน 1) แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก และ 2) การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 20 ข้อ

2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 1 ชั่วโมง

3. ให้นักเรียนกากบาทคำตอบในแบบทดสอบให้ถูกต้อง

4. นักเรียนสามารถเขียนอธิบาย วาดภาพประกอบ และคำนวณตอบคำถามได้ในส่วนที่ 2

5. ถ้ามีข้อสงสัยให้ถามครูผู้คุมสอบ

1. ถ้าดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่งโลหะ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับวัสดุ

ก. วัสดุจะหดตัวในแนวดึง

ข. วัสดุจะยืดตัวในแนวดึง

ค. วัสดุจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง

ง. วัสดุจะบิดตัว

เหตุผล.....

.....

.....

2. ข้อใดต่อไปนี้ **ไม่ใช่** ตัวอย่างของสภาพยืดหยุ่น

ก. ยางยืดที่กลับคืนรูปร่างเดิมได้

ข. สปริงที่คืนตัวหลังจากถูกดึง

ค. ดินน้ำมันที่เปลี่ยนรูปร่างถาวร

ง. หนังยางที่ยืดออกแล้วกลับคืนรูปร่างเดิม

เหตุผล.....

.....

.....

3. ข้อใดคือปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเค้นตามยาว

ก. มวลของวัสดุ

ข. ปริมาตรของวัสดุ

ค. แรงที่กระทำและพื้นที่หน้าตัด

ง. สีของวัสดุ

เหตุผล.....

.....

.....

4. ทำไมวิศวกรจึงต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาวในการออกแบบโครงสร้าง

ก. เพื่อให้วัสดุมีสีสวยงาม

ข. เพื่อให้วัสดุรับแรงได้อย่างเหมาะสมโดยไม่เสียหาย

ค. เพื่อให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย

ง. เพื่อให้วัสดุมีน้ำหนักเบา

เหตุผล.....

.....

.....

5. ความเครียดตามยาวที่มีค่าสูงมากอาจนำไปสู่สภาพใดของวัสดุ

ก. ความเหนียว

ข. การคืนตัว

ค. การเสียรูปถาวร

ง. การเพิ่มพื้นที่หน้าตัด

เหตุผล.....

.....

.....

6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการใช้แนวคิดเรื่องความเครียดตามยาวในชีวิตประจำวัน

ก. การออกแบบลวดสลิงยึดสะพาน

ข. การติดฉลากผลิตภัณฑ์

ค. การเติมลมยาง

ง. การทาสีเหล็กเพื่อกันสนิม

เหตุผล.....

.....

.....

7. วัสดุใดต่อไปนี้น่าจะมีมอดุลัสของยังสูงที่สุด

ก. ยางยืด

ข. ฟองน้ำ

ค. เหล็กกล้า

ง. พลาสติก

เหตุผล.....

.....

.....

8. เหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูงเพราะอะไร

ก. เพื่อให้สายสั่นสะเทือนเร็ว

ข. เพื่อให้เสียงต่ำ

ค. เพื่อให้สายยืดหยุ่นและไม่เสียรูป

ง. เพื่อให้สายคงรูปร่างและคงความตึง

เหตุผล.....

.....

.....

9. ความดันเกจจะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อใด

ก. เมื่ออยู่ในสุญญากาศ

ข. เมื่อความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ

ค. เมื่อความดันมากกว่าความดันบรรยากาศ

ง. เมื่ออยู่ในของเหลวที่ไม่มีแรงกระทำ

เหตุผล.....

.....

.....

10. ทำไมต้องใช้ความดันเกจในการควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรม เพราะอะไร

ก. เพราะวัดง่ายกว่าความดันสัมบูรณ์

ข. เพราะบารอมิเตอร์ไม่มีความแม่นยำ

ค. เพราะต้องรู้ค่าที่แตกต่างจากความดันรอบข้างเพื่อความปลอดภัย

ง. เพราะอากาศมีแรงเสียดทานต่ำ

เหตุผล.....

.....

.....

11. ถ้าในห้องสูญญากาศสมบูรณ์ ความดันสัมบูรณ์จะเป็นอย่างไร

ก. เท่ากับความดันเกจ

ข. มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ

ค. มีค่าเท่ากับศูนย์

ง. มีค่ามากกว่าศูนย์เล็กน้อย

เหตุผล.....

.....

.....

12. ถ้าความดันสัมบูรณ์ของของไหลลดลงต่ำกว่าความดันไอ จะเกิดผลอะไรขึ้น

ก. ของไหลจะกลายเป็นของแข็ง

ข. ของไหลจะระเหยกลายเป็นอได้ง่ายขึ้น

ค. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ง. ความดันจะกลับมาเท่าความดันบรรยากาศ

เหตุผล.....

.....

.....

13. ความดันบรรยากาศที่ยอดเขาจะเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล

ก. น้อยกว่า

ข. มากกว่า

ค. เท่ากัน

ง. ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

เหตุผล.....

.....

.....

14. ข้อใดกล่าวถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ถูกต้องที่สุด

ก. ช่วยให้วัตถุลอยอยู่ในอากาศ

ข. ช่วยให้สามารถสูบน้ำจากบ่อขึ้นมาได้

ค. เป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ

ง. ทำให้เสียงเคลื่อนที่เร็วขึ้นในสูญญากาศ

เหตุผล.....

.....

.....

15. เหตุใดจึงนิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำ

ก. ปรอทมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ทำให้วัดค่าได้แม่นยำกว่า

ข. ปรอทมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ทำให้ความสูงของปรอทในท่อน้อยกว่า จึงสามารถใช้ท่อที่สั้นกว่าได้

ค. ปรอทไม่ระเหยที่อุณหภูมิห้อง ทำให้การวัดคงที่และแม่นยำกว่า

ง. ข้อ ข. และ ค. ถูก

เหตุผล.....

.....

.....

16. ข้อใด **ไม่ใช่** การประยุกต์ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก

ก. แม่แรงยกรถยนต์

ข. ลิฟต์โดยสาร

ค. เครื่องอัดเบรก

ง. สะพานลอย

เหตุผล.....

.....

.....

17. แรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของไหลขึ้นกับปัจจัยใดต่อไปนี้

ก. ความเร็วของวัตถุ

ข. ความหนาแน่นของของไหล

ค. มวลของวัตถุ

ง. อุณหภูมิของวัตถุ

เหตุผล.....

.....

.....

18. หากนำวัตถุชนิดเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำ ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. วัตถุทั้งสองชิ้นจะได้รับแรงพยุงเท่ากัน

ข. วัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะได้รับแรงพยุงมากกว่า

ค. วัตถุที่มีขนาดเล็กกว่าจะได้รับแรงพยุงมากกว่า

ง. วัตถุทั้งสองชิ้นจะจมในน้ำลึกเท่ากัน

เหตุผล.....

.....

.....

19. การประยุกต์ใช้หลักการแรงพยุงในชีวิตประจำวันข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. การใช้เสื้อชูชีพในการว่ายน้ำเพื่อเพิ่มแรงพยุง

ข. การสร้างเรือโลหะให้มีรูปทรงที่แทนที่น้ำได้มาก

ค. การใช้บอลลูนฮีเลียมลอยในอากาศเพราะฮีเลียมเบากว่าอากาศ

ง. การใช้เกลือละลายในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำทำให้น้ำหนักวัตถุลดลง

เหตุผล.....

.....

.....

20. แรงพยุงมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงใด

ก. แรงเสียดทาน

ข. แรงดึงดูดโลก

ค. แรงปฏิกิริยาพื้น

ง. แรงหนีศูนย์กลาง

เหตุผล.....

.....

.....



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

แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ
2. ให้นักเรียนใช้เวลาทำแบบทดสอบชุดนี้ 30 นาที
3. ให้นักเรียนกากบาทลงในแบบทดสอบให้ถูกต้อง
4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ถามครูผู้คุมสอบ

สถานการณ์ที่ 1 การติดแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

โรงเรียนแห่งหนึ่งกำลังพิจารณาติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อลดค่าไฟฟ้าและสอนนักเรียนเรื่องพลังงานสะอาด นักเรียนบางส่วนเสนอให้ใช้แผงขนาดใหญ่เพื่อเก็บพลังงานมากขึ้น แต่บางคนกังวลเรื่องน้ำหนักบนหลังคาและค่าใช้จ่ายเริ่มต้น วิศวกรแนะนำว่าหลังคาที่รับน้ำหนักได้จำกัด ควรเลือกแผงขนาดพอเหมาะ แต่ติดตั้งหลายชุดกระจายกันเพื่อป้องกันโครงสร้างเสียหาย โรงเรียนต้องตัดสินใจว่าจะเลือกประหยัดพลังงานสูงสุด หรือลดความเสี่ยงต่อโครงสร้าง

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้ตอบคำถามจากข้อ 1-4

1. ข้อกังวลเรื่องน้ำหนักหลังคาเกี่ยวข้องกับหลักการใดในฟิสิกส์
   ก. ความหนาแน่น
   ข. การนำไฟฟ้า
   ค. การสะท้อนแสง
   ง. ความดันและการกระจายแรง
2. ถ้าใช้แผงขนาดพอเหมาะ กระจายทั่วหลังคา ผลลัพธ์ที่ควรเกิดขึ้นคือ
   ก. หลังคาทรุดลงทันที
   ข. ลดโอกาสโครงสร้างเสียหาย
   ค. ผลิตไฟฟ้าไม่ได้เลย
   ง. เพิ่มอุณหภูมิห้องเรียน
3. หากต้องการลดค่าไฟโดยไม่ทำให้หลังคาเสียหาย ควรทำอย่างไร
   ก. เลือกแผงใหญ่ที่สุดติดจุดเดียว
   ข. เลือกแผงเหมาะสม ติดหลายจุด
   ค. ไม่ติดตั้งแผงใด ๆ
   ง. รื้อหลังคาทั้งหมดแล้วติดใหม่
4. การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์สำเร็จ ควรประเมินจากอะไร
   ก. ค่าไฟที่ลดลงและความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างหลังคา
   ข. จำนวนรูปถ่ายลงโซเชียล
   ค. จำนวนนักเรียนถ่ายเซลฟีบนหลังคา
   ง. จำนวนคนแสดงความคิดเห็นออนไลน์

สถานการณ์ที่ 2 การใช้พัดลมไอเย็นในห้องเรียน

ในโรงเรียนหนึ่ง มีการติดตั้งพัดลมไอเย็นเพื่อแก้ปัญหาอากาศร้อน พัดลมไอเย็นทำงานโดยการเป่าลมผ่านแผ่นรังผึ้งชุบน้ำ ทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง นักเรียนบางคนบอกว่ารู้สึกเย็นสบาย แต่บางส่วนบ่นว่าห้องกลับรู้สึกชื้นและอบอ้าวกว่าเดิม เมื่อครูตรวจสอบพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้เหงื่อระเหยช้าลง ส่งผลให้ร่างกายระบายความร้อนได้ไม่ดี ครูจึงต้องพิจารณาว่าจะปรับการใช้งานหรือหาทางเลือกอื่น

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ ให้ตอบคำถามจากข้อ 5-8

5. เหตุผลที่บางคนรู้สึกอบอ้าวแม้อุณหภูมิลดลง เป็นเพราะข้อใด
   ก. พัดลมไม่ทำงานจริง
   ข. ความชื้นสูงทำให้เหงื่อระเหยได้ยาก
   ค. แรงลมมากเกินไป
   ง. พัดลมทำงานด้วยไฟฟ้าสูงเกิน
6. ถ้าความชื้นสูงขึ้น ส่งผลต่อความรู้สึกสบายในห้องเรียนอย่างไร
   ก. รู้สึกเย็นมากขึ้นทุกคน
   ข. รู้สึกอบอ้าวอาจไม่สบายตัว
   ค. ไม่มีผลกับร่างกาย
   ง. ทำให้ร่างกายแห้งเกินไป
7. ถ้าต้องการลดความร้อนแต่ไม่เพิ่มความชื้น ควรเลือกทางออกใด
   ก. ใช้พัดลมไอเย็นต่อไปทุกวัน
   ข. เปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศ หรือพัดลมธรรมดา
   ค. ปิดห้องให้แน่นตลอดเวลา
   ง. เติมน้ำในพัดลมเพิ่มขึ้น
8. เกณฑ์ใดดีที่สุดในการประเมินว่าห้องเรียนเย็นสบายจริง
   ก. ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้
   ข. จำนวนชั่วโมงที่พัดลมทำงาน
   ค. ราคาของพัดลม
   ง. สีของพัดลม

สถานการณ์ที่ 3 รถยนต์ไฟฟ้า (EV) ในมหาวิทยาลัย

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยหลายแห่งเริ่มรณรงค์ให้ใช้รถยนต์ไฟฟ้า (EV) แทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน เพื่อช่วยลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ครูได้จัดนิทรรศการให้นักเรียนศึกษาการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า EV และการชาร์จพลังงาน นักเรียนสังเกตว่ารถยนต์ไฟฟ้า EV มีแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่ต้องใช้เวลาในการชาร์จนานกว่าการเติมน้ำมัน แต่สามารถลดมลพิษทางเสียงและไม่มีควันเสีย บางคนตั้งข้อสงสัยว่าหากไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จรถยนต์มาจากโรงไฟฟ้าที่ยังใช้น้ำมันหรือถ่านหิน จะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้จริงหรือไม่ อีกทั้งโรงเรียนยังต้องลงทุนติดตั้งสถานีชาร์จไฟพิเศษ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง การตัดสินใจว่าจะเปลี่ยนมาใช้รถยนต์ไฟฟ้า EV ทั้งหมดจึงต้องพิจารณาทั้งด้านสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่าย และความสะดวกของนักเรียนและบุคลากรในโรงเรียนด้วย

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้ตอบคำถามจากข้อ 9-12

9. ข้อดีหลักของ EV ต่อสิ่งแวดล้อมคืออะไร
   ก. การผลิตและการกำจัดแบตเตอรี่ลิเธียมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ารถใช้น้ำมัน
   ข. ลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไม่มีควันเสีย
   ค. EV มีเสียงเครื่องยนต์ที่เบากว่ารถยนต์ปกติ
   ง. ระหว่างขับ EV จะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศโดยตรง ทำให้ CO_2 ลดลงทันที
10. หากไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า EV มาจากพลังงานถ่านหิน ผลจะเป็นอย่างไร
   ก. รถยนต์ไฟฟ้า EV จะไม่สามารถวิ่งได้
   ข. ทำให้รถวิ่งเร็วขึ้น
   ค. ไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมเลย
   ง. จะยังคงมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากต้นทาง
11. หากโรงเรียนต้องการลดมลพิษอย่างแท้จริง ควรทำอย่างไร
   ก. ใช้ไฟฟ้าจากพลังงานสะอาด เช่น แสงอาทิตย์หรือลม
   ข. เลิกใช้รถทุกประเภท
   ค. เพิ่มจำนวนรถ EV โดยไม่เปลี่ยนแปลงระบบไฟฟ้า
   ง. ใช้รถน้ำมันคู่กับรถ EV สลับกัน
12. ควรประเมินความสำเร็จของโครงการ EV ในโรงเรียนจากเกณฑ์ใด
   ก. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมและการเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ลดลง
   ข. ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น
   ค. การลดลงของการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความพึงพอใจของผู้ใช้
   ง. จำนวนครั้งที่ชาร์จรถ

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ ง.8 ค่าเฉลี่ยการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4		
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1 เป็นไปตามผลการเรียนรู้	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	4
2.2 กระชับ	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
2.3 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่ายกับระดับชั้นของนักเรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6)	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
3.1 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
3.3 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยนักเรียน	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5
4.1 ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
4.2 นักเรียนเกิดทักษะการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นพบเห็นได้ในชีวิตจริงของนักเรียนหรือมีโอกาสเกิดขึ้นจริง	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	4

(ต่อ)

ตารางที่ ง.9 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4		
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4.3 เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะในการแก้ปัญหาการใช้เหตุผลในการวิเคราะห์และตัดสินใจ	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5
4.4 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการทำงานเป็นทีม และสามารถปรับตัวในการทำงานร่วมกับผู้อื่น	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
4.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4	4
5.1 สื่อมีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
5.2 เนื้อหามีความถูกต้องและเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
5.3 กระตุ้นความสนใจของนักเรียน	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	4
6.1 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
6.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5	4	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4
6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	4
6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5
6.5 เป็นการประเมินตามสภาพจริงโดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานความก้าวหน้าของนักเรียน	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5

(ต่อ)

ตารางที่ ง.10 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3			แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4		
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.65			4.61			4.62			4.58		
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.48			0.49			0.49			0.50		
แปลความหมาย	เหมาะสมมากที่สุด			เหมาะสมมากที่สุด			เหมาะสมมากที่สุด			เหมาะสมมากที่สุด		

จากตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมของอยู่ระหว่าง 4.58-4.4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.48-0.50 แปลความหมายได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผนมีความเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ง.11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง ของแข็งและของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

(ต่อ)

ตารางที่ ง.12 (ต่อ)

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	-1	+1	+1	1	0.33	ไม่ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

จากตารางที่ ง.2 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง ของแข็งและของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าข้อสอบมีค่าที่ IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 อยู่ในเกณฑ์ “ใช้ได้” สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดว่าสูงกว่า 0.60 ถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหา ยกเว้นข้อสอบข้อ 26 ที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.33 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 0.60 ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ข้อสอบ ข้อสอบที่ 26 ข้อ ตามคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ข้อสอบตามคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญ ให้ข้อสอบมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้

ตารางที่ ง.13 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ข้อสอบข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	แปลผล
1	0.48	0.43	ใช้ได้
2	0.45	-0.10	ไม่ได้
3	0.43	0.07	ใช้ได้
4	0.42	0.23	ใช้ได้
5	0.45	0.43	ใช้ได้
6	0.45	0.30	ใช้ได้
7	0.68	-0.17	ไม่ได้
8	0.42	0.23	ใช้ได้
9	0.55	0.23	ใช้ได้
10	0.53	0.33	ใช้ได้
11	0.50	0.07	ไม่ได้
12	0.45	0.30	ใช้ได้
13	0.78	0.45	ใช้ได้
14	0.55	0.30	ใช้ได้
15	0.48	0.30	ใช้ได้
16	0.52	0.30	ใช้ได้
17	0.43	0.20	ใช้ได้
18	0.80	0.10	ไม่ได้
19	0.47	0.33	ใช้ได้
20	0.43	0.13	ไม่ได้
21	0.38	0.50	ใช้ได้
22	0.55	0.23	ใช้ได้
23	0.52	0.23	ใช้ได้
24	0.43	0.33	ใช้ได้
25	0.52	0.37	ใช้ได้
26	0.50	0.33	ใช้ได้
27	0.52	0.50	ใช้ได้
28	0.50	0.40	ใช้ได้
29	0.55	0.30	ใช้ได้
30	0.52	0.37	ใช้ได้

จากตารางที่ ง.3 สรุปได้ว่า แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 ข้อ พบว่ามีค่าความยากรายข้อ (P_E) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.38–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าอยู่ระหว่าง -0.17–0.50 จากนั้นจึงทำการคัดเลือกแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จาก 30 ข้อ ให้เหลือเพียง 20 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20-0.50

ตารางที่ ง.14 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ ตามวิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method

ข้อสอบข้อที่	S_i^2
1	0.69
2	0.70
3	0.84
4	0.89
5	0.80
6	0.75
7	0.67
8	0.85
9	0.87
10	0.75
11	0.72
12	0.75
13	0.55
14	0.70
15	1.02
16	0.45
17	0.88
18	0.92
19	0.65
20	0.74
$\sum S_i^2$	**15.17**
S_t^2	**48.58**

หาค่าความเชื่อมั่นตามวิธี Cronbach's Alpha Coefficient Method

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม t

แทนค่าในสูตร

$$\alpha = \left[\frac{20}{20-1}\right]\left[1-\frac{15.17}{48.58}\right]$$

$$\alpha = 0.72$$

สรุปได้ว่า แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72

ตารางที่ ง.15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
สถานการณ์ที่ 1						
1.1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.4	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2						
2.1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.4	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3						
3.1	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
3.2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.3	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
3.4	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 4						
4.1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.4	-1	1	1	1	0.33	ไม่ได้
สถานการณ์ที่ 5						
5.1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5.2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5.3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5.4	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้

จากตารางที่ ง.5 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าข้อสอบมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 อยู่ในเกณฑ์ “ใช้ได้” สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดว่าสูงกว่า 0.60 ถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหา ยกเว้นข้อสอบข้อ 4.4 ที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.33 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 0.60 ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ข้อสอบตามคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญ ให้ข้อสอบมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้

ตารางที่ ง.16 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อสอบข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ค่าความยาก (p)	สรุปผล
สถานการณ์ที่ 1			
1.1	0.40	0.75	ใช้ได้
1.2	0.35	0.78	ใช้ได้
1.3	0.35	0.78	ใช้ได้
1.4	0.30	0.80	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2			
2.1	0.25	0.73	ใช้ได้
2.2	0.35	0.73	ใช้ได้
2.3	0.20	0.75	ใช้ได้
2.4	0.45	0.73	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3			
3.1	0.30	0.80	ใช้ได้
3.2	0.35	0.78	ใช้ได้
3.3	0.20	0.80	ใช้ได้
3.4	0.25	0.83	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 4			
4.1	0.05	0.68	ไม่ได้
4.2	0.35	0.68	ใช้ได้
4.3	0.05	0.83	ไม่ได้
4.4	0.00	0.80	ไม่ได้
สถานการณ์ที่ 5			
5.1	0.40	0.80	ใช้ได้
5.2	0.20	0.65	ใช้ได้
5.3	0.15	0.73	ไม่ได้
5.4	0.20	0.80	ใช้ได้

จากตารางที่ ง.6 สรุปได้ว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 5 สถานการณ์ มีค่าความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.65–0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.00-0.45 จากนั้นจึงทำการคัดเลือกแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 5 สถานการณ์ ให้เหลือเพียง 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 3 ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.65–0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20–0.45

ตารางที่ ง.17 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งฉบับตามวิธีของ Kuder-Richardson Methods

ข้อที่	p_i	q_i	p_iq_i
สถานการณ์ที่ 1			
1.1	0.75	0.25	0.19
1.2	0.78	0.23	0.17
1.3	0.78	0.23	0.17
1.4	0.80	0.20	0.16
สถานการณ์ที่ 2			
2.1	0.73	0.28	0.20
2.2	0.73	0.28	0.20
2.3	0.75	0.25	0.19
2.4	0.73	0.28	0.20
สถานการณ์ที่ 3			
3.1	0.78	0.23	0.17
3.2	0.75	0.25	0.19
3.3	0.75	0.25	0.19
3.4	0.83	0.18	0.14
$\sum p_iq_i$	2.18		
k	12		
S_t^2	5.29		

หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson Methods ดังนี้

$$KR-20=\left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum p_iq_i}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ $KR-20$ แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่ม

k แทน จำนวนข้อสอบ

p_i แทน สัดส่วนของการตอบถูกในข้อ i

q_i แทน สัดส่วนของการตอบผิดในข้อ i หรือ 1- p_i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม (t)

แทนค่าในสูตร

$$KR-20=\left[\frac{12}{12-1}\right]\left[1-\frac{2.18}{5.29}\right]$$

$$KR-20=0.64$$

สรุปได้ว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.64

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

อนุธิดา เทิงสูงเนิน และไพศาล วรคำ (2569) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 9*(2), กรกฎาคม-ธันวาคม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวอนุธิดา เทิงสูงเนิน

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2569 ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม