ผลการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

นางสาวฐายิกา ชูสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2559

The Effects of Teaching Physics by STEM Approach in the Topic of Light on Science Process Skills and Scientific Attitudes of Mathayom Suksa V Students of Middle Sized Secondary Schools in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

Miss Thayika Choosuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2016

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ชื่อและนามสกุล	นางสาวฐายิกา ชูสุวรรณ
วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์
	2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ์)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมคิด พรมจุ้ย)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผู้วิจัย นางสาวฐายิกา ชูสุวรรณ **รหัสนักศึกษา** 2582000051 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ์ **ปีการศึกษา** 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง และ (2) เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนดังกล่าว ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียน การสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 38 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์
การจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

Thesis title: The Effects of Teaching Physics by STEM Approach in the Topic of Light on Science Process Skills and Scientific Attitudes of Mathayom Suksa V Students of Middle Sized Secondary Schools in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province
Researcher: Miss Thayika Choosuwan; **ID:** 2582000051;
Degree: Master of Education (Curriculum and Instruction);
Thesis advisors: (1) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor;
(2) Dr. Duongdearn Pinsuwan, Assistant Professor;
Academic year: 2016

Abstract

The purposes of this research were (1) to compare science process skills of Mathayom Suksa V students of middle sized secondary schools in Phra Nakhon Si Ayutthaya province before and after learning under learning management with the use of STEM approach in the topic of Light; and (2) to compare scientific attitudes of the students before and after learning under learning management with the use of STEM approach in the topic of Light.

The research sample consisted of 38 Mathayom Suksa V students at Bang Sai Witthaya School in Phra Nakhon Si Ayutthaya province, obtained by cluster random sampling. The employed research instruments were learning management plans using STEM approach in the topic of Light, a scale to assess science process skills, and a scientific attitudes assessment scale. The statistics used for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

The research findings were that (1) the post-learning science process skills of Mathayom Suksa V students of middle sized secondary schools in Phra Nakhon Si Ayutthaya province, who learned under the learning management with the use of STEM approach were significantly higher than their pre-learning science process skills at the .05 level; and (2) the post-learning scientific attitudes of the students who learned under the learning management with the use of STEM approach were significantly higher than their pre-learning scientific attitudes at the .05 level.

Keywords: Science process skills, Scientific attitude, STEM approach

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา ช่วยเหลือ แนะนำ และให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นินนาท จันทร์สูรย์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว กรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ยิ่ง ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และได้กรุณาปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำแนะนำในการสร้างเครื่องมือให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งบุคคลที่ผู้วิจัยได้อ้างอิงทางวิชาการตามที่ปรากฏในบรรณานุกรม

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารโรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ครูทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ นายมนตรี ชูสุวรรณ นางนาม ชูสุวรรณ สามีและญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาแขนงวิชาหลักสูตรและการสอน ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและส่งเสริมกำลังใจตลอดมา นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทีแด่บิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ฐายิกา ชูสุวรรณ

ตุลาคม 2560

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
คำถามวิจัย 3
สมมติฐานการวิจัย 4
กรอบแนวคิดการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8
การสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม 9
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 19
เจตคติทางวิทยาศาสตร์ 34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 44
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 44
การเก็บรวบรวมข้อมูล 51
การวิเคราะห์ข้อมูล 52
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยาอำเภอบางไทร
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรม
การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม
เรื่อง แสง 54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง 57
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 59
สรุปการวิจัย 59
อภิปรายผล 61
ข้อเสนอแนะ 64
บรรณานุกรม 65
ภาคผนวก 68
ก แผนจัดการเรียนรู้รูปแบบ STEM 69
ข แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 118
ค แบบวัดเจตคติทาวิทยาศาสตร์ 128
ง การหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 131
จ รายนามผู้เชี่ยวชาญ 141
ประวัติผู้วิจัย 143

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมบ่งชี้ 27
ตารางที่ 2.2 พฤติกรรมบ่งชี้ของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 37
ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายร้อยละคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 45
ตารางที่ 3.2 กิจกรรมการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบสะเต็ม 46
ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ การสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็ม 47
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน 54
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในแต่ละด้าน (n = 38) 55
ตารางที่ 4.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 38) 56
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 38) 57
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในแต่ละด้าน (n = 38) 57
ตารางที่ 4.6 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนการเรียนและหลังการเรียน ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 38) 58

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 4

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระทรวงศึกษาธิการมีหน้าที่หลักในการจัดการศึกษา โดยได้กำหนดแผนการปฏิรูปการศึกษาทั้งระบบ (พ.ศ. 2558–2564) เพื่อพัฒนากำลังคนให้มีขีดความสามารถและศักยภาพในการแข่งขันบนเวทีโลก มีแผนการผลิตและพัฒนากำลังคนเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน ที่เน้นการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม การสร้างองค์ความรู้ใหม่และนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของชาติ (พ.ศ. 2557) ที่ให้ความสำคัญในการพัฒนาคนอย่างยั่งยืน รัฐบาลให้ความสำคัญต่อการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐานในการพัฒนาประเทศ โดยร่วมกับโรงเรียนในส่งเสริมการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ผลิตกำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติ อีกทั้งการเตรียมนักเรียนให้พร้อมกับชีวิตในศตวรรษที่ 21 เป็นเรื่องสำคัญของกระแสการปรับเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ที่จะส่งผลต่อวิถีการดำรงชีพของสังคมอย่างทั่วถึง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เด็กในศตวรรษที่ 21 นี้ มีความรู้ ความสามารถ และทักษะจำเป็น ซึ่งเป็นผลจากการปฏิรูปเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการเตรียมความพร้อมด้านต่างๆ ตามแผนการปฏิรูปการศึกษาทั้งระบบ (พ.ศ.2558–2564) ยังเน้นการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมนักเรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 (สสวท., 2558, น. 3) กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ในรูปแบบโครงงานหรือการพัฒนานวัตกรรมสามารถสร้างเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ถ้าครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน เรียนรู้การหาที่ติ ฝึกคิดวิเคราะห์ หาที่ชมหรือเสนอวิธีการใหม่ ฝึกคิดเชิงสร้างสรรค์ เป็นจัดการเรียนการสอนเข้าใกล้แนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้น

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2558, น. 16) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษาไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง สะเต็มศึกษา จึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558, น. 3) สะเต็มศึกษาเป็นการต่อยอดหลักสูตรที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรม เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเป็นการฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การเรียนรู้ตามแนวคิดนี้สอดคล้องกับนโยบายแผนการผลิตและพัฒนากำลังคน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันด้านสาขาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม นักเรียนที่ได้พัฒนาทักษะทางด้านวิชาเหล่านี้จะส่งผลถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น. 12) กล่าวว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึงความรู้สึกนึกคิดที่ได้จากการกระทำในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดี จะเห็นได้ว่าการสอนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม นำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง มักเน้นการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าและเลือกอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มในอนาคต

นอกจากนี้จากการประเมินจากข้อสอบวัดมาตรฐานการเรียนรู้ต่างๆ เช่น PISA (Programme for Internationl Student Assessment) ซึ่งดำเนินการโดยองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น. 2) กล่าวว่าผลการตอบข้อสอบวิทยาศาสตร์ จำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ PISA 2015 มี 3 ด้าน 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการแปลความหมายข้อมูล 3) การใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการตอบข้อสอบพบว่านักเรียนทำข้อสอบในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้มากที่สุด (39.1%) ส่วนด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่นักเรียนทำข้อสอบได้น้อยกว่าสมรรถนะอื่น ๆ (33.2%) เมื่อเปรียบเทียบกับ PISA 2012 จะเห็นว่าใน PISA 2015 นักเรียนทำข้อสอบได้ในสัดส่วนที่น้อยลงในทุกสมรรถนะ ซึ่งข้อมูลผลของ PISA เป็นตัวบ่งชี้หนึ่งในการจัดลำดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

จากผลคะแนน PISA ที่ลดลงตั้งแต่ปี 2012-2015 ของโรงเรียนขนาดกลางในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนยังมีขาดทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา และจากการสำรวจสถิติจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแรกเข้าห้องเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ของโรงเรียนขนาดกลางในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 จำนวนนักเรียนที่เรียนสายวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์น้อยลงทุกปี จากการสอบถามนักเรียน พบว่านักเรียนเห็นวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องไกลตัว มองเป็นวิชาที่ยากและคิดว่าไม่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้ขาดแรงบันดาลใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เมื่อความสนใจลดลงส่งผลต่อความรู้สึกที่ต้องการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมที่ฝึกฝนเกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่ออาชีพที่เลือกเรียนในอนาคตของนักเรียน มีผลให้แรงงานในอนาคตขาดนักเรียนที่เรียนต่อทางด้านสายสะเต็ม ศึกษา ซึ่งจะไม่สอดรับกับนโยบายของรัฐบาล วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์ และ อาทร นกแก้ว (2556, น. 23) กล่าวว่านักเรียนแต่ละคนไม่เหมือนกันในมิติต่างๆ และจุดหมายของการเรียนรู้ สะเต็ม คือการเรียนเพื่อให้เข้าใจและนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้

ปัญหาที่พบผู้วิจัยเลือกวิธีการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มนำมาจัดกิจกรรมการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5* โรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อเพิ่มเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน โดยผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม มีความสอดคล้องต่อปัญหาที่ผู้วิจัยพบขณะสอน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน อย่างแรกเพื่อสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นการเพิ่มความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการมีพฤติกรรมในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง และจากการศึกษาเอกสารรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี *(*2558*)* นิตยา ภูผาบาง (2559) ประภาณี ราญมีชัย (2558) ณัฏชยานันต์ เกตุศรีศักดา (2559) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และการสอนนี้ยังสอดคล้องกับความต้องการเปลี่ยนแปลงไปและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 บนฐานความรู้ทางเทคโนโลยี การเพิ่มความแข็งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

2.2 เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

3. คำถามวิจัย

3.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน วิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง หรือไม่

3.2 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง หรือไม่

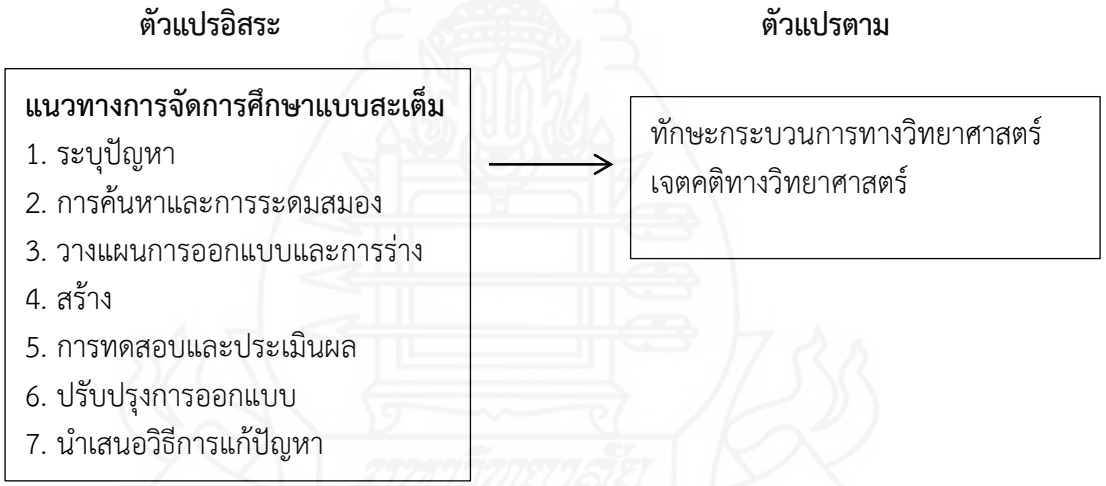
4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

4.2 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปแนวคิดของการวิจัยดังภาพประกอบ



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

6. ขอบเขตการวิจัย

6.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 253 คน จาก 9 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนบางปะหัน โรงเรียนอุทัย โรงเรียนนครหลวง โรงเรียนลาดบัวหลวง โรงเรียนวิเชียร โรงเรียนวังน้อย โรงเรียนบางไทร โรงเรียนบางปะอิน โรงเรียนบางซ้าย

6.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปีการศึกษา 2559 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

6.3 เนื้อหาสาระ

เนื้อหาสาระที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ วิชาฟิสิกส์ เรื่องแสง เป็นเรื่องที่อยู่ในหลักสูตรกลุ่ม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนบางไทรวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2559 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2559 เป็นกรอบในการเลือกปัญหาหรือหัวข้อในการสอบถามการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง โดยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ประกอบด้วย 4 แผนการเรียนรู้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การหักเหของแสง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แสงสี

6.4 ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาในการทดลอง คือ เวลา 16 ชั่วโมง

6.5 ตัวแปรที่ศึกษา

6.5.1 ตัวแปรอิสระ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

6.5.2 ตัวแปรตาม

1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) เจตคติทางวิทยาศาสตร์

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 การจัดการเรียนการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

การเรียนจัดการเรียนรู้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการของกลุ่มสาระวิชาต่างๆ โดยวิชาแกนหลักคือ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) สามารถสอนได้ทุกระดับชั้น โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เพื่อมุ่งเน้นแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือ วิธีการการแก้ปัญหา โดยเน้นการทำงานเป็นทีม ซึ่งอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ การสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เป็นการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิดและวางแผน โดยใช้กระบวนการอย่างเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ เจตคติ ด้านทักษะกระบวนการ ด้านความรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือการสอนแบบใช้ขั้นตอนการออกแบบวิศวกรรม มี 7 ขั้นตอน คือ ระบุปัญหา การค้นหาและการระดมสมอง วางแผนการออกแบบและการร่าง สร้าง การทดสอบและประเมินผล ปรับปรุงการออกแบบ นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 1: ระบุปัญหา การทำความเข้าใจปัญหาวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา

ขั้นที่ 2: การค้นหาและการระดมสมอง การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3: วางแผนการออกแบบและการร่าง การประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4: สร้าง การกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่

ขั้นที่ 5: การทดสอบและประเมินผล ประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ

ขั้นที่ 6: ปรับปรุงการออกแบบ การปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 7: นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา การนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาเพื่อการพัฒนาต่อไป

7.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้า ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ที่ได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดพฤติกรรมที่ชำนาญในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ โดยทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย และทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะที่ *9-13* เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7.3 เจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่แสดงออกมาในรูปพฤติกรรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทำให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความอดทน มุ่งมั่นการมีใจกว้าง ยอมรับความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัย และกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ เจตคติทางวิทยาศาสตร์วัดได้โดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 เป็นแนวทางในการปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนากกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

8.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์โรงเรียนมัธยมขนาดแหล่งอื่นๆ

8.3 เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็มต่อไป

8.4 ผู้บริหารใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมหรือช่วยเหลือครูวิทยาศาสตร์ให้จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ด้วยเรื่อง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม
    1.1 ความหมายของการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม
    1.2 ความหมายของแต่ละวิชาในสะเต็ม
    1.3 ระดับการบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่ชั้นเรียน
    1.4 กระบวนการจัดการเรียนการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม
    1.5 การวัดและการประเมินผลสะเต็ม ศึกษา
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    2.1 ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    2.3 พฤติกรรมที่บ่งชี้ผู้ที่เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    2.4 การวัดและการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์
    3.1 ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์
    3.2 ลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์
    3.3 การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์
    3.4 การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยในประเทศ
    4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

1.1 ความหมายของการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558, น. 155) ได้ให้ความหมายการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์, อาทร นกแก้ว (2556, น. 10) แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เป็นนโยบายด้านการศึกษาหรือรูปแบบหลักสูตรเพื่อจัดการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในแนวทางแบบบูรณาการข้ามศาสตร์หรือข้ามสาขาวิชา ซึ่งศาสตร์แกนหลักของสะเต็ม คือวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics) สะเต็ม เป็นแนววิธีการศึกษาที่ต้องมีการเชื่อมโยง (Link or Connect) ระหว่างศาสตร์และสิ่งที่เกิดขึ้นในโลก เป็นการเชื่อมต่อระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ และมีการบูรณาการ (Integration) อย่างเหมาะสมสะเต็ม ที่เน้นการสร้างหรือหาคำตอบ (Creation) แบบสืบเสาะ (Inquiry based approach) โดยเน้นที่การทำงานเป็นทีมเพื่อการเรียนรู้ (Collaborative learning)

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, น. 35) สะเต็มศึกษา หรือสะเต็ม Education เป็นคำย่อมจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มีการเรียนการสอนควรมีการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาให้มากขึ้นและมีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต สะเต็มศึกษาการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และสามารถนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม การทำกิจกรรมหรือโครงงานสะเต็มไม่ได้จำกัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี แต่สามารถนำความรู้ในวิชาอื่น เช่น ศิลปะ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ สุขศึกษา พลศึกษา มาบูรณาการได้อีก

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2558, น. 16) สะเต็มศึกษา คือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง สะเต็มศึกษา จึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น. 49) แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มคือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

ซาร์ฮิน (2015, p. 10) การศึกษาต้นเป็นวิธีการแบบสหวิทยาการเพื่อการเรียนรู้ที่แนวความคิดทางวิชาการควบคู่ไปกับบทเรียนที่แท้จริงของโลกขณะที่นักเรียนใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในบริบทที่ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างโรงเรียนชุมชนการทำงานและองค์กรทั่วโลก

สมชาย พัฒนาชวนชม (2557, น.25) กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็ม (Science Technology Engineering Mathematics) เป็นการผนวกความรู้ศาสตร์ ทางวิทยาศาสตร์ (S) คณิตศาสตร์ (M) และเทคโนโลยี (T) เพื่อ เป็นพื้นฐานความรู้นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหา (E) เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงการทำโครงงานในโรงเรียนหรือปัญหา จริงที่เกิดกับตัวผู้เรียนหรือท้องถิ่นของผู้เรียนเอง การนำความ รู้มาใช้แก้ปัญหาจึงมีความหมายต่อผู้เรียนโดยตรง ทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับในห้องเรียนกับการนำมาประยุกต์ ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ทั้งในห้องเรียนและในชีวิตจริง

สุวินัย มงคลธารณ (2557, น. 39)สะเต็ม ย่อมาจากคำว่า Science Technology Engineering และ Mathematics นั่นคือการนำศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการเรียนรู้โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยสสวท. มุ่งเน้นส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อเข้าใจ แก้ไขปัญหา และพัฒนา สิ่งประดิษฐ์หรือคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ ผ่านการทำกิจกรรมโครง งานวิทยาศาสตร์หรืองานวิจัยเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ ที่นำไปสู่นวัตกรรมที่นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล (2557, น. 9) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) แต่หลายคน นำความรู้ทางวิศวกรรมจะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในการสร้างสรรค์หรือพัฒนาชิ้นงานหรือปรับปรุงระบบต่าง ๆ ที่เป็นความต้องการของมนุษย์ วิศวกรจะอาศัยกระบวนการคิดและ ตัดสินใจอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ความรู้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายสะเต็มเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

ผู้วิจัยสรุปได้ว่าความหมายของการเรียนจัดการเรียนรู้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการของกลุ่มสาระวิชาต่างๆ โดยวิชาแกนหลักคือ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) สามารถสอนได้ทุกระดับชั้น โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เพื่อมุ่งเน้นแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือ วิธีการการแก้ปัญหา โดยเน้นการทำงานเป็นทีม ซึ่งอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ การสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เป็นการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิดและวางแผน โดยใช้กระบวนการอย่างเป็นขั้นตอน ที่ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ เจตคติ ด้านทักษะกระบวนการ ด้านความรู้

1.2 ความหมายความหมายของแต่ละวิชาในสะเต็ม

พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส และ ชาญชัย ลิมปิยาภร (2558, น. 2) สะเต็มเป็นการบูรณาการความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities)

2. เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา ผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี

3. วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิด สร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับนักศึกษาโดยใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

4. คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับ จำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ

การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิดและวางแผน โดยใช้กระบวนการอย่างเป็นขั้นตอน ที่ครอบคลุม 3 ด้านได้แก่

1. ด้านเจตคติ (Attitude) ผู้สอนจะต้องสร้างให้ผู้เรียนมีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน อยากรู้ อยากเห็น อยากค้นคว้า

2. ด้านทักษะกระบวนการ (Process Skills) ฝึกให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกการสังเกต ฝึกตั้งคำถามเพื่อนำมาสู่ปัญหา ฝึกตั้งสมมติฐาน ฝึกการวางแผน ออกแบบการทดลอง ฝึกทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ สรุปผล และนำเสนอได้

3. ด้านความรู้ (Knowledge) ผู้เรียนจะเกิดองค์ความรู้ในสิ่งที่ได้ศึกษา

เขมวดี พงศานนท (2557, น. 57) ความหมายของแต่ละวิชาในสะเต็ม

1. Technology literacy ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์

2. Engineering literacy ความเข้าใจการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่ กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

3. Mathematics literacy ความสามารถในการวิเคราะห์ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่ แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

4. Science literacy ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลกอวกาศดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชาและมีทักษะในการปฏิบัติการ เชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดเป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานตรวจสอบได้

สุวินัย มงคลธารณ (2557, น. 39) ได้กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอนสะเต็ม

1. วิทยาศาสตร์ (S)
   1.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
   1.2 การคิดอย่างมีเหตุและผล
   1.3 กระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สำรวจ สังเกต ตั้งคำถาม
   1.4 วางแผน วิเคราะห์แปลผล สรุปและอภิปรายผล)
2. เทคโนโลยี (T)
   2.1 เครื่องมือ/อุปกรณ์ (Hardware)
   2.2 วิธีการ (Software) ฯลฯ
3. คณิตศาสตร์ (M)
   3.1 รูปแบบ/แบบรูป
   3.2 การคำนวณ
   3.3 หลักสถิติ ฯลฯ
4. วิศวกรรมศาสตร์ (E)
   4.1 การออกแบบ
   4.2 การคิดอย่างเป็นขั้นตอน/กลไก ฯลฯ

   4.3 สิ่งประดิษฐ์/นวัตกรรมใหม่ชิ้นงานใหม่
   4.4 วิธีการจัดการแนวใหม่

1.3 ระดับการบูรณาการสะเต็ม ศึกษาสู่ชั้นเรียน

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558, น, 155) อ้างถึง เขมวดี พงศานนท์ (2557) ระดับการบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่ชั้นเรียน

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) หมายถึง ผู้สอน จัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา

(Contents) และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์วิชาทางเทคโนโลยีวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์และวิชาทางคณิตศาสตร์

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) หมายถึง ผู้สอน จัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์วิชาทางเทคโนโลยีวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์และวิชาทางคณิตศาสตร์แต่ได้มีการกำหนดหัวข้อหลัก (theme) หรือหัวข้อเรื่องที่จะจัดการเรียนรู้เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียน มองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจับคู่หรือตั้งทีมงานช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกันเป็นการรวมกันมากกว่า1 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans disciplinary) หมายถึง ผู้สอน ทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่างๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชาได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, น. 35) กล่าวว่ากระบวนการวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา มีลักษณะคล้ายกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือการออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมิใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด ในขณะที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักมุ่งไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

ดารารัตน์ ชัยพิลา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2016, น. 96) ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม Education นอกจากจะใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานแล้ว ยังสามารถใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) และกิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้การออกแบบเป็นฐาน (design based learning) ได้

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล (2557, น. 9) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนั้นมีหลายขั้นตอนซึ่ง อาจมี 5 ขั้นตอน 8 ขั้นตอน หรืออาจไม่ได้ระบุจำนวนขั้นตอน แต่เมื่อพิจารณารายละเอียดของแต่ละขั้นตอนพบว่า ในภาพรวม จะมีความคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันเพียงรายละเอียดของ บางลำดับขั้นตอนเท่านั้น เนื่องด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่ช่วยในการตัดสินใจลงมือแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยอยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายศาสตร์ การนำกระบวนการนี้มาใช้ในห้องเรียนย่อมเป็นการช่วยฝึกทักษะการแก้ ปัญหาของผู้เรียน โดยฝึกให้คิดอย่างเป็นระบบมากขึ้น

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา (2559) ได้มีการกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ในรูปแบบของสะเต็มศึกษา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (Science+Math & Technology)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรม (Engineering)

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่พัฒนาได้(Engineering)

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม (แต่ละชั้นปีจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้)

สุรัชน์ อินทสังข์ (2557, น. 19) เพื่อให้มี T และ E อยู่ในกิจกรรมด้วยจึงได้นำกระบวนการเทคโนโลยี มาเป็นตัวนำทาง กระบวนการเทคโนโลยี (อ้างอิงสาขาออกแบบและเทคโนโลยี) มี 7 ขั้นตามลำดับดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหาหรือความต้องการ (Identify)
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information gathering)
3. ขั้นเลือกวิธีการ (Selection)
4. ขั้นออกแบบและปฏิบัติการ (Design and making)
5. ขั้นทดสอบ (Testing to see if it works)
6. ขั้นปรับปรุงแก้ไข (Modification and improvement)
7. ขั้นประเมินผล (Assessment)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย

1. บอกปัญหาความต้องการ (Identify the Problem, Needs, or Preference)
2. รวบรวมข้อมูล ตรวจสอบเอกสารหาความเป็นไปได้ (Information Gathering to Develop Possible Solutions)
3. เลือกวิธีการ สิ่งทั้งหลายต้องมีที่ดีที่สุด (Selection of the Best Possible Solutions)
4. ออกแบบเพื่อสร้าง (Designing and Making or Doing)
5. ตรวจตามอ้างใช้ได้ไหม (Testing to see if it works)
6. ปรับปรุงแก้ไขทำให้ดี (Modifications and Improvement)
7. สุดท้ายที่การประเมิน (Assessment)

Robert M. Capraro, Mary Margaret Capraro and James R. Morgan (2015, น. 30) “STEM Project-based learning”

ขั้นตอนการออกแบบวิศวกรรม

Step 1: Identify Problem and Constraintsu (เสาะหาความท้าทาย)

Step 2: Research (ค้นหา)

Step 3: Ideate (จินตนาการ)

Step 4: Analyze Ideas (วิเคราะห์ความคิด)

Step 5: Build (สร้าง)

Step 6: Test and Refine (ทดสอบและปรับแต่ง)

Step 7: Communicate and Reflect (การติดต่อสื่อสารและสะท้อนให้เห็นถึง)

Carla C. Johnson, Erin E. Peters-Burton and Tamara J. Moore (2556, น. 253-255)

ขั้นตอนการออกแบบวิศวกรรม

Step 1: Identify the Problem ระบุปัญหา

Step 2: Research and Brainstorm การวิจัยและการระดมสมอง

Step 3: Plan, design and sketch วางแผนการออกแบบและการร่าง

Step 4: Build สร้าง

Step 5: Test and evaluate การทดสอบและประเมินผล

Step 6: Improve the design ปรับปรุงการออกแบบ

Step 7: Present solution วิธีการแก้ปัญหาในปัจจุบัน

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559, น. 58) สะเต็มศึกษา : คาถา 5 ข้อ

1. สิ่งประดิษฐ์เดิมคืออะไร

2. สิ่งประดิษฐ์เดิมมีข้อด้อยอะไรที่ต้องการแก้ไข เราเลือดแก้อะไรเพราะอะไร

3. มีหลักการอะไรบ้างที่ใช้แก้ข้อด้อย เราเลือกหลักการใดเพราะอะไร

4. เราจะประยุกต์เข้าสู่สิ่งประดิษฐ์ของเราได้อย่างไร

5. เราจะพิสูจน์ได้อย่างไรว่าสิ่งประดิษฐ์ของเราดีกว่าเขาผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ใช้การสอนแบบการออกแบบวิศวกรรม

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนการออกแบบวิศวกรรมของ Robert M. Caprago, Mary Margaret Capraro and James R. Morgan และผนวกกับคำถาม 5 ข้อของ อาจารย์สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ ได้ทั้งหมด 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1: Identify the Problem ระบุปัญหา

การทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2: Research and Brainstorm การค้นหาและการระดมสมอง

การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3: Plan, design and sketch วางแผนการออกแบบและการร่าง

การประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ร่างหรือวาดภาพออกแบบ (อาจจะมีแบบร่างมากกว่าหนึ่งแบบ)

ขั้นที่ 4: Build สร้าง

การกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่

ขั้นที่ 5: Test and evaluate การทดสอบและประเมินผล

การทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ

ขั้นที่ 6: Improve the design ปรับปรุงการออกแบบ

การปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 7: Present solution นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

การนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

1.5 การวัดและการประเมินผล

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล (2557, น. 9) เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อมูลส่วนนี้จะแสดงไว้ในใบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนทราบ ถึงเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตัดสินผล เพื่อเป็นข้อมูลประกอบ การตัดสินใจในการแก้ปัญหา นอกจากการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรมแล้ว ในกิจกรรมนี้จะให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจนำเสนอ ตามลำดับขั้นซึ่งได้ดำเนินการตามใบกิจกรรม เพื่อเป็นการ ตรวจสอบความคิด และเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ร่วมกัน ซักถามหรืออภิปราย รวมทั้งครูสามารถให้คำแนะนำกับนักเรียน ในประเด็นที่ยังเป็นข้อบกพร่องได้อีกด้วย

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559) แนวทางการวัดและประเมินผลสะเต็ม ศึกษา

1. ใช้รูปแบบการประเมินที่หลากหลาย ทั้ง formative และ summative
2. มุ่งเน้นทั้งเนื้อหาและทักษะ
3. เน้นกระบวนการมากกว่าผลงาน

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ กล่าวว่า การวัดผลและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษานั้นเน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและตัวผู้สอน ที่จะได้รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใดที่ควรจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงกัน เรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริง

การประเมินตามสภาพจริง คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน กับการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือ สร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการ

ทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ ปรับการประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลายๆด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1. การประเมินผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลายหลายวิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลายๆด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่สมุดประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำ ความรู้อะไรได้บ้าง

3. การประเมินที่มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่างๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

4. การประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลายๆด้านและหลายหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่จะให้การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมาย ของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

2. การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ

ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่างๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถคือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมสถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การมอบหมายงานให้ทำ งานที่มอบหมายให้ต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2. การกำหนดชิ้นงานหรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงาน จะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความตกลงร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

3. การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า

4. การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนโรงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

5. การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบ เนื่องจากมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีความจำเป็น เนื่องจากใช้วัดความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่างๆได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังคงใช้แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วย โดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ แต่จะมุ่งเน้น ประเมินด้านความเข้าใจการนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนต่อ และสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

3. แนวการประเมินตามสภาพจริง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการประเมินตามสภาพจริงให้ความสำคัญต่อการประเมินโดยใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบน้อยมากแต่จะให้ความสำคัญต่อการแสดงออกที่แท้จริงของผู้เรียนขณะทำกิจกรรมงานหรือกิจกรรมที่กำหนดให้ผู้เรียนทำซึ่งมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงาน และมีวิธีการหาคำตอบ หลายแนวทาง คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่แนวทางที่กำหนดไว้เสมอ จึงทำให้การตรวจ ให้คะแนนไม่สามารถให้อย่างชัดเจนแน่นอนเหมือนการตรวจให้คะแนนแบบข้อสอบเลือกตอบ ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงจึงต้องมีแนวการกำหนด แนวทางการให้คะแนนอย่างชัดเจน การกำหนดแนวทางอาจจัดทำโดยครู คณะครู หรือครูและผู้เรียนกำหนดร่วมกัน แนวทางการประเมินนาฬิกาต้องมีมาตรวัดว่าผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จและระดับความสำเร็จอยู่ในระดับใด แนวทางการประเมินที่มีมาตรวัดนี้เรียกว่ารูบิค

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความหมายต่างกันหลายประการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 76) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝน นึกคิดอย่างมีระบบซึ่งก่อให้เกิดคามงอกงามทางสติปัญญา

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551, น. 28) ความสามารถและความชำนาญในการใช้ความคิดและกระบวนการคิดเพื่อค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ การคิดลักษณะนี้เป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual skill) ซึ่งเป็นการทำงานของสมอง และไม่ใช่ทักษะที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิบัติการต่างๆ (Psychomotor หรือ Hands-on skill)

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2557, น. 355) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมที่เกิดจากการคิด เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น สามารถแสดงออกได้จากการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ในชั้นเรียนได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข (2548, น. 9) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถและความชำนาญในการใช้ความคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมถึงการแก้ปัญหา เป็นการทำงานของสมองที่ใช้คิดทั้งการคิดพื้นฐานและการคิดที่ซับซ้อน เช่น การฟัง การอ่าน การสังเกต การระบุ การจำแนก การเปรียบเทียบ การลงข้อสรุป การวิเคราะห์ การ ตั้งสมมติฐาน การพยากรณ์ การตีความ และการสรุปความ

จุฑาภรณ์ อุมาสะ (2556, น. 29) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนทางกระบวนการคิด เพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงต้องปลูกฝังนักเรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็น แก้ปัญหาเป็น

ทัศนีย์ ผลเศรษฐี (2555, น. 29) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการทำงานศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นขั้นตอน มีระเบียบแบบแผนเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ความเข้าใจเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกปฏิบัติและการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ

วราภรณ์ สีดำ (2550, น. 38) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงพฤติกรรมที่ใช้ในการสอบแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการคิดเพื่อค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างคล่องแคล่วและชำนาญโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะตามแนวของสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนด

ผู้วิจัยสรุปได้ว่าความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงทักษะทางสติปัญญาที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้า ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ที่ได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดพฤติกรรมที่ชำนาญในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สสวท. (2556, น. 7) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 14 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา การคำนวณ การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลการลงข้อสรุป และการสร้างแบบจำลอง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, น .8) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการคิดที่ใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนัก ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภทคือ โดยทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มีรายละเอียดดังนี้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและการผสมผสานรวม 13 ทักษะมีรายละเอียดตามที่พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537, น. 18) นำเสนอไว้ดังนี้

1. การสังเกต เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมเข้ากัน การไปสัมผัสปรากฏการณ์ต่างๆ โดยตรงโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย เพราะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่ได้ที่สังเกตได้เป็นการอธิบายหรือตีความหมายของสิ่งที่สังเกตซึ่งต้องใช้ประสบการณ์เดิมของผู้สังเกต

2. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา วัตถุจะต้องมีที่อยู่ นั่นคือสเปสของวัตถุ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุหนึ่งกับสเปสของอีกวัตถุหนึ่ง เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ สเปสของวัตถุ คือ ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ซึ่งจะมีรูปร่างเหมือนวัตถุนั้น ดังนั้น สเปสของวัตถุที่มีรูปร่าง 3 มิติคือ ความกว้าง ความยาว และความสูง การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา คือ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุแนวกับสเปสของอีกวัตถุหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา คือ การที่สเปสของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

3. การจำแนกประเภท เป็นความสามารถในการจำแนก จัดจำแนกเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ธรรมชาติออกเป็นหมวดหมู่โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนกซึ่งอาจเป็นความเหมือนความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยจัดให้สิ่งที่มีคุณสมบัติเหมือนกันอยู่กลุ่มเดียวกัน เช่น การจำแนกพืชการจำแนกสัตว์ การจัดตารางธาตุ การจำแนกสสาร การจำแนกประเภทจะทำได้โดยการตั้งเกณฑ์แล้วใช้เกณฑ์

4. การคำนวณ โดยการใช้ตัวเลขเป็นการนำจำนวนที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัดและการทดลองมาสัมพันธ์กันเพื่อหาค่าใหม่ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย เป็นต้น โดยมีเกณฑ์ในการคำนวณและการประมาณค่าตามหลักวิชาคณิตศาสตร์

5. การวัด เป็นภาษาอย่างหนึ่งในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่บอกรายละเอียดได้แน่นอนโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ข้อมูลที่ได้จากการวัดต้องมีหน่วยมาตรฐานกำกับไว้เสมอ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันวิทยาศาสตร์ใช้หน่วยมาตรฐานระบบ SI (international system of unit) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีมากมายตั้งแต่ไม้บรรทัดไปจนถึงเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เป็นต้น การใช้เครื่องมือวัด

ต้องมีทักษะเพื่อให้ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว การเลือกใช้เครื่องมือสำหรับความต้องเลือกให้เหมาะสม เช่น ไม่ใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของถนน เป็นต้น

6. การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล เป็นความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จาก การสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น มาจัดกระทำโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น เรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้น เช่น นำเสนอในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ เป็นต้น การสื่อความหมายของข้อมูลนั้นทำได้หลายแบบ การเลือกใช้แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล วัตถุประสงค์ของงานที่จะศึกษา ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการตีความหมายข้อมูลและสรุปผลต่อไป

7. การลงความเห็นจากข้อมูล เป็นความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม ข้อมูลอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายมา โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์ของผู้สังเกตที่พยายามโยงความรู้หรือประสบการณ์ให้สัมพันธ์กับข้อมูลอาจมีคำอธิบายข้อมูลแตกต่างกันได้ส่วนการจะตัดสินใจว่าการลงความเห็นใดถูกต้องที่สุดหรือสมเหตุสมผลที่สุด ก็จะต้องตรวจสอบหาหลักฐานหรือข้อมูลอื่นประกอบด้วย

8. การพยากรณ์ เป็นความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือใช้ความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยอธิบาย

9. การตั้งสมมติฐาน เป็นความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งคาดว่าเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนดำเนินการทดลอง และจะตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของเรื่องนั้นต่อไป สมมติฐานเป็นการคาดคะเนจึงเป็นคำอธิบายที่ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยการสังเกตข้อความของสมมติฐานซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการทดลอง และแก้ไขเมื่อพบว่าไม่ถูกต้องหรือได้ความรู้ใหม่แล้ว สมมติฐานนั้นอาจผิดทั้งหมดหรือถูกทั้งหมดหรือถูกเพียงบางส่วน การตั้งสมมติฐานต้องมีการตรวจสอบสมมติฐาน การตั้งสมมติฐานต้องมีการทดสอบสมมติฐาน ถ้าสมมติฐานได้รับการทดสอบและยืนยันว่าเป็นความจริงแล้ว ก็อาจจะเป็นกฎ

10. การกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม ในสมมุติฐานหนึ่งการควบคุมตัวแปรนั้น เป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองภาพเคลื่อนถ้าไม่มีการควบคุมตัวแปร

10.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (independent variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองเพื่อดูว่าจะก่อให้เกิดผลนั้นจริงหรือไม่

10.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระเมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยน ตัวแปรตามก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

10.3 ตัวแปรควบคุม (controlled variable) เป็นตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ได้ศึกษาแต่จะมีผลต่อตัวแปรตามจึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ ทักษะในการกำหนดและควบคุมตัวแปรเป็นความสามารถที่จะบ่งชี้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น และตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้

12. การทดลอง เป็นกระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบและทดสอบสมมติฐาน ในการทดลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

12.1 เครือข่ายการออกแบบการทดลอง เป็นการวางแผนการทดลองก่อนลงมือทำการทดลองจริงเพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลอง เกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และเครื่องมือต่าง ๆ

12.2 การปฏิบัติการทดลอง คือ ขั้นตอนที่ลงมือทำการทดลองจริง

12.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหรือผลการทดลอง เป็นการจดบันทึกผลการทดลองซึ่งเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นการแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด การบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำรูปแบบที่ใช้สื่อความหมายมันอยู่ในรูปของ กราฟ ตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพต่าง ๆ รวมทั้งบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการแปลความหมายจากข้อมูล

2.3 พฤติกรรมที่บ่งชี้ว่านักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ณัฏติยาภรณ์ หยกอุบล (2555, น. 159) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้นำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ The American Association for the Advancement of science (AAAS) มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และได้ปรับปรุงบางอย่าง ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observing)

การสังเกต หมายถึงการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูกลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สำเร็จลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของสารข้อมูลเชิงปริมาณและ ข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น

1.1 ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้คือ

1.1.1 บ่งชี้และบรรยายสมบัติของวัตถุที่สังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

1.1.2 บรรยายหรือรายงานผลการสังเกตสมบัติของวัตถุออกมาในเชิงลบของปริมาณ โดยการกะประมาณซึ่งต้องอ้างอิงหน่วยมาตรฐาน เช่น น้ำหนัก ขนาด อุณหภูมิ เป็นต้น

1.1.3 บรรยาย การเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ เช่น ลักษณะของสถานการณ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ลำดับขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง

2. ทักษะการวัด (Measuring)

การวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกและใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับตลอดจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง

การที่นักเรียนจะเกิดทักษะการวัด จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนบ่อย ๆ เช่น ก่อนการวัดแต่ละครั้งจะต้องศึกษาเครื่องมือ วิธีการใช้ สเกลการวัด เป็นต้น

2.1 ความสามารถที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะคือ

2.1.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด

2.1.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือได้

2.1.3 บอกวิธีวัดและเครื่องและวิธีใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง

2.1.4 ทำการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

2.1.5 ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัด

3. ทักษะการคำนวณ (Using Number)

ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการวัดและการนับจำนวนของวัตถุแล้วนำตัวเลขแสดงจำนวนนับที่ได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร เช่น การหาค่าเฉลี่ย การหาพื้นที่ การหาปริมาตร ความหนาแน่น เป็นต้น จะมีการใช้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจ

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

การจำแนกประเภท หมายถึงการจำแนกหรือจัดจำพวกวัตถุ หรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆโดยมีเกณฑ์ในการจำแนกหรือจัดจำพวกเกณฑ์ที่ใช้อาจพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน แตกต่างกันหรือสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ การกำหนดเกณฑ์อาจทำได้โดยการกำหนดขึ้นเองหรือมีผู้อื่นกำหนดให้ การจำแนกประเภทอาจทำได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่กำหนด

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)

สเปสของวัตถุ หมายถึงที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่อยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือความกว้าง ความยาว และความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติกับ 2 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ หนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

5.1 ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ได้แก่

5.1.1 บ่งชี้รูป *2* มิติและ *3* มิติที่กำหนดให้ได้

5.1.2 วาดรูป 2 มิติหรือ 3 มิติจากวัตถุหรือภาพที่กำหนดให้ ได้

5.1.3 บอกชื่อของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้

5.1.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้

5.1.5 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้

5.1.6 บอกความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับ อีกวัตถุหนึ่งได้

5.1.7 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุจับเวลาได้

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย (Organizing Data and Communication)

ทักษะการจัดกระทำข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดลำดับการจัดกลุ่ม หรือการคำนวณหาค่าใหม่ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นๆ ดีขึ้น

ทักษะสื่อความหมายข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่ได้จัดกระทำแล้วมาเสนอและแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น

6.1 การจะเป็นผู้มีความสามารถในการสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ ผู้จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลควรจะเป็นผู้มีความสามารถ ดังนี้

6.1.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม เช่น ทำเป็นตาราง กราฟ แผนภูมิ เป็นต้น

6.1.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการนำเสนอข้อมูลได้

6.1.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

6.1.4 นำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ โดยทำให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจเป็นอย่างดี

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น

7.1 การลงความคิดเห็นจากข้อมูลในเรื่องเดียวกัน อาจลงความคิดเห็นได้หลายอย่างซึ่งอาจถูกหรือผิดก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

7.1.1 ความละเอียดของข้อมูล

7.1.2 ความถูกต้องของข้อมูล

7.1.3 ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ลงความคิดเห็น

7.1.4 ความสามารถในการสังเกต

8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

การพยากรณ์ หมายถึงการทำนายหรือการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นความจริงตามหลักการกฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนายหรือคาดคะเน การพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นผลจากการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดรอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก และการจัดกระทำข้อมูลอย่างเหมาะสม

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)

การตั้งสมมติฐาน หมายถึงความสามารถในการให้ ข้อสรุปหรือการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรเป็นการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ สมมติฐานสร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สมมติฐานต้องเป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือมีประสบการณ์มาก่อน

หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน เราสามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองและแก้ไขได้เมื่อมีความรู้ใหม่เกิดขึ้น

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงการให้ความหมายหรือคำหรือข้อความ เพื่อให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกต วัด หรือตรวจสอบได้ ในสถานการณ์การทดลองแต่ละการทดลองการให้นิยามเชิงปฏิบัติการย่อมแตกต่างกันไปตามสถานการณ์นั้น ๆ และพร้อมที่จะให้ผู้อื่นทำการทดลองสิ่งของต่าง ๆ ได้โดยการสังเกต วัด หรือลงมือปฏิบัติ เพื่อทดสอบว่าเป็นสิ่งเดียวกับที่ให้ความหมายไว้หรือไม่ ในเหตุการณ์อันเดียวกันอาจให้นิยามได้หลายอย่างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์การทดลอง

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variable)

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึงความสามารถที่จะบ่งชี้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตามและตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุม การควบคุมตัวแปรเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งของการทดลอง ทั้งนี้เพื่อจะให้ได้ผลสรุปที่ถูกต้องแน่นอนว่าผลที่เกิดขึ้นออกมาจากหลายสาเหตุ จึงมีความจำเป็นต้องควบคุมสิ่งที่เราไม่ต้องการศึกษาให้เหลือเฉพาะตัวแปรที่เราต้องการจะทราบ

11.1 ตัวแปร คือสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออยู่ในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง เราสามารถจำแนกตัวแปรได้เป็น 3 ชนิดคือ

11.1.1 ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นคือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

11.1.2 ตัวแปรตามคือสิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไปตัวแปรตามคือสิ่งที่เป็น ผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

11.1.3 ตัวแปรควบคุมคือสิ่งอื่นๆนอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนเหมือนกันมิฉะนั้นจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

การทดลอง หมายถึงกระบวนการปฏิบัติ หาคำตอบ หรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลองเป็นการนำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลาย ๆ อย่างมาใช้เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 3 ขั้นตอนคือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึงการวางแผนการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริงการออกแบบการทดลองจะต้องสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และครอบคลุมถึงวิธีการควบคุมตัวแปรรวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่เหมาะสมด้วย โดยสรุปแล้วการออกแบบการทดลองจะประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ประการคือ

12.1.1 วิธีการทดลอง เป็นการกำหนดขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนครบตามขั้นตอนที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ละเอียดและถูกต้องซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร

12.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึงการลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ ซึ่งจะดำเนินไปตามขั้นตอนและการใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึงการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง เช่น การบันทึกข้อมูลในรูปของตาราง หรือมาจัดกระทำในรูปของกราฟ เป็นต้น

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)

การตีความหมายข้อมูล หมายถึงการแปลความหรือบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำแล้วหรือข้อมูลที่มีอยู่ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว การตีความหมายข้อมูลบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการสื่อความหมาย เป็นต้น

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงทักษะทางสติปัญญาที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้า ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ที่ได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดพฤติกรรมที่ชำนาญในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โดยทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

1. ทักษะการสังเกต (Observing)
2. ทักษะการวัด (Measuring)
3. ทักษะการคำนวณ (Using Number)
4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย (Organizing Data and Communication)
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)
8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variable)
12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)
13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งศึกษาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน รวมเป็น 13 ทักษะ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมบ่งชี้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ทักษะการสังเกต (Observing)	เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง รวมถึงสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์โดยตรงโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการสังเกตมี 3 ประเภท ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง	1. บรรยายสมบัติของวัตถุที่สังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 2. บรรยายหรือรายงานผลการสังเกตสมบัติของวัตถุออกมาในเชิงลบของปริมาณ โดยการกะประมาณซึ่งต้องอ้างอิงหน่วยมาตรฐาน เช่น น้ำหนัก ขนาด อุณหภูมิ เป็นต้น 3. บรรยาย การเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ เช่น ลักษณะของสถานการณ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ลำดับขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง
2. ทักษะการวัด (Measuring)	การวัด หมายถึงความสามารถในการเลือกและใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องปัจจุบันวิทยาศาสตร์ใช้หน่วยมาตรฐาน ระบบ SI การใช้เครื่องมือวัดต้องมีทักษะเพื่อให้ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว การเลือกใช้เครื่องมือถูกต้อง ค่าที่วัดได้ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง	1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด 2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือได้ 3. บอกวิธีวัดและเครื่องและวิธีใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง 4. ทำการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัด
3. ทักษะการคำนวณ (Using Number)	การนำค่าที่ได้จากการวัดและการนับจำนวนของวัตถุ การวัดและการทดลองมาสัมพันธ์กันเพื่อหาค่าใหม่ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย เป็นต้น	1. คำนวณได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว 2. บอกหรือแสดงวิธีการคิดคำนวณได้ 3. ระบุหน่วยที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง 4. นับและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนสิ่งของที่นับได้ถูกต้อง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)	ความสามารถในการจำแนก จัดจำแนกเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ธรรมชาติออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจำแนกหรือจัดจำพวกเกณฑ์ที่ใช้อาจพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน แตกต่างกันหรือสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ การกำหนดเกณฑ์อาจทำได้โดยการกำหนดขึ้นเองหรือมีผู้อื่นกำหนดให้ การจำแนกประเภทอาจทำได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่กำหนด	1. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ 2. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ 3. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)	ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา หมายถึงวัตถุจะต้องมีที่อยู่ นั่นคือ สเปสของวัตถุ สเปสของวัตถุ คือ ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ซึ่งจะมีรูปร่างเหมือนวัตถุนั้น สเปสของวัตถุที่มีรูปร่าง 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติกับ 2 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ หนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง	1. บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้ 2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่งได้
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย (Organizing Data and Communication)	การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น เรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้น เช่น นำเสนอในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ เป็นต้น การนำข้อมูลที่ได้จัดกระทำแล้วมาเสนอและแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น	1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม เช่น ทำเป็นตาราง กราฟ แผนภูมิ เป็นต้น 2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการนำเสนอข้อมูลได้ 3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ 4. นำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ โดยทำให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจเป็นอย่างดี

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)	การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น	1. ความละเอียดของข้อมูล 2. ความถูกต้องของข้อมูล 3. สามารถอธิบายหรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย 4. ความสามารถในการสังเกต
8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)	ความสามารถคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นความจริงตามหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนายหรือคาดคะเน การพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นผลจากการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดรอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก และการจัดกระทำข้อมูลอย่างเหมาะสม	1. พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ 2. พยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ 3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)	ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งคาดว่าเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ สมมติฐานสร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สมมติฐานต้องเป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือมีประสบการณ์มาก่อน หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน	1. หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิมได้ 2. สร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบสมติฐานได้ 3. แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมติฐานและไม่สนับสนุนสมติฐานออกจากกันได้
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)	ความสามารถในการกำหนดความหมายขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ เพื่อให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกต วัดหรือตรวจสอบได้	1. กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สามารถทดสอบหรือวัดได้ 2. แยกนิยามเชิงปฏิบัติการออกจากนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการได้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
		3. สามารถบ่งชี้ตัวแปรหรือคำที่ต้องการใช้ในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variable)	ความสามารถที่จะบ่งชี้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตามและตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุม ในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่งๆ 1. ตัวแปร คือสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออยู่ในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง เราสามารถจำแนกตัวแปรได้เป็น 3 ชนิดคือ 1) ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น คือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองเพื่อดูว่าจะก่อให้เกิดผลนั้นจริงหรือไม่ 2) ตัวแปรตามคือตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยน ตัวแปรตามก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย 3) ตัวแปรควบคุมคือตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกันมิฉะนั้นจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน	1. บ่งชี้ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม หรือสมบัติทางกายภาพ หรือชีวภาพของระบบได้ 2. บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม 3. สร้างวิธีการทดสอบ หาผลที่เกิดจากตัวแปรตันหนึ่งตัว หรือหลายตัวได้ 4. บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่าตัวแปรเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุกกรณี 5. บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่ และสภาพการณ์อย่างไรไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่
12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)	กระบวนการปฏิบัติ หาคำตอบ หรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 3 ขั้นตอน คือ 1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทำ	1. กำหนดวิธีการทดลองได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับสมมติฐาน โดยคำนึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้
	การทดลองจริงเพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการทดลอง เกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และเครื่องมือต่าง ๆ โดยสรุปแล้วการออกแบบการทดลองจะประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ประการคือ วิธีการทดลอง และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึงการลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ 3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึงการจดบันทึกผลการทดลองซึ่งเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ	2. ระบุวัสดุอุปกรณ์ และ / หรือสารเคมี ที่จะต้องใช้ในการทดลอง 3. ปฏิบัติการทดลอง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว และปลอดภัย 4. บันทึกผลการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้อง
13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)	การแปลความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด การบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำรูปแบบที่ใช้สื่อความหมายมันอยู่ในรูปของ กราฟ ตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพต่าง ๆ รวมทั้งบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการแปลความหมายจากข้อมูล	1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ได้ 2. อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่างๆ ได้ 3. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้

2.4 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

***2.4.1* การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

ณัฏติยาภรณ์ หยกอุบล (2555, น. 159) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการค้นคว้าทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาและใช้ความคิดเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง มีเหตุผล ดังนั้นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงควรปลูกฝังทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดกับนักเรียนทุกระดับชั้น เพื่อที่จะพัฒนาให้นักเรียนให้เป็นคนคิดเป็นทำเป็น และนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้การประเมินผลมีดังนี้

1. สังเกตขณะนักเรียนทำการทดลอง
2. ตรวจผลงานการบันทึกข้อมูล
3. สังเกตความเข้าใจจากการอภิปรายและซักถาม
4. สังเกตความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2557, น. 358) ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของการประเมินผลย่อยหรือการประเมินผลความก้าวหน้า (Formative assessment) นั้น ครูสามารถใช้ตัวชี้วัดช่วยมุ่งประเด็นไปสู่พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้ ช่วยสื่อความหมายของแต่ละพฤติกรรมนั้น และช่วยชี้ให้เห็นถึงจุดบกพร่องหรือส่วนที่ควรพัฒนาต่อหรือเพิ่มเติมสำหรับนักเรียน ช่วยให้มองเห็นความก้าวหน้าของแต่ละทักษะได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวชี้วัดอาจจะอยู่ในรูปแบบของคำถามที่แสดงพฤติกรรมหลากหลายของผู้เรียนต่อไป สามารถกำหนดตัวชี้วัดนิยาม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงทักษะเหล่านั้น ก็จะสามารถกำหนดตัวชี้วัดแล้วนำตัวชี้วัดมาแปลงเป็นเกณฑ์เพื่อกำหนด เป็น Rubric score ต่อไป สามารถประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูก ต้องตรงประเด็นเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุง การเรียนการสอนให้ตอบโจทย์ความสามารถที่หลากหลายของผู้เรียนต่อไปซึ่งแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายได้แก่

1. การใช้กระบวนการสังเกต (Observation) ถือว่าเป็นวิธีที่ครูใช้ในการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่แล้วซึ่งวิธีการที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตนั้น จะเกิดขึ้นในระหว่างที่ผู้เรียนทำการทดลองหรือทำกิจกรรมการเรียนโดยมีเครื่องมือที่หลากหลาย และแบ่งออกได้หลายแบบ ได้แก่ การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal observation) การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structure observation) และการสังเกตแบบการเล่าเรื่อง (Narratives)

1.1 การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal observation form) ครูเป็นผู้สังเกตโดยไม่มีประเด็นชี้เฉพาะ ในการสังเกต และไม่ได้กำหนดบุคคลใน การสังเกตที่ชัดเจน เป็นการสังเกตโดย ภาพรวมเพื่อการปรับปรุงการเรียนการสอน ผลจากการสังเกต อาจได้ข้อมูล อย่างคร่าว ๆ ว่าผู้เรียนมีพฤติกรรม อย่างไร เช่น ชอบทำงานคนเดียว ชอบที่จะให้มีผู้ชี้แนะแนวทาง เป็นต้น

1.2 การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structured observation) ครูเป็นผู้สังเกตโดยมีประเด็นทักษะที่ ต้องการสังเกตที่ชัดเจนและเป็นระบบ มี การกำหนดกลุ่มผู้เรียน หรือผู้เรียนในการ สังเกตชัดเจนในกรณีงานกลุ่มหรืองาน เดี่ยว และหากผู้เรียนมีจำนวนมาก มีการ จัดระบบการสังเกต จัดเวลาและหัวข้อใน การสังเกตที่ชัดเจน มีแบบสังเกต ผลจาก การสังเกต ทำให้ได้ข้อมูลทักษะที่แสดงออก ความก้าวหน้าของทักษะที่ เปลี่ยนแปลงในทางบวกและลบ ของผู้เรียนทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล และครู สามารถให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ไปสู่ผู้เรียนได้

1.3 การสังเกตแบบการเล่าเรื่อง (Narratives) ใช้สังเกตพฤติกรรมหรือทักษะที่ค่อนข้าง ซับซ้อน เช่น การทำงานกลุ่ม ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่ม ซึ่งอาจจะไม่สามารถตอบได้ ด้วยการ checklist เช่น ทักษะการตีความ หมายและลงข้อสรุปร่วมกันทั้งกลุ่ม การ บันทึกการสังเกตจะใช้การเขียนบรรยาย แบบเล่าเรื่องราวดูการทำงานของแต่ละ บุคคลในกลุ่ม ซึ่งทำให้ทราบปัญหาของกลุ่ม ที่ลึกซึ้งจะได้แก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ได้ ถูกจุดในบทเรียนต่อไป

2. การใช้คำถาม (Question) สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ (Interview) แบบสอบถาม เพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment questionnaire) การทดสอบ (Testing) เป็นต้น

2.1 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นวิธีการประเมินที่ต้องใช้เวลาและส่งผลต่อการจัดการชั้นเรียน แต่ก็ยังเป็นวิธีที่มี คุณค่า โดยเฉพาะสำหรับผู้เรียนที่มีลักษณะ เฉพาะตัว มีปัญหาในการเรียนรู้ หรือมีทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนา อย่างเร่งด่วน ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้คำตอบที่ทำให้ครูสามารถหาแนวทางในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียน และวิธีการนี้ยังทำให้ผู้เรียนรู้สึกได้ว่า ครูให้ความเป็นห่วงและความสนใจ ซึ่งมีส่วน ช่วยในการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและส่งเสริม การเรียนรู้ อีกทั้งยังเหมาะกับนักเรียนที่มีปัญหาการถ่ายทอดข้อความผ่านการเขียนตอบและเหมาะสำหรับการติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งวิธีการนี้ สามารถจัดเป็นการสัมภาษณ์รายกลุ่มหรือ รายบุคคลก็ได้ สามารถกระทำได้ทั้งการ สัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured interview) การสัมภาษณ์แบบกึ่ง โครงสร้าง (Semi-structured interview) และ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview)

2.2 แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment questionnaire) เป็นอีกเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับ ผู้เรียนในการวิเคราะห์ตนเองว่ามีทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น อย่างไรและสามารถใช้ได้ในด้านอื่น เช่น ความรู้ ผลงานที่ตนเองทำ เจตคติ ฯลฯ เป็นการสะท้อนความคิดของผู้เรียนที่มี ต่อตนเองให้ครูได้รับรู้ สามารถประเมิน ตนเองว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะเป็นอย่างไร และตนเองยังควรต้องพัฒนาปรับปรุง ส่วนไหนอย่างไร ครูสามารถใช้ผลจาก การประเมินตนเองของผู้เรียนประกอบ กับเครื่องมืออื่น ๆ ที่ครูใช้ประเมินอาจทำเป็นแบบสอบถามในรูปแบบคำถาม ปลายเปิด (Open-ended questions) มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) และอีกหลากหลายรูปแบบ

2.3 การทดสอบ (Testing) ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถประเมินได้จากการ ใช้แบบทดสอบ การประเมินทักษะเปิด โอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงสิ่งที่ ตนเองรู้มากกว่าการจดจำความรู้ ครูสามารถประเมินนักเรียนในขณะที่ลงมือ ทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบ ข้อสอบที่เป็นข้อคำถามความรู้และ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมี ความแตกต่างอยู่ทั้งข้อคำถามและรูปแบบการตอบ

3. การประเมินจากผลงานของนักเรียน (Looking at students' work) สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาได้จาก การตอบคำถามในใบงาน (Worksheet) การเขียนอนุทิน (Journal) ผลงาน โครงงาน ชิ้นงาน และการสาธิต (Project, product and demonstration) และ แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นต้น เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นสิ่งสำคัญที่ ครูจะใช้ในการวิเคราะห์ถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนได้ลงลึกในรายบุคคล และมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการจัดการชั้นเรียน แต่ครูผู้สอนต้องมีความทุ่มเทเพราะวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ มักจะใช้เวลาในการตรวจ ประเมิน ให้คะแนน ค่อนข้างมากและหากผู้เรียนมีจำนวนมากจะเป็นการเพิ่มภาระงานของครูยิ่งขึ้นไปอีก

ข้อคำถามสำหรับการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบหรือปฏิบัติการเท่านั้นแต่สามารถทำได้ในรูปแบบของข้อสอบแบบ

เลือกตอบ (Multiple-choice) ได้เช่นกัน แต่ผู้ประเมินต้องมั่นใจว่าเรื่องที่ถามเกี่ยวข้องกับทักษะสามารถประเมินนักเรียนในขณะที่ลงมือทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อสอบที่เป็นข้อคำถามความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมีความแตกต่างอยู่ทั้งข้อคำถามและรูปแบบการตอบ

จากที่กล่าวมาผู้วิจัย สรุปได้ว่า ในการค้นคว้าทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาและใช้ความคิดเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ และตัดสินใจ เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลาย สามารถประเมินได้จาก การสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลอง ตรวจผลงานการบันทึกข้อมูล สังเกตความเข้าใจจากการอภิปรายและซักถาม สังเกตความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม การใช้คำถาม เป็นต้น ควรใช้เครื่องมือในการประเมินที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการนำไปใช้ เช่น อายุ เป็นต้น โดยการประเมินบางอย่างสามารถแก้ไขข้อจำกัดของการประมาณอีกอย่างได้ และในที่นี้ผู้วิจัยได้เลือกข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-choice) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554, น. 151) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นจิตวิทยาศาสตร์หรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการได้ศึกษาหาความรู้หรือการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย คุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและความเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง ความสามารถในการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น ความประหยัด

จำนง ทองช่วย (2551, น. 26) เจตคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึงความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการคิดการกระทำและการตัดสินใจที่แสวงหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรมซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาด้านอื่นๆเพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดีและทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ได้แก่ความสนใจใฝ่รู้ความซื่อสัตย์และความอดทนมุ่งมั่น ความมีใจกว้างความคิดสร้างสรรค์มีความสงสัยและความกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ

จุฑาภรณ์ อุมาสะ (2556, น. 29) เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะของบุคคลที่แสดงออกถึงการใช้ความคิด การแสวงหาความรู้ การแก้ปัญหา แนวโน้มการกระทำของบุคคลที่เอื้อต่อการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำเอาไปใช้ประโยชน์ ในการดำรงชีวิตการพัฒนาตนเองและสิ่งแวดล้อม

ประยงค์ ประจงไสย (2551, น. 43) เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการคิด การกระทำและการตัดสินใจในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงออกให้เห็นทางพฤติกรรมทางด้านความอยากรู้อยากเห็น ความเพียรพยายามความมีเหตุผล ความระเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ความซื่อสัตย์ ความใจกว้างและเต็มใจรับฟังความคิดใหม่

ศรารัตน์ มูลอามาตย์ (2551, น. 43) ความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคล แล้วแสดงเป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในทางวิทยาศาสตร์ เช่น การมีเหตุผล ความเพียรพยายาม ความซื่อสัตย์ เป็นต้น

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น. 12) กล่าวว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด การกระทำในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆเพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดี

ผู้วิจัยกล่าวโดยสรุป เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่แสดงออกมาในรูปพฤติกรรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทำให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความอดทน มุ่งมั่นการมีใจกว้าง ยอมรับความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัย และกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

3.2 ลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

บัสคารา เลาว์ ดีกูมัลติ (Bhaskara Rao Digumarti) (2555, p. 18) ซึ่งได้กำหนดองค์ประกอบที่สำคัญดังกล่าวไว้ 7 ประการ

1. ความมีเหตุมีผล (*Rationality*)
2. ความอยากรู้อยากเห็น (*Curiosity*)
3. ความใจกว้าง (*Open* - mindedness)
4. ความไม่เชื่อไสยศาสตร์ (Aversion to superstition)
5. การไม่ถือตนเป็นใหญ่ (*Objectivity*)
6. การไม่ด่วนสรุป (*Suspended judgment*)
7. ความซื่อสัตย์ (*Honesty)*

ลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ บุคคลที่มีใจกว้าง ความอยากรู้อยากเห็น การตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงที่สามารถยืนยัน ทดสอบและความเชื่อได้ ความเชื่อมั่นในความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล รับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ปราศจากความเชื่อโชคลางและความเชื่อที่ผิด ๆ ซื่อสัตย์ในการบันทึกรวบรวมและรายงานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการสังเกตการณ์ ยอมรับข้อสรุปสุดท้ายหรือสุดท้ายและไม่ ความเชื่อมั่นในหนังสือที่เขียนขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ เป็นต้น

Hidayati Parida (2558, p. 181) เจตคติทางวิทยาศาสตร์มาจากความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนในการเรียนรู้และได้รับความใหม่ประสบการณ์ เจตคติร่วมกับวิทยาศาสตร์เรียกว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเกิดขึ้นจากความรู้สึก (ชอบหรือไม่ชอบ) ที่สามารถเชื่อมโยงกับแนวโน้มของบุคคลที่จะตอบสนองต่อสิ่งต่างๆ หรือวัตถุ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1. อยากรู้
2. ความซื่อสัตย์
3. ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ
4. การสะท้อนและความระมัดระวังที่สำคัญ
5. ขยันอดทนและยืดหยุ่น
6. มีความคิดสร้างสรรค์
7. ใจกว้าง
8. การตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม
9. การทำงานร่วมกับผู้อื่น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 11) เจตคติทางวิทยาศาสตร์หรือจิตวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังว่าจะได้รับการพัฒนาขึ้นในตัวนักเรียนโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ต่างๆ ดังนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้
2. ความซื่อสัตย์
3. ความอดทนมุ่งมั่น
4. การมีใจกว้าง ยอมรับความคิดเห็น
5. ความคิดสร้างสรรค์
6. มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ
7. ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

อ้างอิงหนังสือเรียน อ้างถึงใน พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537) ได้กล่าวสรุปว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีลักษณะพฤติกรรมดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความมีเหตุผล
3. ความเพียรพยายาม
4. ความซื่อสัตย์
5. ความมีระเบียบรอบคอบ
6. ความใจกว้าง
7. ความใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์
8. การยอมรับในข้อจำกัด
9. การยอมรับในสิ่งที่ค้นพบ

ผู้วิจัยกล่าวโดยสรุปลักษณะพฤติกรรมของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ 6 ประเภท ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น เป็นความพอใจของบุคคลที่จะเผชิญกับสถานการณ์ใหม่ๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ช่างซัก ช่างถาม ช่างอ่าน เพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในปัญหาต่างๆ และพร้อมที่จะค้นคว้าหาความรู้ใหม่ๆ ความสนใจในเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญในชีวิตประจำวัน

2. ความมีเหตุผล เป็นคนที่มีเหตุผลยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบาย หรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้นตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ หาหลักฐานจากการสังเกตและการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบายมีหลักฐานและข้อมูลอย่างเพียงพอ ก่อนที่จะสรุปผล เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลและพร้อมที่จะให้ผู้อื่นตรวจสอบผลงานของตน

3. ความใจกว้าง เป็นความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเมื่อมีเหตุผลสมควรยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิจารณ์ข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและพร้อมที่จะหาข้อมูลหรือศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

4. ความซื่อสัตย์ การบันทึกข้อมูลไว้ตามความเป็นจริงด้วยความละเอียดถูกต้องซึ่งสามารถตรวจสอบได้ เห็นคุณค่าของการนำเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง

5. ความเพียรพยายาม เป็นผู้ที่มีความเพียรพยายามมานะอดทนและไม่ย่อท้อเมื่อพบอุปสรรคต่างๆมีความตั้งใจแน่วแน่ในการแสวงหาความรู้เมื่อได้คำตอบไม่ถูกต้องก็คิดค้นหาวิธีการใหม่ๆ จนได้คำตอบที่ต้องการ ไม่ว่าจะใช้ความพยายามกี่ครั้งก็ตาม

6. ความละเอียดรอบคอบ เป็นผู้มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ใช้วิจารญาณก่อนที่จะตัดสินใจใดๆไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดว่าเป็นความจริงทันที ถ้ายังไม่มีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้ ไม่ตัดสินใจและการสรุปที่รวดเร็วเกินไป

ตารางที่ 2.2 พฤติกรรมบ่งชี้ของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์	**พฤติกรรมบ่งชี้**
1. ความอยากรู้อยากเห็น	1. แสวงหาความรู้หรือความคิดใหม่ๆ 2. ยินดีมากที่ได้พบความรู้ใหม่
2. ความมีเหตุผล	1. ยอมรับคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานมาสนับสนุนเพียงพอ 2. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล 3. ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ 4. หาหลักฐานข้อมูลจากการสังเกตหรือทดลองเพื่อหาคำอธิบาย
3. ความใจกว้าง	1. รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 2. รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ 3. ยอมรับการเปลี่ยนแปลง 4. ยอมพิจารณาข้อมูลที่สรุปได้ไม่แน่นอนพร้อมหาข้อมูลเพิ่มเติม
4. ความซื่อสัตย์	1. บันทึกข้อมูลตามความเป็นจริง 2. เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง
5. ความเพียรพยายาม	1. ไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรคหรือมีความล้มเหลวในการทดลอง 2. มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้ 3. ต้องการหาแนวทางแก้ไขปัญหาใหม่
6. ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ	1. เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น 2. เต็มใจที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่น 3. ประพฤติและปฏิบัติตนตามข้อตกลงของกลุ่ม 4. เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน 5. รู้จักบทบาทของตนที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม 6. รู้จักขอความร่วมมือและให้ความร่วมมือกับผู้อื่น

3.3 การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ณัฏติยาภรณ์ หยกอุบล (2555, น. 187-188)อ้างถึง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 96) กล่าวว่าการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนมีแนวทางปฏิบัติได้ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนมีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปได้ในเวลาเดียวกัน

2. การมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทุกการทดลองควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และในขณะที่นักเรียนทำการทดลองนั้น ครูต้องคอยดูแลหรือให้ความช่วยเหลือบางอย่าง และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะนั้นด้วย

3. การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์ เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี เช่น ขนาดที่นักเรียนเรียนเรื่องการลำเลียงในสิ่งมีชีวิต ในหัวข้อที่ว่าทำไมจึงต้องมีการย่อยอาหาร ครูอาจตั้งคำถามนักเรียนว่า เช่น นักเรียนเคยเห็นแพทย์ให้กลูโคสทางเส้นเลือดกับคนไข้ไหม ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

4. ในขณะทำการสอนควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่างๆเพื่อให้เด็กได้ฝึกประสบการณ์หลายๆด้าน หรือฝึกประสาทสัมผัสหลายๆทาง ได้แก่ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่ เพื่อเร้าใจนักเรียนอยากรู้อยากเห็น การให้ความเอาใจใส่ของครู เป็นต้น คราวนี้เป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติได้

5. ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะของเจตคติ แต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหาบทเรียนและวัยของนักเรียนพร้อมกับให้มีการพัฒนาลักษณะของเจตคตินั้นนั้นด้วย

6. นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นปัญหาสังคม เช่น ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพ แล้วให้นักเรียนตั้งข้อสังเกตและช่วยกันคิดเพื่อหาทางแก้ปัญหาดังกล่าว หรือนักเรียนอาจประมวลจากประกาศของทางราชการหรือจากสื่อมวลชนเพื่อฝึกแนวคิดของนักเรียนก็ได้ ครูควรเสนอกระบวนการแก้ปัญหาดังนี้

ก. กำหนดตัวปัญหา

ข. ตั้งสมมติฐานหลายๆก็เพื่อหาคำตอบ

ค. ทำการทดลอง

ง. รวบรวมข้อมูล

จ. จัดกระทำและสื่อความหมายจากข้อมูล

ฉ. สรุป

หลังจากได้มีการสรุปเรื่องนี้แล้ว ครูควรอภิปรายเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นว่าทุกขั้นตอนจะมีลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปพัฒนากับตนเองได้

7. เสนอแบบอย่างของผู้มีจิตอคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนอ่านศึกษาหรือเปลี่ยนแบบอย่างได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครู บิดา มารดา เพื่อน นักเรียน เป็นต้น

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2537, น. 63) ได้เสนอแนวทางที่ผู้สอนจะพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ให้ผู้เรียนได้รับการฝึกประสบการณ์ต่างๆ เพื่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เน้นวิธีการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

2. ให้ผู้เรียนมีส่วนรับผิดชอบกิจกรรม เช่น การทำงานกลุ่มเพื่อฝึกการทำงานร่วมกัน ฝึกการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและฝึกการแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกการสังเกต การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์ต่างๆ ที่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4. ผู้สอนควรเตรียมกิจกรรมหลายๆอย่างที่ฝึกฝนด้านประสาทสัมผัสและให้ความหลากหลายของประสบการณ์ ไม่เบื่อหน่ายและอยากรู้อยากเห็น

5. กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ผู้วิจัยสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะเห็นว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาขึ้นได้โดย การทดลอง การทำงานกลุ่ม การค้นคว้าด้วยตนเอง การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์ นำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่างๆ สอดแทรกลักษณะของเจตคติยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ยกตัวอย่างผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในกระบวนการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ต้องกิจกรรมการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3.4 การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ณัฏติยาภรณ์ หยกอุบล (2555, น. 189) อ้างถึง สุนีย์ คล้ายนิล (2551, น. 117-119) ได้กล่าวว่า การประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามและคำถามในแบบทดสอบ ควรกำหนดหัวข้อตามกรอบการประเมินดังต่อไปนี้

1. ส่วนประกอบของการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.1 การเห็นคุณค่าและสนับสนุนการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

2. พฤติกรรมบ่งชี้นักเรียนที่สนับสนุนการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะ

2.1 รับรู้ถึงความสำคัญของการพิจารณาแง่มุมต่างๆ และการโต้แย้งของวิทยาศาสตร์

2.2 สนับสนุนการใช้สารสาสน์ข้อเท็จจริงและคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

2.3 แสดงออกว่าใช้ตรรกะและการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลในการลงความคิดเห็น

การวัด รวมถึงคำถามด้านการสนับสนุน ค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์โดยรวม การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ในแง่ส่วนตัว

3. ความเชื่อมั่นตนเองในการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 พฤติกรรมบ่งชี้นักเรียน ที่มีความเชื่อมั่นตนเองในการเรียนวิทยาศาสตร์เชื่อว่าตนสามารถ

3.1.1 จัดการกับภารกิจทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.2 เอาชนะความยากในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ได้

3.1.3 แสดงออกว่ามีความสามารถสูงในทางวิทยาศาสตร์

การวัด รวมถึงการเชื่อมั่นตนเองในทางวิทยาศาสตร์ความเชื่อความสามารถของตนเองในการเรียนวิทยาศาสตร์

4 ความสนใจวิทยาศาสตร์

4.1 พฤติกรรมบ่งชี้นักเรียนที่สนใจวิทยาศาสตร์

4.1.1 บ่งชี้ถึงความกระตือรือร้น ใฝ่รู้ในประเด็นทางวิทยาศาสตร์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งงานทางวิทยาศาสตร์

4.1.2 แสดงความตั้งใจที่จะหาความรู้ ทักษะวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม โดยใช้ทรัพยากรและวิธีการที่หลากหลาย

4.1.3 แสดงความตั้งใจที่จะไปหาสาระทางวิทยาศาสตร์และแสดงความสนใจวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งตั้งใจมองหาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

การวัด รวมถึงความสนใจทั่วไป ความสนุกเพลิดเพลินกับวิทยาศาสตร์ การเห็นความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ การมองอนาคตเชิงวิทยาศาสตร์ ความคาดหวังว่าจะทำอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เมื่ออายุ 30 ปี การร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

5. ความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.1 พฤติกรรมบ่งชี้นักเรียนที่มีความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.1.1 แสดงความรับผิดชอบโดยส่วนตัวในการธำรงรักษาสิ่งแวดล้อม

5.1.2 แสดงความตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการกระทำของตน

5.1.3 แสดงความพร้อมที่จะทำกิจกรรมด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม

การวัด รวมถึงความเจริญอัดเสียงปัญหาสิ่งแวดล้อม ระดับความกังวลต่อสิ่งแวดล้อม ความคาดหวังในทางดีต่อบางประเด็นของสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบในความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

ณัฏชยานันต์ เกตุศรีศักดา, เจษฎากร โนอินทร์, กีรติ ตันเรือน, และพิสิษฐ์ พูลประเสริฐ (2559) ได้ศึกษาผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เสียงและการได้ยิน ระหว่างก่อน-หลังเรียน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยสุ่มแบบเจาะจง จากโรงเรียน 2 แห่ง ๆ ละ 11 คน (หมู่บ้านตัวอย่าง/สะเต็มศึกษา บ้านท่าไผ่/ปกติ) อำเภอสามเงา จังหวัดตาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบทักษะกระบวนการเรียนรู้ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติ t พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ($\overline{x}$, S.D.) (17.27, 1.68) สูงกว่าก่อนเรียน (9.64, 2.29) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ นักเรียนที่เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ($\overline{x}$, S.D.) (17.36, 1.75) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (13.64, 2.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น.401)การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเคมี และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่า ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ Hoteling's T พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประภาณี ราญมีชัย (2558, น. 401) การเปรียบเทียบผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกำหนดโดยแบ่งเป็น กลุ่มควบคุม จำนวน 43 คน ได้รับการสอนตามปกติ และกลุ่มทดลอง จำนวน 44 คนได้รับการสอนในรูปแบบสะเต็มศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบสะเต็มศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้ตามปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน และสถิติขั้นสูง ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการสอนในรูปรูปแบบสะเต็มศึกษามีค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของ E1/E2 เท่ากับ 77.24/75.18 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ระดับ 75/75 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 3) นักเรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 4) นักเรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

นิตยา ภูผาบาง (2559) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระหว่างกิจกรรมที่ 1 (คาบเรียนที่ 1-4) และกิจกรรมที่ 2 (คาบเรียนที่ 5-6) โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 52 คน ผลการวิจัยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแผ่นฟิล์มจะมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่ามอดูลัสของยังสูงขึ้น แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวลง และเมื่อเพิ่มกลีเซอรอลในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่ามอดูลัสของยังลดลง แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงขึ้นและแผ่นฟิล์มที่ผ่านการเคลือบผิวจะมีเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำที่ต่ำกว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ากิจกรรมเรื่องพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาและส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นสูงขั้นบูรณาการผ่านการทำกิจกรรมและนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังในกิจกรรมที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่ากิจกรรมที่ 1

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

อาฟิฟ ฮาซีฟ ซีดาน (2558, p. 13) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปาเลสไตน์กับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลกระทบของเพศและถิ่นที่อยู่ของนักเรียน โดยเลือกประชากรที่ศึกษาคือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นทุกคนในเขตทุนคานที่ปาเลสไตน์เหล่านี้ นักเรียนอายุ 17 ปี ได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 159 คน (เพศชาย 72 คนและหญิง 87 ราย) (20%ของประชากร) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ในระดับความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 18 ข้อ 2) เจตคติเกี่ยวกับแบบสอบถามวิทยาศาสตร์ 25 รายการ ผลการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับความรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.69 ผลการศึกษาพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากเพศหญิงชื่นชอบ และเนื่องจากที่อยู่อาศัยนิยมนักเรียนในหมู่บ้าน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แอนล์ โรบิลสัน (2011, pp. 16-25) ผลของการพัฒนาวิชาชีพครูด้านสะเต็มที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูระดับประถมศึกษาเพื่อเพิ่มคุณภาพและปริมาณการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาวิชาชีพในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างการสุ่มแบบกลุ่ม คือครูจากอาคานซาร์ส ทางใต้ของ USA จำนวน 70 คน โดยกำหนดเป็นกลุ่มทดลองและการควบคุม การศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาภาคสนามขนาดใหญ่ที่มีต่อการเรียนรู้ของครูและนักเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ ในสองอำเภอในรัฐทางใต้สหรัฐที่โคตาบิชนักวิจัยได้สุ่มกำหนดผู้เข้าร่วมการศึกษาให้เข้าเงื่อนไขการทดลองและการควบคุม ครูในระดับประถมศึกษาปีที่ 2 ถึงชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์กระบวนการของครูประถมศึกษาปีที่ 5 ตามที่กำหนด ผลการวิจัยพบว่า 1) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการปรับค่าคะแนนสอบหลังเรียนของทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) ผลลัพธ์สำหรับการรับรู้ของครูเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของตนเองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาสาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผู้วิจัยได้นำเสนอการวิจัยดังนี้

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

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 253 คน จาก 9 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนบางปะหัน โรงเรียนอุทัย โรงเรียนนครหลวง โรงเรียนลาดบัวหลวง โรงเรียนวิเชียร โรงเรียนวังน้อย โรงเรียนบางไทร โรงเรียนบางปะอิน โรงเรียนบางซ้าย

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปีการศึกษา 2559 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง วิชาฟิสิกส์ ว 30203 การจัดการเรียนสอนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม จำนวน 4 แผนจัดการเรียนรู้ เวลา 16 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

2.2.1 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

2.3 เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายร้อยละคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยใช้ โดยเปรียบเทียบจากเกณฑ์การประเมินผลการตัดสินผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2552:25) ดังนี้

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายร้อยละคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	คะแนนทักษะทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
80 - 100	32 – 40	4 - 5	ดีเยี่ยม
75 - 79	30 – 31.6	3.75 - 3.95	ดีมาก
70 - 74	28 – 29.6	3.5 – 3.7	ดี
65 - 69	26 – 27.6	3.25 – 3.45	ค่อนข้างดี
60 - 64	24 – 25.6	3 – 3.2	ปานกลาง
55 - 59	22 – 23.6	2.75 – 2.95	พอใช้
50 - 54	20 – 21.6	2.5 – 2.7	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
0 - 49	0 - 19.6	0 – 2.45	ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

2.4 การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

2.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มที่พัฒนาขึ้น เขียนตามวิธีและขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอนในกรดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็ม และแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2) ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พุทธศักราช 2551 คู่มือครูและแบบเรียนวิทยาศาสตร์

3) นำแผนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสอนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 เรื่องแสง จำนวน 4 แผน เสนอผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและโครงสร้างประเมินความเหมาะสม ระหว่างการจัดแผนการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้/จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

4) วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ การสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็ม ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของแสง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การหักเหของแสง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แสงสี

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบสะเต็ม

ขั้นการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ระบุปัญหา การทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา	- เสนอสถานการณ์ปัญหา - แบ่งกลุ่มนักเรียน 4-5 คน	- ร่วมกันสนทนาจะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร - ทำกิจกรรมที่ครูจัดให้ - ระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา
2. การค้นหาและการระดมสมอง การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด	- ครูใช้คำถามในการสอนเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ	- หาวิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้ - รวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา
3. วางแผนการออกแบบและการร่าง การประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ร่างหรือวาดภาพออกแบบ	- ครูร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงาน	- ลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน - ร่างหรือวาดภาพ ออกแบบ
4. สร้าง การกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่	- ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงานเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ เพราะอะไร	- ลงมือสร้างชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ - การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ สิ่งที่แตกต่างจากที่ออกแบบคืออะไร บันทึกลงใบกิจกรรม
5. การทดสอบและประเมินผล การทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ	- ครูใช้คำถามในการสอนเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ - ให้คำแนะนำนักเรียน	- แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบการทำงาน - ชิ้นงานที่สร้างมีข้อด้อยอะไร บันทึกลงใบกิจกรรม

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. ปรับปรุงการออกแบบ การปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด	- ครูใช้คำถามในการสอนเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ - ให้คำแนะนำนักเรียน	- ช่วยกันคิดการเปลี่ยนแปลงอะไร ปรับปรุงชิ้นงานอย่างไรที่ช่วยให้การออกแบบชิ้นงานดีขึ้น บันทึกลงใบกิจกรรม
7. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา การนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป	- ร่วมสรุปร่วมกันเกี่ยวกับผลงานและแนวทางการพัฒนาผลงาน สรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม	- แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานหรือวิธีการพัฒนาให้ดีขึ้น

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ การสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็ม

แผนที่	เรื่อง	เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ชั่วโมง)
1	การสะท้อนของแสง	1. การสะท้อนของแสง	1. อธิบายลักษณะการเกิดภาพในกระจกเงาระนาบได้ 2. นำกฎการสะท้อนแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 3. แก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	4
2	การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์	1. ประเภทของกระจกและเลนส์ 2. การเขียนภาพที่เกิดจากกระจกและเลนส์ 3. การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์	1. บอกลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์ที่ตำแหน่งต่างๆได้ 2. นำความรู้การเกิดภาพจากเลนส์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 3. แก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	4
3	การหักเหของแสง	1. การหักเหของแสง	1. คำนวณโดยใช้สูตรของสเนลล์ได้ 2. นำกฎการหักเหของการหักเหของแสงประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ 3. แก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้	4

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนที่	เรื่อง	เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ชั่วโมง)
4	แสงสี	1. แสงสี 2. บอกความหมายแสงสีปฐมภูมิและแสงสีทุติยภูมิได้	1. บอกความหมายแสงสีปฐมภูมิ แสงสีทุติยภูมิได้ 2. นำความรู้เรื่องแสงสีไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 3. แก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	4
		รวม		**16**

2.4.2 ***แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 1 ฉบับ จำนวน 70 ข้อ แบบปรนัย*** โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาวิธีการวัดแบบสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน รวมเป็น 13 ทักษะ

กรอบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้า ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ที่ได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดพฤติกรรมที่ชำนาญในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โดยทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มีดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observing)
2. ทักษะการวัด (Measuring)
3. ทักษะการคำนวณ (Using Number)
4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย (Organizing Data and Communication)
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)
8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypotheses)
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variable)

12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making *Conclusion*)

2) สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสง แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 70 ข้อ โดยแบ่งเป็น 13 ทักษะทักษะละ 5 ข้อ เพื่อใช้จริงจำนวน 40 ข้อ โดยรายละเอียด ดังนี้

ข้อที่ 1-5 วัดทักษะการสังเกต

ข้อที่ 6-10 วัดทักษะการวัด

ข้อที่ 11-15 วัดทักษะการคำนวณ

ข้อที่ 16-20 วัดทักษะการจำแนกประเภท

ข้อที่ 21-25 วัดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

ข้อที่ 26-30 วัดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย

ข้อที่ 31-35 วัดทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ข้อที่ 36-40 วัดทักษะการพยากรณ์

ข้อที่ 41-45 วัดทักษะการตั้งสมมติฐาน

ข้อที่ 50-55 วัดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ข้อที่ 56-60 วัดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ข้อที่ 61-65 วัดทักษะการทดลอง

ข้อที่ 66-70 วัดทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา โดยหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ ลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น +1

ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น 0

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น -1

นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หาค่าความตรงด้านเนื้อหาโดยหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) พบว่ามีค่าระหว่าง (0.67-1.00)

3) ทดลองใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ สพม.3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกห้องเรียนที่กลุ่มตัวอย่างใกล้เคียงกัน จำนวน 48 คน

4) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป พบว่ามีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.21 - 0.73 และอำนาจจำแนก (r) 0.20 – 0.42

5) นำผลคะแนนของการทดลองใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำนวน 40 ข้อที่คัดเลือกไว้ไปวิเคราะห์หาความเที่ยง (Reliability) ชนิดสัมประสิทธิ์แอลฟา

(Cronbach Coefficient) วัดความสอดคล้องภายในของแบบวัดทักษะทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.80 มีความเชื่อมั่นในระดับดี

2.4.3 สร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้ยึดหลักการสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) ศึกษาเอกสารหลักสูตร คู่มือประเมินผลหลักสูตร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างแบบวัดเจตคติ และตัวอย่างแบบวัดเจตคติที่สร้างตามวิธีของลิเกต (Likert' Method)

2) กำหนดสิ่งที่ต้องการวัดของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุพฤติกรรมทางเจตคติทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท

กรอบเจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่แสดงออกมาในรูปพฤติกรรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทำให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความอดทน มุ่งมั่นการมีใจกว้าง ยอมรับความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัย และกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

จากการศึกษาเอกสารและทฤษฎีของลักษณะและพฤติกรรมของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะเห็นได้ว่าการแบ่งพฤติกรรมของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์แตกต่างออกไป ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้มี 6 คุณลักษณะ ที่เป็นคุณลักษณะร่วม และมีความสอดคล้องกัน ลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และมีพฤติกรรมตัวบ่งชี้ดังนี้

1) ความอยากรู้อยากเห็น

2) ความมีเหตุผล

3) ความใจกว้าง

4) ความซื่อสัตย์

5) ความเพียรพยายาม

6) ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

3) เมื่อกำหนดสิ่งที่ต้องการวัดแน่นอนแล้วทำการสร้างข้อความในแต่ละด้าน ให้ครอบคลุม โดยข้อความที่เขียนมีลักษณะในแง่ความรู้สึก ความเชื่อ หรือความตั้งใจที่จะทำสิ่งใด สิ่งหนึ่ง ไม่ใช่ข้อเท็จจริง ข้อความที่บรรจุในสเกลประกอบด้วยข้อความที่เป็นบวกและเป็นลบคละกันไป ข้อความสั้นๆ เข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม มีจำนวนทั้งสิ้น 30 ข้อความ โดยแบ่งเป็นหัวข้อย่อยตามลักษณะพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 6 พฤติกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อที่ 1-5 วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความอยากรู้อยากเห็น

ข้อที่ 6-10 วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความมีเหตุผล

ข้อที่ 11-15 วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความใจกว้าง

ข้อที่ 16-20 วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์

ข้อที่ 21-21 วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความเพียรพยายาม

ข้อที่ 25-30 วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

4) เมื่อได้ข้อความเพียงพอแล้ว บรรจุลงในสเกล โดยให้มีข้อเลือก 5 ข้อเลือก คือ เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย เห็นด้วยน้อยที่สุด

5) การกำหนดน้ำหนักในการสอบข้อเลือกต่างๆ แต่ละข้อความ กำหนดให้แต่ละข้อเลือกมีน้ำหนักเป็น 5, 4, 3, 2, 1 เมื่อชนิดของข้อความเป็นบวกและ 1, 2, 3, 4, 5 เมื่อชนิดของข้อความเป็นลบ ตามลำดับ ในแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์นี้ได้กำหนดดังนี้

ข้อความที่เป็นบวกคือข้อที่ 1 3 5 6 9 10 11 12 18 20 23 25 26 28 29

ข้อความที่เป็นลบคือข้อที่ 2 4 7 8 13 14 15 16 17 19 21 22 24 27 30

6) นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา โดยหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (*IOC)* พบว่ามีค่าระหว่าง (0.67-1.00)

7) นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 30 ข้อ ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 48 คน ซึ่งได้ผ่านการเรียนตามเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง ครั้งนี้มาก่อนแล้ว

8) นำผลคะแนนของการทดลองใช้แบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 30 ข้อไปวิเคราะห์หาความเที่ยง (*Reliability)* ชนิดสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach Coefficient) วัดความสอดคล้องภายในของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีค่าเท่ากับ *0.87* มีความเชื่อมั่นในระดับดี

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองดังต่อไปนี้

การวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองศึกษากลุ่มเดียวสอบก่อน-หลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, น. 249)

$$T_1 \quad X \quad T_2$$

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง มีดังนี้

X แทน การจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

T_1 แทน การทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสง สอบก่อนที่จัดกระทำการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

T_2 แทน การทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สอบหลังที่จัดกระทำการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

3.1 ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

3.2 ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยปฏิบัติการสอนจำนวน 16 ชั่วโมงรวม 4 สัปดาห์

3.3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียน (post-test) นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การหาประสิทธิภาพแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-53)

$$\text{สูตร} \quad IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ แทน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น +1
ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น 0
ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น -1

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2 *คำนวณค่าเฉลี่ยโดยใช้สูตร* (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557, น. 10-30)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลบวกหรือผลรวมคะแนนแต่ละคน

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

4.3 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557, น. 10-38)

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

$S.D.$ แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.4 ความเที่ยง (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา (α = Coefficient) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-72)

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1-\frac{\sum S_i^2}{S^2}\right)$$

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

k แทน จำนวนข้อคำถาม

$\sum S_i^2$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามข้อที่ i

S^2 แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

4.5 ทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังใช้แบบฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร (t-test for dependent samples) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 109)

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

t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-disturbution

$\sum D$ แทน ผลรวมทั้งหมดของผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียนและก่อนเรียน

$(\sum D)^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของผลต่างของคะแนนระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผู้วิจัยนำเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยาอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยาอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	$\overline{X}$	S.D.	D	$S.D._D$	t	Sig.
ก่อนเรียน	15.55	3.06				
หลังเรียน	20.84	2.98	5.29	2.35	13.89*	0.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 15.55 คะแนน (S.D. = 3.06) และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 20.84 คะแนน (S.D. = 2.98) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในแต่ละด้าน (n = 38)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความคิดเห็น	อันดับ
ทักษะขั้นพื้นฐาน				
1. การสังเกต	79.82	0.35	ดีมาก	1
2. การวัด	77.19	0.40	ดีมาก	2
3. การคำนวณ	25.31	0.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	13
4. การจำแนกประเภท	74.64	0.43	ดี	3
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	43.61	0.44	ต่ำกว่าเกณฑ์	8
6. การจัดกระทำและสื่อความหมาย	65.91	0.34	ค่อนข้างดี	4
7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	42.86	0.35	ต่ำกว่าเกณฑ์	9
ทักษะขั้นผสมผสาน				
8. การพยากรณ์	55.26	0.42	พอใช้	6
9. การตั้งสมมติฐาน	61.4	0.41	ปานกลาง	5
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	50.88	0.38	ผ่านเกณฑ์	7
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	40.35	0.47	ต่ำกว่าเกณฑ์	10
12. การทดลอง	28.82	0.42	ต่ำกว่าเกณฑ์	12
13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	31.29	0.38	ต่ำกว่าเกณฑ์	11
เฉลี่ยรวม	**52.10**	**0.40**	**ผ่านเกณฑ์**	

จากตารางที่ 4.2 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใน ภาพรวมอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ มีค่าเฉลี่ย 52.10 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับดี มาก 2 ข้อ อยู่ในระดับดี 1 ข้อ อยู่ในระดับดีค่อนข้างดี 1 ข้อ อยู่ในระดับปานกลาง 1 ข้อ อยู่ในระดับ พอใช้ 1 ข้อ อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ 1 ข้อ และอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ 6 ข้อ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความรู้ด้านทักษะการสังเกตอยู่ในอันดับแรก มีค่าเฉลี่ย 79.82 มีความรู้ด้านทักษะการวัดในอันดับรองลงมา ส่วนทักษะด้านการคำนวณอยู่ในอันดับสุดท้าย มีค่าเฉลี่ย 25.31

ตารางที่ 4.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทร-วิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 38)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ทักษะขั้นพื้นฐาน				
1. การสังเกต	56.14	0.51	79.82	0.35
2. การวัด	61.32	0.50	77.19	0.40
3. การคำนวณ	17.54	0.76	25.31	0.45
4. การจำแนกประเภท	47.36	0.86	74.64	0.43
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	38.6	0.75	43.61	0.44
6. การจัดกระทำและสื่อความหมาย	51.02	0.94	65.91	0.34
7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	35.09	0.78	42.86	0.35
8. การพยากรณ์	40.32	0.65	55.26	0.42
ทักษะขั้นผสมผสาน				
9. การตั้งสมมติฐาน	47.35	0.64	61.4	0.41
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	40.31	0.63	50.88	0.38
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	28.07	0.67	40.35	0.47
12. การทดลอง	21.93	0.56	28.82	0.42
13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	20.37	0.82	31.29	0.38
เฉลี่ยรวม	**38.88**	**0.70**	**52.10**	**0.40**

จากตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายด้าน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้าน ทั้ง 13 ทักษะ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 38)

การทดสอบ	$\overline{X}$	S.D.	D	$S.D._D$	t	Sig.
ก่อนเรียน	2.80	0.45	1.07	0.52	12.79*	0.000
หลังเรียน	3.87	0.37				

* p < .05

จากตารางที่ 4.4 พบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 คะแนน (S.D.=0.45) และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 คะแนน (S.D.=0.37) พบว่าเจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในแต่ละด้าน (n = 38)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความคิดเห็น	อันดับ
1. ความอยากรู้อยากเห็น	3.93	1.01	มาก	2
2. ความมีเหตุผล	3.82	0.85	มาก	4
3. ความใจกว้าง	4.18	0.89	มาก	1
4. ความซื่อสัตย์	3.78	1.01	มาก	5
5. ความเพียรพยายาม	3.67	0.91	มาก	6
6. ความละเอียดรอบคอบ	3.84	0.83	มาก	3
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.87**	**0.92**	**มาก**	

จากตารางที่ 4.5 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.87 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมาก โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้านความใจกว้างอยู่ในอันดับแรก มีค่าเฉลี่ย 4.18 ด้านความอยากรู้อยากเห็นอยู่ในอันดับรองลงมามีค่าเฉลี่ย 3.93 ส่วนเจตคติด้านความเพียรพยายามในอันดับสุดท้าย ค่าเฉลี่ย 3.67

ตารางที่ 4.6 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา อำเภอบางไทรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนการเรียนและหลังการเรียน ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 38)

	ก่อนการทดลอง		**หลังการทดลอง**	
เจตคติทางวิทยาศาสตร์	**คะแนนเฉลี่ยร้อยละ**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**คะแนนเฉลี่ยร้อยละ**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
1. ความอยากรู้อยากเห็น	2.53	0.98	3.93	1.01
2. ความมีเหตุผล	2.98	1.14	3.82	0.85
3. ความใจกว้าง	3.35	0.94	4.18	0.89
4. ความซื่อสัตย์	3.18	0.91	3.78	1.01
5. ความเพียรพยายาม	2.54	0.85	3.67	0.91
6. ความละเอียดรอบคอบ	2.20	0.69	3.84	0.83
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.80**	**0.68**	**3.87**	**0.92**

จากตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายด้าน พบว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้านทั้ง 6 ด้าน

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ครอบคลุมเนื้อหาและสาระสำคัญสรุปได้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

1.1.2 เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

1.2.2 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนคร-ศรีอยุธยา จำนวน 253 คน จาก 9 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนบางปะหัน โรงเรียนอุทัย โรงเรียนนครหลวง โรงเรียนลาดบัวหลวง โรงเรียนวิเชียร โรงเรียนวังน้อย โรงเรียนบางไทร โรงเรียนบางปะอิน โรงเรียนบางซ้าย

***1.3.2* กลุ่มตัวอย่าง**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางไทรวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปีการศึกษา 2559 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย (1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบสะเต็ม เรื่อง แสง (2) เครื่องมือที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองดังต่อไปนี้

1) ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

2) ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยปฏิบัติการสอนจำนวน 16 ชั่วโมงรวม 4 สัปดาห์

3) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียน (post-test) นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

1.3.5 *การวิเคราะห์ข้อมูล*

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ดังนี้

1) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่องแสง โดยใช้การทดสอบค่าที

2) เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่องแสง โดยใช้การทดสอบค่าที

1.4 ผลการวิจัย

1.4.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อนเรียน โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 15.55 คะแนน (S.D. = 3.06) และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 20.84 คะแนน (S.D. = 2.98) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.4.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ มีค่าเฉลี่ย 52.10 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับดี มาก 2 ข้อ อยู่ในระดับดี 1 ข้อ อยู่ในระดับดีค่อนข้างดี 1 ข้อ อยู่ในระดับปานกลาง 1 ข้อ อยู่ในระดับ พอใช้ 1 ข้อ อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ 1 ข้อ และอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ 6 ข้อ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความรู้ด้านทักษะการสังเกตอยู่ในอันดับแรก มีค่าเฉลี่ย 79.82 มีความรู้ด้าน ทักษะการวัดในอันดับรองลงมา ส่วนทักษะด้านการคำนวณอยู่ในอันดับสุดท้าย มีค่าเฉลี่ย 25.31

1.4.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายด้าน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้าน ทั้ง 13 ทักษะ

1.4.4 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าว ก่อนเรียนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 80.16 คะแนน (S.D. = 6.41) และมีคะแนน

หลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 80.08 คะแนน (S.D. = 5.39) คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.4.5 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.87 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมาก โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้านความใจกว้างอยู่ในอันดับแรก มีค่าเฉลี่ย 4.18 ด้านความอยากรู้อยากเห็นอยู่ในอันดับรองลงมามีค่าเฉลี่ย 3.93 ส่วนเจตคติด้านความเพียรพยายามในอันดับสุดท้าย ค่าเฉลี่ย 3.67

1.4.6 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายด้าน พบว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้านทั้ง 6 ด้าน

2. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเรื่อง ผลการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีประเด็นที่จะนำมาอภิปรายดังนี้

2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาก่อนเรียน โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 15.55 คะแนน (S.D. = 3.06) และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 20.66 คะแนน (S.D. = 2.95) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 สอดคล้องกับ ณัฏชยานันต์ เกตุศรีศักดา (2559, น. 1-10) ได้ศึกษาผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง เสียงและการได้ยิน ระหว่างก่อน-หลังเรียน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียน 2 แห่ง ๆ ละ 11 คน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้โดยการสอนแบบสะเต็มศึกษากับการสอนแบบปกติ เรื่อง เสียงและการได้ยิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 401) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับ ประภาณี ราญมีชัย (2558, น. 401) ศึกษาการเปรียบเทียบผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบสะเต็มศึกษาเรื่องไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนที่ได้รับการสอนในรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แต่เมื่อพิจารณาภาพรวมอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ มีค่าเฉลี่ย 52.10 เมื่อพิจารณาเป็นราย

ด้านพบว่า อยู่ในระดับดี มาก 2 ข้อ อยู่ในระดับดี 1 ข้อ อยู่ในระดับดีค่อนข้างดี 1 ข้อ อยู่ในระดับปานกลาง 1 ข้อ อยู่ในระดับ พอใช้ 1 ข้อ อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ 1 ข้อ และอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ 6 ข้อ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความรู้ด้านทักษะการสังเกตอยู่ในอันดับแรก มีค่าเฉลี่ย 79.82 มีความรู้ด้านทักษะการวัดในอันดับรองลงมา ส่วนทักษะด้านการคำนวณอยู่ในอันดับสุดท้าย มีค่าเฉลี่ย 25.31 เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายด้าน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้าน ทั้ง 13 ทักษะ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนรู้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) เป็นการสอนที่เป็นนวัตกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

ผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ซึ่งผู้วิจัยได้จำแนกเป็นรายด้านดังนี้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน การเรียนได้ผลเช่นนี้เนื่องจากในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนส่งเสริมให้นักเรียนหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด โดยการแสวงหาความรู้ เพื่อนำความรู้ไปแก้ไขปัญหา เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุง โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เพื่อนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ออกแบบวางแผนทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาพิจารณาเพื่อออกแบบวิธีการหรือประดิษฐ์เพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดขึ้นอย่างเป็นระบบได้จากการปฏิบัติและฝึกฝนจริงทำให้เกิดทักษะขึ้น แต่ก็พบว่ายังทักษะที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งทักษะที่ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ได้แก่ การคำนวณ การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทักษะขั้นผสมผสาน แต่ทักษะทัก 13 ทักษะมีเพิ่มขึ้นจากการได้รับการสอนโดยใช้แนวทางสะเต็มศึกษา ในส่วนทักษะที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ยังต้องใช้การฝึกฝนเพื่อนให้เกิดความชำนาญ วราภรณ์ สีดำ (2550, น. 38) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงพฤติกรรมที่ใช้ในการสอบแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการคิดเพื่อค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างคล่องแคล่วและชำนาญ ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2557, น. 355) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เกิดจากการคิด เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น สามารถแสดงออกได้จากการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ในชั้นเรียนได้ ทัศนีย์ ผลเศรษฐี (2555, น. 29) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการทำงานศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นขั้นตอน มีระเบียบแบบแผนเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ความเข้าใจเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกปฏิบัติและการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ สิทธิ์ ธงไชย (2556, น. 35) กล่าวว่ากระบวนการวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา มีลักษณะคล้ายกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมติฐาน การออกแบบ

การทดลอง และการลงข้อสรุป ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือการออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมิใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด ในขณะที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักมุ่งไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

2.2 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าว ก่อนเรียนโดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 80.16 คะแนน (S.D. = 6.41) และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 80.08 คะแนน (S.D. = 5.39) คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.87 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมาก โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้านความใจกว้างอยู่ในอันดับแรก มีค่าเฉลี่ย 4.18 ด้านความอยากรู้อยากเห็นอยู่ในอันดับรองลงมามีค่าเฉลี่ย 3.93 ส่วนเจตคติด้านความเพียรพยายามในอันดับสุดท้าย ค่าเฉลี่ย 3.67 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายด้าน พบว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้านทั้ง 6 ด้าน

ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน การที่ได้ผลเช่นนี้เนื่องจาก 1) ด้านความอยากรู้อยากเห็น นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์เกิดการแข่งขันระหว่างกลุ่ม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการสืบหาความรู้ เกิดแนวคิดใหม่ๆ 2) ด้านความมีเหตุผล นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่สืบค้นจากความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาสนับสนุนเพื่อแก้ไขสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 3) ด้านความใจกว้างนักเรียนมีการทำงานกลุ่มร่วมกัน เกิดการรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม มีการวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อหาข้อมูลที่สรุป 4) ด้านความซื่อสัตย์นักเรียนนำเสนอข้อมูล วิธีการแก้ปัญหาและชิ้นงานจากความเป็นจริงเพื่อนำข้อมูลมาวิพากษ์วิจารณ์และนำมาใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น ซึ่งจะเกิดขึ้นในขั้นสร้าง ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา 5) ด้านความเพียรพยายาม เนื่องจากการสร้างชิ้นงานหรือสร้างวิธีการแก้ไขปัญหาอาจจะพบกับอุปสรรคหรือไม่ประสบความสำเร็จนักเรียนต้องมีความเพียรพยามเพื่อให้ถึงเป้าหมาย 6) ด้านยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอแต่ละกลุ่มได้มีการนำเสนอหน้าชั้นเรียนได้รับทราบผลการปฏิบัติงานของแต่ละกลุ่ม ทราบข้อดีข้อด้อยและการปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาให้ดีขึ้น ยอมรับข้อมูลจากกลุ่มอื่นๆ มาพิจารณา และนำเสนอแนวทางแก้ไขของกลุ่มตน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางสะเต็มพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่าสามารถพัฒนาได้ทั้งทางด้านความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์ ความเพียรพยายามยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยาน เนื่องจากเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่แสดงออกมาในรูปพฤติกรรมที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ช่วยให้บุคคลเกิดการแสวงหาความรู้อย่างไม่มีที่สิ้นสุดรวมทั้งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาความคิดและพฤติกรรมตลอดจนการตัดสินใจ จำนง ทองช่วย (2551, น. 26) เจตคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึงความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการคิดการกระทำและการตัดสินใจที่แสวงหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรมซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาด้านอื่นๆเพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดีและทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ประยงค์ ประจงไสย (2551, น. 43) เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็น

ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการคิด การกระทำและการตัดสินใจในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงออกให้เห็นทางพฤติกรรมทางด้านความอยากรู้อยากเห็น ความเพียรพยายามความมีเหตุผล ความระเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ ความซื่อสัตย์ ความใจกว้างและเต็มใจรับฟังความคิดใหม่ ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น. 12) กล่าวว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด การกระทำในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดี

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

3.1.1 การจัดการเรียนการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มในชั่วโมงแรกเป็นสิ่งจำเป็นมากที่ครูผู้สอนควรอธิบายแต่ละขั้นของการทำกิจกรรมในแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มให้นักเรียนเข้าใจให้ชัดเจน และใช้คำถามคอยกระตุ้นไปสู่คำตอบ

3.1.2 การจัดการเรียนการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ควรให้เวลาเพียงพอแก่การเรียนรู้ ไม่จำกัดเวลาในการทำกิจกรรม ไม่ควรทำกิจกรรมเพื่อการแข่งขัน ครูจึงควรมีเวลาให้นักเรียนในการปรึกษาในชั่วโมงว่าง

3.1.3 การจัดการเรียนการสอนแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มในขั้นค้นหาและการระดมสมองอาจมีการจัดเป็นศูนย์การศึกษาแต่ละศูนย์ให้นักเรียนศึกษา

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรทำวิจัยลักษณะเดียวกันกับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในกาคิดอย่างมีวิจารณญาณ พัฒนาการคิดขั้นสูงตามแนวคิดของบลูม เป็นต้น

3.2.2 สามารถนำไปใช้ในชั่วโมงอื่นนอกจากชั่วโมงเรียน เช่น กิจกรรมชุมนุม กิจกรรมลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ วิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ เนื่องจากไม่ถูกจำกัดเรื่องเวลา ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้

3.2.3 สามารถแทรกกระบวนการสอนวิทยาศาสตร์ในขั้นค้นหาและระดมสมอง เช่น การสอนแบบ 5E การใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยเพิ่มทักษะทางวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล. (2557). กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนำมาใช้ในห้องเรียนได้หรือไม่. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(190), 9. สืบค้นจาก http:// emagazine.ipst.ac.th/

เกียรติคุณ มนตรี และ จุฬา วัฒนทล. (2558). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(185), 16.

จำนง ทองช่วย. (2551). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การสอนรูปแบบซิปปาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

จุฑาภรณ์ อุมาสะ. (2556). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบนิเวศ ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2557). การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. *สุทธิปริทัศน์*, 28 (86), 355.

ณัฏฐิยาภรณ์ หยกอุบล. (2555). *สอนให้คิดด้วยจิตวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์วิชาการ.

ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 27(2), 96-109.

นวลจิตต์ เชาวกีรพงศ์. (2557). การพัฒนาแสวงหาความรู้ทางวิทยาสาสตร์. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. หน่วยที่ 5. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

นิตยา ภูผาบาง. (2559). *การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. นักบริหาร *Executive Journal*, 33(2), 49-56.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9 (ฉบับพิเศษ), 401.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 42 (185), 18. สืบค้นจาก http://physics.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/2/2014/11/STEMEdu_IPSTMag185.pdf.

วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์ และ อาทร นกแก้ว. (2556). STEM. *นวัตกรรม,* 8 (32), 10. สืบค้นจาก http://www.il.mahidol.ac.th/th/images/stories/e-documents/NewsLetter32.pdf.

วราภรณ์ สีดำเน้น. (2550). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *คู่มือกิจกรรมสะเต็ม ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ

_____. (ม.ป.ป.). *แนวคิดของการวัดประเมินผลวิทยาศาสตร์. สืบค้นจาก* http://sa.ipst.ac.th/?p=682.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(3), 154-160.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2559). *ถอดรหัสการสอนสะเต็ม*. สงขลา: ศิลป์โฆษณา.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 42(185), 35-37.

Afif Hafez Zeidan & Majdi Rashed Jayosi. (2015). *World Journal of Education*, 5(1), 13. Retrieved from http://www.sciedu.ca/journal/index.php/wje/article/view/5890.

Alpaslan Sahin. (2014). *Stem education : Understandin g the changINg landscape. A practice-based model of STEM teaching" STEM Students on the Stage (SOS)™, Sense Publishers*, 10. Retrieved from https://www.sensepublishers.com/media/2349-a-practice-based-model-of-stem-teaching.pdf.

Hidayati Parida. (2558). Proceeding of International Seminar on Science Education Yogyakarta State University.

Robert M. Caprago, Mary Margaret Capraro and James R. Morgan. (2013). *STEM Project-Based Learning*. n.p. SENSE.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แผนจัดการเรียนรู้รูปแบบ STEM

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว 30203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 2 เรื่อง การสะท้อนของแสง เวลา 4 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอแสงจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง ถ้าแสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุต่างชนิดกันและเป็นวัตถุทึบแสงที่มีผิวขัดมัน แสงจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่งบนผิวที่แสงกระทบและเคลื่อนที่กลับทิศในตัวกลางเดิม เรียกว่า การสะท้อน

กฎการสะท้อนแสง (Law of Reflection)

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นปกติ ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบต้องเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงกระทบเส้นปกติ

การเกิดภาพในกระจกเงาระนาบ มีลักษณะดังนี้

1. เป็นภาพเสมือน หัวตั้ง หลังกระจก ขนาดเท่ากับวัตถุ
2. มีลักษณะกลับข้างกับวัตถุ คือ กลับซ้ายเป็นขวาและกลับขวาเป็นซ้าย
3. ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ

ในกรณีที่มีกระจกเงาระนาบ 2 บานวางทำมุมระหว่างกันจะเกิดภาพสะท้อนกลับไปกลับมาได้หลายๆ ภาพการสะท้อนสามารถนำประโยชน์ใช้ทำกล้องเรือดำน้ำอย่างง่าย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะการเกิดภาพในกระจกเงาระนาบได้
2. นำกฎการสะท้อนแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. แก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

เนื้อหา

1. การสะท้อนของแสง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

1.1 ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาต่อไปนี้แก่นักเรียน

> การสู้รบทางน้ำเมื่อก่อน ทหารจะนิยมพลางตัวโดยใช้ใบไม้ กิ่งไม้ เพื่อไม่ให้ศัตรูมองเห็น แต่ถ้าศัตรูอยู่ใกล้ก็อาจมองเห็นและถูกจับได้ ครูต้องการให้นักเรียนสร้างเครื่องมือที่จะช่วยให้ทหารสามารถเดินทางทางน้ำ โดยที่ทหารสามารถมองเห็นอีกฝั่งได้ และสามารถพลางตัวได้อย่างปลอดภัย

1.2 แบ่งกลุ่มนักเรียน 4-5 คน จากปัญหาที่กำหนดให้ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาจะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร

1.3 แต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอความคิดเห็น ครูสุ่มนักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหา (นักเรียนจะมีคำตอบที่แตกต่างกัน โดยครูยังไม่เฉลย)

1.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ ได้แก่ เข็มหมุด กระดาษ กระจก 2 บาน เลนส์รูปแบบต่างๆ เพื่อตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบ

1.5 นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์จากการทำใบกิจกรรมที่ 1.1 มาใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร

1.6 แต่ละกลุ่มระบุเงื่อนไขที่จะต้องพบในการแก้ปัญหา และระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 ข้อที่ 1

ขั้นที่ 2 การค้นหาและการระดมสมอง โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

2.1 สมาชิกในกลุ่มช่วยกันรวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

2.2 แต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมอง หาวิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้ ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ข้อที่ 2

2.3 ครูใช้คำถามในการสอนเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ

ขั้นที่ 3 วางแผนการออกแบบและการร่าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

3.1 แต่ละกลุ่มร่างหรือวาดภาพ ออกแบบ (อาจจะมีแบบร่างมากกว่าหนึ่งแบบ)

3.2 นักเรียนตอบลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ข้อที่ 3

3.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 สร้าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

4.1 แต่ละกลุ่มลงมือสร้างชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้

4.2 แต่ละกลุ่มตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ข้อที่ 4

4.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงานเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ ครูสุ่มนักเรียนบางกลุ่มนำเสนอ

ขั้นที่ 5 การทดสอบและประเมินผล โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

5.1 แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบการทำงาน ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ข้อที่ 5

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงการออกแบบ โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

6.1 แต่ละกลุ่มช่วยกันคิดการเปลี่ยนแปลงอะไรที่ช่วยให้การออกแบบชิ้นงานดีขึ้น ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 ข้อที่ 6

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

7.1 แต่ละกลุ่มอออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานหรือวิธีการพัฒนาให้ดีขึ้น

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 1.1
2. ใบกิจกรรมที่ 1.1
3. ใบกิจกรรมที่ 1.2
4. หนังสือเรียน พว.
5. ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต

หลักฐานการเรียนรู้ / วิธีการวัดและประเมินผล

ความรู้

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ตอบคำถาม	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1.1	- ใบกิจกรรมที่ 1.1	ทำได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป	ครูผู้สอน

ทักษะกระบวนการ

ภาระงาน/ ชิ้น	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ใบกิจกรรมที่ 1.2	- สังเกตการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน
2. ชิ้นงาน	- การนำเสนอและตรวจชิ้นงาน	- แบบประเมินทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ	ครูผู้สอน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
	- สังเกตพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมขณะเรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน

ใบกิจกรรมที่ 1.1 การสะท้อนแสง

1. สิ่งใดจำเป็นต่อการมองเห็น เพราะอะไร

.....

.....

2. แสงมีการเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

3. แสงกระทบวัตถุแต่ละชนิด การเคลื่อนที่ของแสงเหมือนกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

4. ระยะภาพจากผิวแผ่นกระจกกับระยะวัตถุห่างจากผิวกระจกสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

5. จงวาดภาพที่คาดการณ์ในกระจกจากตัวอักษรที่กำหนดให้

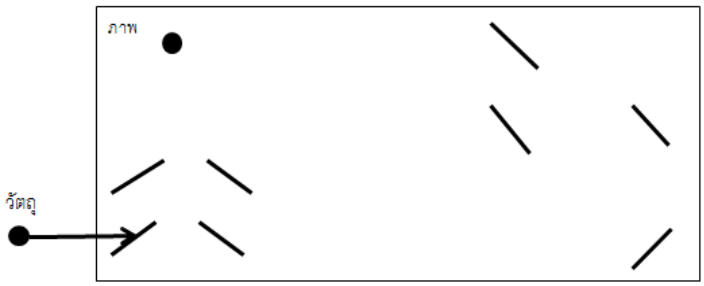
ตัวอักษรที่กำหนด	ตัวอักษรที่คาดการณ์	ตัวอักษรจริง
รถไฟฟ้า		
1234		
apple		

6. ลักษณะของผิววัตถุอย่างไรจะสะท้อนแสงได้ดี

.....

.....

7. จงวาดลำแสงมุมตกกระทบและมุมสะท้อนจากกระจก



ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การสะท้อนของแสง

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 1: Identify the Problem ระบุปัญหา

1. ระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2: Research and Brainstorm การค้นหาและการระดมสมอง

1. วิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม

- ด้านวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านเทคโนโลยี

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3: Plan, design and sketch วางแผนการออกแบบและการร่าง

1. ลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน

.....

.....

.....

2. วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

3. ร่างแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4: Build สร้าง

1. การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ สิ่งที่แตกต่างจากที่ออกแบบ คือ อะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5: Test and evaluate การทดสอบและประเมินผล

1. ชิ้นงานที่สร้างมีข้อด้อยอะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6: Improve the design ปรับปรุงการออกแบบ

1. ปรับปรุงชิ้นงานอย่างไรที่ช่วยให้ชิ้นงานดีขึ้น

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 1.1 การสะท้อนของแสง

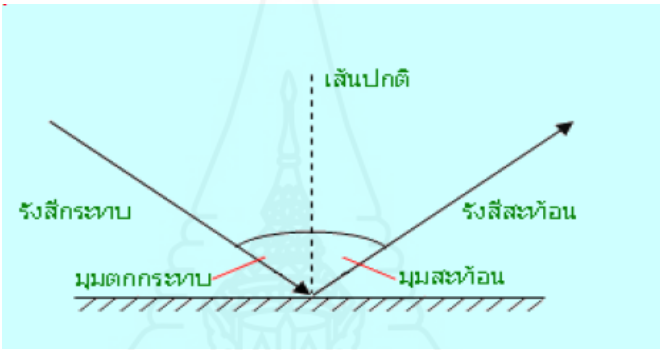
การสะท้อนของแสง

การที่เรามองเห็นวัตถุต่างๆ ได้ เพราะมีแสงจากวัตถุนั้นมาเข้าตาเรา ถ้าไม่มีแสงจากวัตถุมาเข้าตา จะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ

รังสีของแสง เป็นเส้นที่แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง เขียนแทนด้วยเส้นตรงมีหัวลูกศร รังสีแสงแบ่งเป็น 3 แบบ คือ รังสีขนาน รังสีลู่เข้า และรังสีลู่ออก

วัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีจะมีลักษณะเป็นผิวเรียบ มัน เช่น กระจกเงาราบ เป็นต้น

การสะท้อนแสงของกระจกเงาราบ



เมื่อให้ลำแสงขนาดเล็กซึ่งเรียกว่า รังสีของแสง ตกกระทบผิวกระจกเงาราบ เรียกรังสีนี้ว่า รังสีตกกระทบ เราจะเห็นรังสีของแสงสะท้อนออกจากผิวกระจกเงาราบ เรียกว่า รังสีสะท้อน ถ้าให้รังสีตกกระทบตั้งฉากกับกระจกเงาราบ รังสีจะสะท้อนทับกับรังสีตกกระทบ เส้นรังสีในแนวนี้เรียกว่าเส้นแนวฉากหรือเส้นปกติ ว่า มุมสะท้อน เมื่อมุมตกกระทบเปลี่ยนแปลงไป มุมสะท้อนก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยที่มุมตกกระทบจะเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ

กฎการสะท้อนแสง (Law of Reflection)

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นปกติ ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน

2. มุมตกกระทบต้องเท่ากับมุมสะท้อน ณ ตำแหน่งที่แสงกระทบเส้นปกติ

ภาพจากการสะท้อนแสงของวัตถุ

ภาพ (image) คือ สิ่งที่ปรากฏแก่นัยน์ตา เป็นลักษณะปรากฏของวัตถุที่เกิดขึ้นเนื่องจากรังสีสะท้อนหรือรังสีหักเห จากวัตถุมาตัดกัน หรือเสมือนหนึ่งว่าตัดกัน

ถ้ารังสีตัดกันจริง ก็จะเกิดภาพจริง ถ้ารังสีเสมือนหนึ่งว่ามาตัดกัน ก็จะได้ภาพเสมือน ภาพจริงสามารถเอาฉากหรือจอมารับภาพได้

การเกิดภาพในกระจกเงาระนาบ มีลักษณะดังนี้

1. เป็นภาพเสมือน หัวตั้ง หลังกระจก ขนาดเท่ากับวัตถุ

2. มีลักษณะกลับข้างกับวัตถุ คือ กลับซ้ายเป็นขวาและกลับขวาเป็นซ้าย ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ปรัศวภาควิโลม (Lateral inversion) ดังรูป

3. ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ คือ ตำแหน่งของวัตถุและตำแหน่งของภาพจะอยู่ห่างจากตัวผิวสะท้อนแสงเท่ากัน ถ้าวัดระยะจากวัตถุถึงผิวแผ่นสะท้อนแสง เรียกว่า ระยะวัตถุ และระยะที่วัดจากภาพถึงผิวตัวสะท้อนแสง เรียกว่า ระยะภาพ จะพบว่าระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพ จึงสรุปได้ว่าภาพที่เกิดจากการสะท้อนแสงของกระจกเงาระนาบจะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุและขนาดของภาพเท่ากับขนาดของวัตถุ

แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/คะแนน					รวม	สรุปผลการประเมิน
		ความร่วมมือในกิจกรรม	การแสดงความคิดเห็น	ความตั้งใจในการทำงาน	การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี	มารยาทในการทำงานร่วมกัน		
		1	1	1	1	1	5	
1								
2								
3								
4								
5 6 7 8								
9								
10								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 4 ขึ้นไป ดีมาก

คะแนน 3 ดี

คะแนน ต่ำกว่า 3 ปรับปรุง

แบบประเมิน ทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมและทำเครื่องหมาย ลงในช่องรายการที่ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้น

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการที่สังเกต								
		ทักษะ/กระบวนการ				เจตคติทางวิทยาศาสตร์				
		การสังเกต	การสำรวจ	การรวบรวมข้อมูล	การนำเสนอข้อมูล	การแสดงความคิดเห็น	ความรับผิดชอบ	ความมีเหตุผล	ทำงานร่วมกับผู้อื่น	รวม
1										
2										
3										
4										
5 6 7 8										
9										
10										

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

ปฏิบัติได้ 6 รายการขึ้นไป ดีมาก
ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ ดี
ปฏิบัติได้ 3 รายการ พอใช้
ปฏิบัติได้น้อยกว่า 3 รายการ ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/ คะแนน				รวม	สรุปผลการประเมิน
		มีวินัย	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	มีจิตสาธารณะ		
		1	1	1	1	4	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

บันทึกผลหลังสอน

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้สอน

(นางสาวฐายิกา ชูสุวรรรณ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหารหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บริหาร

( )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว 30203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 2 เรื่อง การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ เวลา 4 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

เลนส์ เป็นตัวกลางโปร่งใส ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก มีผิวหน้าโค้งสองข้างไม่ขนานกัน มี 2 ชนิด คือ 1)เลนส์เว้า มีคุณสมบัติ กระจายแสง 2) เลนส์นูน มีคุณสมบัติ รวมแสง การกระจายของแสงผ่านปริซึม การสะท้อนกลับหมดของแสงที่ก้นอ่างโดยมีหลอดไฟเล็ก ๆ ดวงหนึ่งเปิดสว่างอยู่ แล้วเห็นพื้นที่ผิวมากที่สุดของของเหลวเพียงส่วนหนึ่งที่แสงผ่านได้ สเปกตรัมของแสงจากรุ้งกินน้ำ การเกิดมิราจจากภาพของต้นไม้กลับหัวและต้นไม้จริง หรือ ภาพเหมือนน้ำมีเจิ่งนองบนถนนที่ร้อนจัด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์ที่ตำแหน่งต่างๆได้
2. นำความรู้การเกิดภาพจากเลนส์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. แก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

เนื้อหา

1. ประเภทของเลนส์
2. การเขียนภาพที่เกิดจากเลนส์
3. การเกิดภาพจากเลนส์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

1.1 ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาต่อไปนี้แก่นักเรียน

> กล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย
>
> ครูชีววิทยาต้องการให้นักเรียนศึกษาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆรอบตัวของนักเรียน จึงต้องการให้นักเรียนออกแบบกล้องจุลทรรศน์อย่างง่ายใช้งานสะดวกให้สามรถมองเห็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กได้

1.2 แบ่งกลุ่มนักเรียน 4-5 คน จากปัญหาที่กำหนดให้ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาจะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร

1.3 แต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอความคิดเห็น ครูสุ่มนักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหา (นักเรียนจะมีคำตอบที่แตกต่างกัน โดยครูยังไม่เฉลย)

1.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ ได้แก่ เลนส์รูปแบบต่างๆ กระดาษ กระจก เพื่อตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบ

1.5 นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์จากการทำกิจกรรมมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร

1.6 แต่ละกลุ่มระบุเงื่อนไขที่จะต้องพบในการแก้ปัญหา และระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 ข้อที่ 1

ขั้นที่ 2 การค้นหาและการระดมสมอง โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

2.1 สมาชิกในกลุ่มช่วยกันรวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

2.2 แต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมอง หาวิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้ ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2.2 ข้อที่ 2

2.3 นักเรียนรับอุปกรณ์ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ เลนส์ (นักเรียนแจ้งครูเลนส์ที่ต้องการ) ไม้หนีบผ้า กาว 2 หน้า กรรไกร กระดาษแข็ง ครูคอยช่วยเหลือแต่ละกลุ่มโดยใช้คำถามเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ

ขั้นที่ 3 วางแผนการออกแบบและการร่าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

3.1 แต่ละกลุ่มร่างหรือวาดภาพ ออกแบบ (อาจจะมีแบบร่างมากกว่าหนึ่งแบบ)

3.2 นักเรียนตอบลงในใบกิจกรรมที่ 2.2 ข้อที่ 3

3.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 สร้าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

4.1 แต่ละกลุ่มลงมือสร้างชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้

4.2 แต่ละกลุ่มตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2.2 ข้อที่ 4

4.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ ครูสุ่มนักเรียนบางกลุ่มนำเสนอ

ขั้นที่ 5 การทดสอบและประเมินผล โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

5.1 แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบการทำงาน ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2.2 ข้อที่ 5

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงการออกแบบ โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

6.1 แต่ละกลุ่มช่วยกันคิดการเปลี่ยนแปลงอะไรที่ช่วยให้การออกแบบชิ้นงานดีขึ้น ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2.2 ข้อที่ 6

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

7.1 แต่ละกลุ่มอออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานหรือวิธีการพัฒนาให้ดีขึ้น

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 2.1
2. ใบกิจกรรมที่ 2.1
3. ใบกิจกรรมที่ 2.2
4. หนังสือเรียน พว.
5. ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต

หลักฐานการเรียนรู้ / วิธีการวัดและประเมินผล

ความรู้

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ตอบคำถาม	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.1	- ใบกิจกรรมที่ 2.1	ทำได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป	ครูผู้สอน

ทักษะกระบวนการ

ภาระงาน/ ชิ้น	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ใบกิจกรรมที่ 2.2	- สังเกตการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน
2. ชิ้นงาน	- การนำเสนอและตรวจชิ้นงาน	- แบบประเมินทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ	ครูผู้สอน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
	- สังเกตพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมขณะเรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน

ใบกิจกรรมที่ 2.1 การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

1. จัดเลนส์นูนและฉาก ดังรูป
2. เลื่อนเลนส์นูนไปที่ตำแหน่งปลายสุดของราง
3. จัดเลนส์นูนให้รับแสงจากวัตถุที่อยู่ไกลจากเลนส์ประมาณ 100 เมตร
4. เลื่อนฉากจนได้ภาพวัตถุคมชัดที่สุดบนฉาก เพื่อวัดความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

ตอนที่ 2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

1. วางกล่องแสงไว้ที่ปลายข้างหนึ่งของไม้เมตร
2. วางเลนส์บนไม้เมตรให้ห่างจากเทียนไขไกลกว่าความยาวโฟกัสเล็กน้อย
3. เลื่อนฉากไปมาจนได้ภาพของเปลวเทียนบนฉากคมชัดที่สุด
4. วัดระยะวัตถุ (s) และระยะภาพ (s') บันทึกค่าที่ได้ในตาราง
5. เลื่อนเลนส์ให้เทียนไขเป็นระยะต่างๆ อีก 4 ค่า ทำการทดลองซ้ำกับที่ได้ทำในข้างต้น จะได้ s และ s' อย่างละ 5 ค่า
6. คำนวณค่าของ $\frac{1}{s}$ และ $\frac{1}{s'}$ พร้อมทั้งบันทึกลงตาราง จากนั้นเขียนกราฟระหว่าง $\frac{1}{s}$ กับ $\frac{1}{s'}$ โดยให้ $\frac{1}{s}$ อยู่บนแกนยืน และ $\frac{1}{s'}$ อยู่บนแกนนอน

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่ 1	ระยะวัตถุ (S)	ระยะภาพ (S')	1/s	1/s'
1				
2				
3				
4				

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง การเกิดภาพบนกระจกและเลนส์

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 1: Identify the Problem ระบุปัญหา

1. ระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2: Research and Brainstorm การค้นหาและการระดมสมอง

1. วิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม

- ด้านวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านเทคโนโลยี

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3: Plan, design and sketch วางแผนการออกแบบและการร่าง

1. ลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน

.....

.....

.....

2. วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

3. ร่างแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4: Build สร้าง

1. การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ สิ่งที่แตกต่างจากที่ออกแบบ คือ อะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5: Test and evaluate การทดสอบและประเมินผล

1. ชิ้นงานที่สร้างมีข้อด้อยอะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6: Improve the design ปรับปรุงการออกแบบ

1. ปรับปรุงชิ้นงานอย่างไรที่ช่วยให้ชิ้นงานดีขึ้น

.....

.....

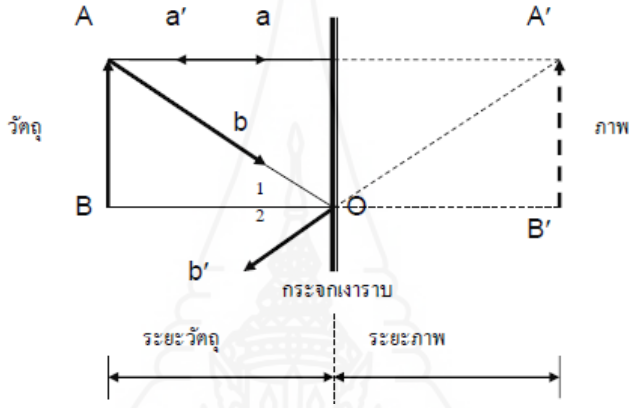
.....

ใบความรู้ที่ 2.1 การเกิดภาพจากกระจกและเลนส์

การเกิดภาพจากกระจกเงา

กระจกแบ่งออกเป็นกระจกเงาระนาบและกระจกโค้ง กระจกโค้งมี 2 ชนิด คือ กระจกเว้าและกระจกนูน

1. กระจกเงาระนาบหรือกระจกเงาราบ กระจกเงาชนิดนี้มีด้านหลังฉาบด้วยเงินหรือปรอท ภาพที่เกิดเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง อยู่หลังกระจก มีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ และขนาดภาพเท่ากับขนาดวัตถุ ภาพที่ได้จะกลับจากขวาเป็นซ้าย เรียกว่า “ปรัศวภาควิโลม (Lateral inversion)”



จากรูป อธิบายหลักการเรื่อง การเดินทางของแสงเพื่อหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากกระจกเงาระนาบ 1 บาน ได้ดังนี้

ลากเส้นรังสีตกกระทบ 2 เส้น จากวัตถุ AB โดยเส้นหนึ่งลากตั้งฉากกับกระจก (a) เมื่อตกกระทบกระจก แสงจะสะท้อนกลับแนวเดิม (a’) ส่วนรังสีอีกเส้นหนึ่งนั้นให้ลากเอียงทามุมกับกระจกและตกกระทบกระจก (b) แล้วสะท้อนออกมา (b’) โดยมุมตกกระทบ (1) เท่ากับมุมสะท้อน (2) รังสีสะท้อนทั้งสองนี้ไปตัดกันที่ใด ตำแหน่งนั้น คือ ตำแหน่งภาพ (A’B’)

กระจกโค้งเว้าและกระจกโค้งนูน

กระจกเงาผิวโค้งทรงกลม กระจกเงาผิวโค้งทรงกลม มีอยู่ 2 ชนิด คือ กระจกเว้าและกระจกนูน

1. กระจกเว้า คือ กระจกที่ใช้ผิวโค้งเว้าเป็นผิวสะท้อนแสง หรือกระจกเงาที่รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนอยู่ด้านเดียวกับจุดศูนย์กลางความโค้ง

2. กระจกนูน คือ กระจกที่ใช้ผิวโค้งนูนเป็นผิวสะท้อนแสง และรังสีสะท้อนอยู่คนละด้าน กับจุดศูนย์กลางความโค้ง

การเกิดภาพจากกระจกโค้งเว้า โค้งนูน

ภาพ (image) เกิดจากการตัดกันหรือเสมือนตัดกันของรังสีของแสงที่สะท้อนมาจากกระจกหรือหักเหผ่านเลนส์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ภาพจริง เกิดจากรังสีของแสงตัดกันจริง เกิดด้านหน้ากระจกหรือด้านหลังเลนส์ ต้องมีฉากมารับจึงจะมองเห็นภาพ ลักษณะภาพหัวกลับกับวัตถุ มีทั้งขนาดใหญ่กว่าวัตถุ เท่ากับวัตถุ และเล็กกว่าวัตถุ ซึ่งขนาดภาพจะสัมพันธ์กับระยะวัตถุ เช่น ภาพที่ปรากฏบนจอภาพยนตร์ เป็นต้น

2. ภาพเสมือน เกิดจากรังสีของแสงเสมือนตัดกัน ทาให้เกิดภาพด้านหลังกระจกหรือด้านหน้าเลนส์ มองเห็นภาพได้โดยไม่ต้องใช้ฉากรับภาพ ภาพมีลักษณะหัวตั้งเหมือนวัตถุ เช่น ภาพเกิดจากแว่นขยาย เป็นต้น

กระจกเว้าและกระจกนูนเป็นกระจกโค้งที่ใช้กันทั่วไปมีรูปทรงเป็นส่วนหนึ่งของผิวทรงกลม กระจกเว้าจะใช้ด้านเว้ารับแสง ส่วนกระจกนูนจะใช้ด้านนูนรับแสง ด้านที่ไม่ได้ใช้จะฉาบผิวด้วยปรอท

กระจกเว้า กระจกนูน

จากรูป กระจกเว้าและกระจกนูนมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

V คือ ขั้วกระจก เป็นจุดกึ่งกลางของผิวกระจก

C คือ จุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก

R คือ รัศมีความโค้งของกระจก

F คือ จุดโฟกัส เป็นจุดที่อยู่บนเส้นแกนมุขสำคัญ ถ้ารังสีตกกระทบกระจก รังสีสะท้อนจะไปรวมกันที่จุดนี้ สาหรับกระจกเว้า หรือเสมือนรวมกันสาหรับกระจกนูน

VF คือ ความโฟกัส (f) เป็นระยะจากจุดโฟกัสถึงขั้วกระจก โดยที่ความยาวโฟกัสจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของรัศมีความโค้ง หรือ R = 2f

VC คือ เส้นแกนมุขสำคัญ

การเกิดภาพจากเลนส์

เลนส์ คือ วัตถุโปร่งใสซึ่งมีผิวโค้ง ทาจากแก้ว พลาสติก หรือของแข็งที่ใสเหมือนแก้ว แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.เลนส์นูนหรือเลนส์ตีบแสง มีสมบัติในการรวมแสง

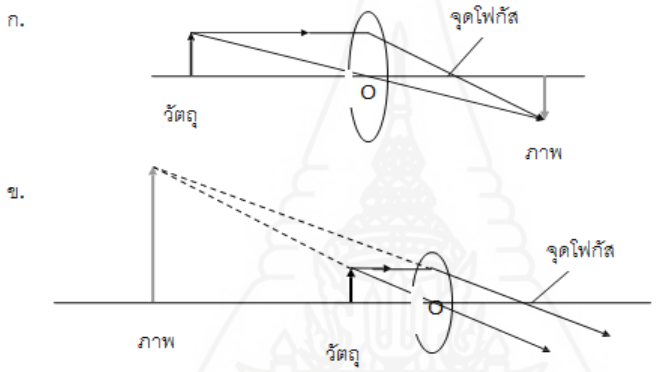
2. เลนส์เว้าหรือเลนส์ถ่างแสง มีสมบัติกระจายแสง

ประเภทของเลนส์นูนได้แก่ เลนส์นูนสองด้าน เลนส์นูนแกมระนาบ เลนส์นูนแกมเว้า เลนส์เว้า ได้แก่ เลนส์เว้า เลนส์เว้าสองด้าน เลนส์เว้าแกมระนาบ เลนส์เว้าแกมนูน

วิธีเขียนทางเดินของแสงผ่านเลนส์ เพื่อแสดงตำแหน่งและลักษณะของภาพ เราใช้รังสี 2 เส้น ดังนี้ คือ เส้นแรกเขียนแนวรังสีจากวัตถุขนานกับเส้นแกนมุขสำคัญแล้วหักเหผ่านจุดโฟกัสของเลนส์ เส้นที่ 2 เขียนแนวรังสีจากวัตถุผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์โดยไม่หักเห รังสีทั้ง 2 เส้น ไปตัดกันที่ใด แสดงว่าตำแหน่งนั้น คือ ตำแหน่งภาพ

ภาพจริง เป็นภาพที่เอาฉากมารับได้และเกิดหลังเลนส์ ภาพที่เกิดจะมีลักษณะหัวกลับกับวัตถุ มีทั้งขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ขนาดเท่ากับวัตถุ และขนาดเล็กกว่าวัตถุ ขึ้นอยู่กับระยะวัตถุ ภาพจริงเกิดจากเลนส์นูน

ภาพเสมือน เป็นภาพที่เอาฉากรับไม่ได้ เกิดหน้าเลนส์ ภาพที่เกิดมีลักษณะหัวตั้งเหมือนวัตถุ ภาพเสมือนที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุจะเกิดจากเลนส์นูน ส่วนภาพเสมือนที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุจะเกิดจากเลนส์



รูป 13.2 แสดงการหาตำแหน่งและลักษณะภาพที่เกิดจากเลนส์นูน

เส้นแกนมุขสำคัญ คือ เส้นตรงที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์ (O)
รังสีของแสง คือ แนวทิศทางของแสงที่เข้ามายังเลนส์
จุดโฟกัส คือ จุดตัดร่วมของรังสีของแสงที่เมื่อผ่านเลนส์แล้วจะมีการหักเหไปตัดกัน ถ้าตัดกันจริง จะเกิดภาพจริง (รูป ก) ถ้าไม่ตัดกันจริงต้องต่อแนวรังสีให้เสมือนไปตัดกันหน้าเลนส์ จะเกิดภาพเสมือน (รูป ข)

การคำนวณหาตำแน่งภาพและขนาดของภาพจากกระจกโค้ง

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

สูตร R= 2f

เมื่อ f คือ ความยาวโฟกัส
S คือ ระยะวัตถุ
S’ คือ ระยะภาพ

ค่าของ f , s , s' มีเครื่องหมายดังนี้

F คือ ความยาวโฟกัส f ของกระจกเว้าเป็น + ของกระจกนูนเป็น -

f คือ ความยาวโฟกัส f ของเลนส์นูนเป็น + ของเลนส์เว้าเป็น -

S คือ ระยะวัตถุเป็น + เสมอ

s’ คือ ระยะภาพ s' ของภาพจริงเป็น + s' ของภาพเสมือนเป็น -

แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/คะแนน					รวม	สรุปผลการประเมิน
		ความร่วมมือในกิจกรรม	การแสดงความคิดเห็น	ความตั้งใจในการทำงาน	การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี	มารยาทในการทำงานร่วมกัน		
		1	1	1	1	1	5	
1								
2								
3								
4								
5 6 7 8								
9								
10								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 4 ขึ้นไป ดีมาก

คะแนน 3 ดี

คะแนน ต่ำกว่า 3 ปรับปรุง

แบบประเมิน ทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมและทำเครื่องหมาย ลงในช่องรายการที่ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้น

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการที่สังเกต								
		ทักษะ/กระบวนการ				เจตคติทางวิทยาศาสตร์				
		การสังเกต	การสำรวจ	การรวบรวมข้อมูล	การนำเสนอข้อมูล	การแสดงความคิดเห็น	ความรับผิดชอบ	ความมีเหตุผล	ทำงานร่วมกับผู้อื่น	รวม
1										
2										
3										
4										
5 6 7 8										
9										
10										

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

ปฏิบัติได้ 6 รายการขึ้นไป ดีมาก
ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ ดี
ปฏิบัติได้ 3 รายการ พอใช้
ปฏิบัติได้น้อยกว่า 3 รายการ ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/ คะแนน				รวม	สรุปผลการประเมิน
		มีวินัย	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	มีจิตสาธารณะ		
		1	1	1	1	4	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

บันทึกผลหลังสอน

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้สอน

(นางสาวฐายิกา ชูสุวรรรณ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหารหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บริหาร

( )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว 30203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 2 เรื่อง การหักเหของแสง เวลา 4 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

เมื่อแสงเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวางที่มีดรรชนีหักเหต่างกัน แล้วสามารถผ่านสิ่งกีดขวางไปได้ จะมีผลทำให้แนวการเคลื่อนที่ของแสงเปลี่ยนไปจากเดิม เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การหักเหของแสง และเป็นไปตามกฎการหักเหของแสง ดังนี้ 1) รังสีหักเหอยู่ในระนาบเดียวกันกับรังสีตกกระทบและเส้นแนวฉาก ณ จุดกระทบ 2) สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ อัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบในตัวกลางที่หนึ่งกับไซน์ของมุมหักเหในตัวกลางที่สอง จะมีค่าคงตัวเสมอ และค่าคงตัว คือ ค่าดรรชนีหักเห

เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปตัวกลางหนึ่งซึ่งมีดรรชนีหักเหแสงต่างกัน n_1 และ n_2 จะได้ว่า

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

เมื่อ $n_1, n_2,$ คือ ดรรชนีหักเหแสงของตัวกลาง
เรียกสมาการข้างต้นว่า กฎการหักเหของสเนลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. คำนวณโดยใช้สูตรของสเนลล์ได้
2. นำกฎการหักเหของการหักเหของแสงประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. แก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้

เนื้อหา

1. การหักเหของแสง

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify the Problem) โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

1.1 ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาต่อไปนี้แก่นักเรียน

> หาปลา
>
> ชาวประมงคนหนึ่งได้ใช้ฉมวกในการหาปลา ถ้าเขาพุ่งฉมวกตรงจุดที่เห็นปลาจะไม่ถูกตัวปลา ครูต้องการให้นักเรียนบอกวิธีการใช้ฉมวกในการพุ่งไปที่ปลา จะต้องใช้ฉมวกแทงส่วนไหนของปลาเพื่อให้แม่นยำ

1.2 แบ่งกลุ่มนักเรียน 4-5 คน จากปัญหาที่กำหนดให้ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาจะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร

1.3 แต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอความคิดเห็น ครูสุ่มนักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหา (นักเรียนจะมีคำตอบที่แตกต่างกัน โดยครูยังไม่เฉลย)

1.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ ได้แก่ ไม้บรรทัด แก้วใส่น้ำ ของความสูง เหรียญบาท เพื่อตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบ

1.5 นักเรียนทำใบงานที่ 3.1 ครูและนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์จากการทำกิจกรรมมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร

1.6 แต่ละกลุ่มระบุเงื่อนไขที่จะต้องพบในการแก้ปัญหา และระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ข้อที่ 1

ขั้นที่ 2 การค้นหาและการระดมสมอง โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

2.1 สมาชิกในกลุ่มช่วยกันรวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

2.2 แต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมอง หาวิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้ ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ข้อที่ 2

2.3 ครูคอยช่วยเหลือแต่ละกลุ่มโดยใช้คำถามเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ

ขั้นที่ 3 วางแผนการออกแบบและการร่าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

3.1 แต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (อาจจะมีแบบร่างมากกว่าหนึ่งแบบ)

3.2 แต่ละกลุ่มเลือกวัสดุที่ใช้สำหรับการสร้างชิ้นงาน

3.3 นักเรียนตอบลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ข้อที่ 3

3.4 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 สร้าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

4.1 แต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดที่ได้ออกแบบไว้

4.2 แต่ละกลุ่มตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ข้อที่ 4

4.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างชิ้นงานเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ ครูสุ่มนักเรียนบางกลุ่มนำเสนอ

ขั้นที่ 5 การทดสอบและประเมินผล โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

5.1 แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบการทำงาน ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ข้อที่ 5

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงการออกแบบ โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

6.1 แต่ละกลุ่มช่วยกันคิดการเปลี่ยนแปลงอะไรที่ช่วยให้การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาดีขึ้น ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 3.2 ข้อที่ 6

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

7.1 แต่ละกลุ่มอออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือวิธีการพัฒนาให้ดีขึ้น

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 1.1
2. ใบกิจกรรมที่ 3.1
3. ใบกิจกรรมที่ 3.2
4. ใบงานที่ 3.1
5. หนังสือเรียน พว.

หลักฐานการเรียนรู้ / วิธีการวัดและประเมินผล

ความรู้

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ตอบคำถาม	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 3.1 - ตรวจใบงานที่ 3.1	- ใบกิจกรรมที่ 3.1 - ใบงานที่ 3.1	ทำได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป ทำได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป	ครูผู้สอน ครูผู้สอน

ทักษะกระบวนการ

ภาระงาน/ ชิ้น	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ใบกิจกรรมที่ 3.2	- สังเกตการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน
2. ชิ้นงาน	- การนำเสนอและตรวจชิ้นงาน	- แบบประเมินทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ	ครูผู้สอน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
	- สังเกตพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมขณะเรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน

ใบกิจกรรมที่ 3.1 ไม้บรรทัดหักงอ

จุดประสงค์ 1. เขียนทางเดินแสงแสดงการหักเหของแสงจากอากาศไปสู่น้ำได้
2. อธิบายได้ว่าเมื่อวัตถุจมน้ำ ระยะความลึกที่ปรากฏต่อสายตาจะน้อยกว่า ความลึกจริง

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้บรรทัด
2. แก้วใส่น้ำ ¾ ของความสูง
3. เหรียญบาท

วิธีทำ

1. นำไม้บรรทัดจุ่มลงในแก้วน้ำ
2. สังเกตลักษณะไม้บรรทัดเหนือผิวน้ำและใต้น้ำ
3. นำไม้บรรทัดออกแล้วใส่เหรียญบาทลงไปแทน
4. สังเกตเหรียญที่อยู่ในน้ำ

ผลการทำกิจกรรม

.....
.....
.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สังเกตเห็นไม้บรรทัดมีลักษณะอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....
.....
.....

2. เหรียญบาทจะมีลักษณะอย่างไร ตำแหน่งที่มองเห็นกับตำแหน่งจริงอยู่ที่เดียวกัน หรือไม่

.....
.....
.....

ใบกิจกรรมที่ 3.2 เรื่อง การหักเหของแสง

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 1: Identify the Problem ระบุปัญหา

1. ระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2: Research and Brainstorm การค้นหาและการระดมสมอง

1. วิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม

- ด้านวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านเทคโนโลยี

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3: Plan, design and sketch วางแผนการออกแบบและการร่าง

1. ลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน

.....

.....

.....

2. วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

3. ร่างแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4: Build สร้าง

1. การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ สิ่งที่แตกต่างจากที่ออกแบบ คือ อะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5: Test and evaluate การทดสอบและประเมินผล

1. ชิ้นงานที่สร้างมีข้อด้อยอะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6: Improve the design ปรับปรุงการออกแบบ

1. ปรับปรุงชิ้นงานอย่างไรที่ช่วยให้ชิ้นงานดีขึ้น

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 3.1 เรื่องการหักเหของแสง

การหักเหของแสง

การหักเหเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางอย่างน้อย 2 ชนิด ที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน การหักเหจะเกิดขึ้นตรงผิวรอยต่อของตัวกลาง ถ้าแสงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกันแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง

รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน รังสีหักเห และเส้นตั้งฉากอยู่บนระนาบเดียวกัน
มุมหักเห (angle of refraction) ขึ้นกับวัสดุและมุมตกกระทบ

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \text{ค่าคงตัว}$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \text{ค่าคงตัว}$$

v_1 แทน อัตราเร็วแสงในตัวกลางที่หนึ่ง

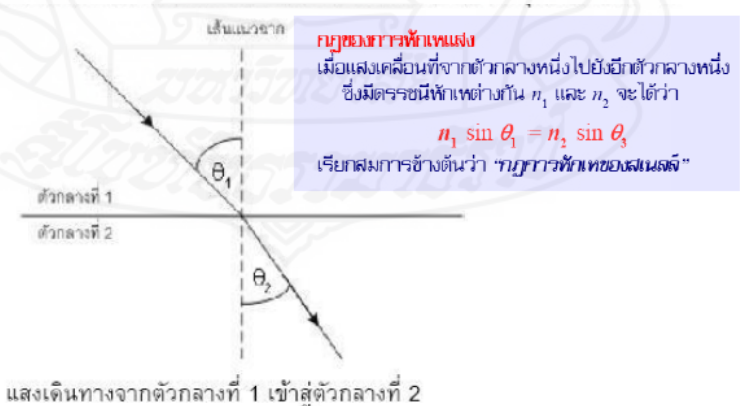
v_2 แทน อัตราเร็วแสงในตัวกลางที่สอง

การหักเหของแสง เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน

1 ความเร็วความยาวคลื่นของแสงจะเปลี่ยนไปแต่ความถี่จะไม่เปลี่ยน

2 แสงจะหักเหเข้าหาเส้นปกติเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก แสงจะหักเหออกจากเส้นปกติเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากหรือตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย

3 แสงจะเดินทางผ่านตัวกลางเป็นเส้นตรงไม่มีการหักเหเมื่อมุมตกกระทบเท่ากับ 0 องศา



แสงเดินทางจากตัวกลางที่ 1 เข้าสู่ตัวกลางที่ 2

เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปตัวกลางหนึ่งซึ่งมีดรรชนีหักเหแสงต่างกัน n_1 และ n_2 จะได้ว่า

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

เมื่อ n_1 คือ ดรรชนีหักเหแสงของตัวกลาง

การเดินทางของลำแสงที่ ผ่านตัวกลางชนิดเดียวกันตลอดจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ถ้าลำแสงเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกันที่มีความหนาแน่นต่างกัน แสงจะเกิดการหักเห ซึ่งเป็นไปตามกฎของการหักเห โดยมุมหักเหจะใหญ่หรือเล็กกว่า มุมตกกระทบ ขึ้นอยู่กับสมบัติอย่างหนึ่งของตัวกลาง ที่เรียกว่า ดัชนีหักเห ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสูญกาศ ต่ออัตราเร็วของแสงในตัวกลางใดๆ ถ้าลำแสงตกกระทบอยู่ในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหน้อยกว่ามุมหักเหที่ได้จะเล็กกว่ามุมตกกระทบ ในทำนองเดียวกันถ้าลำแสงตกกระทบอยู่ในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่ามุมหักเหที่ได้จะโตกว่ามุกตกกระทบ

แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/คะแนน					รวม	สรุปผลการประเมิน
		ความร่วมมือในกิจกรรม	การแสดงความคิดเห็น	ความตั้งใจในการทำงาน	การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี	มารยาทในการทำงานร่วมกัน		
		1	1	1	1	1	5	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 4 ขึ้นไป ดีมาก

คะแนน 3 ดี

คะแนน ต่ำกว่า 3 ปรับปรุง

แบบประเมิน ทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมและทำเครื่องหมาย ลงในช่องรายการที่ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้น

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการที่สังเกต								
		ทักษะ/กระบวนการ				เจตคติทางวิทยาศาสตร์				
		การสังเกต	การสำรวจ	การรวบรวมข้อมูล	การนำเสนอข้อมูล	การแสดงความคิดเห็น	ความรับผิดชอบ	ความมีเหตุผล	ทำงานร่วมกับผู้อื่น	รวม
1										
2										
3										
4										
5 6 7 8										
9										
10										

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

ปฏิบัติได้ 6 รายการขึ้นไป ดีมาก
ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ ดี
ปฏิบัติได้ 3 รายการ พอใช้
ปฏิบัติได้น้อยกว่า 3 รายการ ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/ คะแนน				รวม	สรุปผลการประเมิน
		มีวินัย	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	มีจิตสาธารณะ		
		1	1	1	1	4	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

บันทึกผลหลังสอน

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้สอน

(นางสาวฐายิกา ชูสุวรรรณ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหารหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บริหาร

( )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว 30203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 2 เรื่อง แสงสี เวลา 4 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

การผสมสีของแสงจะทำให้เกิดความรู้สึกในการเห็นแสงสีใหม่ โดยสามารถเห็นได้เพราะนัยน์ตามีเซลล์ประสาทรับแสงสี (Cones) 3 ชุด คือ แสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีเขียว เรียกว่าเป็น แม่สี หรือ สีปฐมภูมิ ซึ่งถือว่าเป็นแสงสีบริสุทธิ์ ที่ไม่สามารถจะแยกออกเป็นแสงสีอื่น ๆ ได้ และถ้านำแสงที่เกิดจากการผสมกันของสีปฐมภูมิ 2 สีมารวมกันจะเกิดเป็น สีทุติยภูมิ

แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน = แสงสีม่วงแดง (Magenta)
แสงสีแดง + แสงสีเขียว = แสงสีเหลือง (Yellow or lemon)
แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีน้ำเงิน-เขียว (Cyan or Blue-Green)
แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีขาว(White)

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอก ความหมาย แสงสีปฐมภูมิแสงสีทุติยภูมิได้
2. นำความรู้เรื่องแสงสีไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. แก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

เนื้อหา

1. แสงสี
2. ความหมาย แสงสีปฐมภูมิและแสงสีทุติยภูมิได้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify the Problem) โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

1.1 ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาต่อไปนี้แก่นักเรียน

แว่นสามมิติ
สร้างแว่นสำหรับดูหนังสามมิติที่บ้านได้

1.2 แบ่งกลุ่มนักเรียน 4-5 คน จากปัญหาที่กำหนดให้ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาจะมี

1.3 แต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอความคิดเห็น ครูสุ่มนักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหา (นักเรียนจะมีคำตอบที่แตกต่างกัน โดยครูยังไม่เฉลย)

1.4 นักเรียนทำใบงานที่ 4.1 ครูและนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์จากการทำกิจกรรมมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร

1.5 แต่ละกลุ่มระบุเงื่อนไขที่จะต้องพบในการแก้ปัญหา และระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา ตอบคำถามลงในใบงานที่ 4.1 ข้อที่ 1

ขั้นที่ 2 การค้นหาและการระดมสมอง โดยจัดกิจกรรม ต่อไปนี้

2.1 สมาชิกในกลุ่มช่วยกันรวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

2.2 แต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมอง หาวิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้ ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 4.1 ข้อที่ 2

2.3 นักเรียนรับอุปกรณ์ ได้แก่ กล่องสี กระดาษขาว กรรไกร ครูคอยช่วยเหลือแต่ละกลุ่มโดยใช้คำถามเพื่อพานักเรียนไปสู่คำตอบ

ขั้นที่ 3 วางแผนการออกแบบและการร่าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

3.1 แต่ละกลุ่มร่างหรือวาดภาพ ออกแบบ (อาจจะมีแบบร่างมากกว่าหนึ่งแบบ)

3.2 นักเรียนตอบลงในใบกิจกรรมที่ 4.1 ข้อที่ 3

3.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 สร้าง โดยการจัดกิจกรรมดังนี้

4.1 แต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดที่ได้ออกแบบไว้

4.2 แต่ละกลุ่มตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 4.2 ข้อที่ 4

4.3 นักเรียนครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างชิ้นงานเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ ครูสุ่มนักเรียนบางกลุ่มนำเสนอ

ขั้นที่ 5 การทดสอบและประเมินผล โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

5.1 แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบการทำงาน ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 4.1 ข้อที่ 5

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงการออกแบบ โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

6.1 แต่ละกลุ่มช่วยกันคิดการเปลี่ยนแปลงอะไรที่ช่วยให้การออกแบบชิ้นงานดีขึ้น ตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 4.1 ข้อที่ 6

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้

7.1 แต่ละกลุ่มอออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือวิธีการพัฒนาให้ดีขึ้น

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 4.1
2. ใบกิจกรรมที่ 4.1
3. ใบงานที่ 4.1
4. หนังสือเรียน พว.
5. ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต

หลักฐานการเรียนรู้ / วิธีการวัดและประเมินผล

ความรู้

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ตอบคำถาม	- ตรวจใบงานที่ 4.1	- ใบงานที่ 4.1	ทำได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป	ครูผู้สอน

ทักษะกระบวนการ

ภาระงาน/ ชิ้น	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
1. ใบกิจกรรมที่ 4.1	- สังเกตการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	- แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน
2. ชิ้นงาน	- การนำเสนอและตรวจชิ้นงาน	- แบบประเมินทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์	ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ	ครูผู้สอน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน	ผู้ประเมิน
	- สังเกตพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมขณะเรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับ 2	ครูผู้สอน

ใบกิจกรรมที่ 4.1 แสงสี

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแสงสีกับวัตถุสีต่างๆ

วิธีทดลอง

1. นำชุดแสงสีที่ได้รับจัดวางดังรูป
2. เสียบปลั๊กทดสอบการใช้งานของแสงสี ปรับลำกล้องให้เหมาะสม
3. เขียนตัวอักษรสีด้วยปากกาดังสีที่กำหนดลงบนกระดาษ A4
4. เลื่อนลำกล้องปรับสี ทดสอบ

สีปากกา	มองผ่านแสงสีแดง	มองผ่านแสงสีน้ำเงิน	มองผ่านแสงสีเขียว	การเปลี่ยนแปลงของกระดาษ
สีแดง				
สีน้ำเงิน				
สีเขียว				
สีดำ				
สีขาว				

คำถาม

1. ถ้าหากเราใช้ปากกาสีแดงและสีน้ำเงินเขียนตัวหนังสือลงบนกระดาษสีขาว เมื่อมองผ่านแว่นตาสีแดงจะเห็นกระดาษขาวทั้งแผ่นเป็นอย่างไร

.....

.....

2. ถ้าในทำนองเดียวกันเมื่อมองผ่านแว่นสีน้ำเงินจะมองเห็นกระดาษขาวทั้งแผ่นเป็นอย่างไร

.....

.....

3. ถ้าใช้แสงสีแดง น้ำเงิน เขียวรวมกัน ในการดูตัวตัวอักษรทั้ง 5 สีดังตารางจะมองเห็นกระดาษขาวทั้งแผ่นเป็นอย่างไร

.....

.....

4. ถ้านำแสงทั้งสามสีทำรูปเป็นสัญลักษณ์ช่อง 7 สีจะมองเห็นกระดาษขาวทั้งแผ่นเป็นอย่างไร วาดรูปแสดง

.....

.....

5. สีปฐมภูมิเกิดจากสีใดรวมกันบ้าง

.....

.....

6. สีทุติยภูมิเกิดจากสีใดรวมกันบ้าง

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่องแสงสี

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 1: Identify the Problem ระบุปัญหา

1. ระบุสิ่งที่อาจเป็นข้อจำกัดในการแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2: Research and Brainstorm การค้นหาและการระดมสมอง

1. วิธีแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาได้

.....

.....

.....

2. ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม

- ด้านวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

- ด้านเทคโนโลยี

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3: Plan, design and sketch วางแผนการออกแบบและการร่าง

1. ลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน

.....

.....

.....

2. วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

3. ร่างแบบชิ้นงาน

ขั้นที่ 4: Build สร้าง

1. การสร้างชิ้นงานเป็นเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ สิ่งที่แตกต่างจากที่ออกแบบ คือ อะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5: Test and evaluate การทดสอบและประเมินผล

1. ชิ้นงานที่สร้างมีข้อด้อยอะไร

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6: Improve the design ปรับปรุงการออกแบบ

1. ปรับปรุงชิ้นงานอย่างไรที่ช่วยให้ชิ้นงานดีขึ้น

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 4.1 แสงสี

แสงกับการมองเห็นสี

ในปี ค.ศ. 1801 Thomas Young ได้กล่าวว่าการผสมสีของแสงจะทาให้เกิดความรู้สึกในการเห็นแสงสีใหม่ โดยสามารถเห็นได้เพราะนัยน์ตามีเซลล์ประสาทรับแสงสี (Cones) 3 ชุด คือ ชุดที่มีความไวสูงสุดกับแสงสีแดง ชุดที่มีความไวสูงสุดกับแสงสีเขียว และชุดที่มีความไวสูงสุดกับแสงสีน้ำเงิน เซลล์ประสาทรับแสงสีทั้ง 3 ชุดนี้ จะมีความไวต่อแถบแสงสีในสเปคตรัมที่ตามองเห็นได้ แสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีเขียว เรียกว่าเป็น แม่สี หรือ สีปฐมภูมิ (primary Color) ซึ่งถือว่าเป็นแสงสีบริสุทธิ์ ที่ไม่สามารถจะแยกออกเป็นแสงสีอื่น ๆ ได้

การมองเห็นสีต่าง ๆ บนวัตถุเกิดจากการผสมของแสงสี เช่น แสงขาวอาจเกิดจากแสงเพียง 3 สีรวมกัน แสงทั้ง 3 สี ได้แก่ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน หรือเรียกว่า สีปฐมภูมิ และถ้านาแสงที่เกิดจากการผสมกันของสีปฐมภูมิ 2 สีมารวมกันจะเกิดเป็น สีทุติยภูมิ ซึ่งสีทุตยภูมิแต่ละสีจะมีความแตกต่างกันในระดับความเข้มสีและความสว่างของแสง

การผสมแสงสี

เมื่อฉายแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นสีปฐมภูมิไปรวมกัน บนฉากขาว ความรู้สึกในการมองเห็นสีบนฉากจะผสมกัน ทาให้เห็น เป็นสีต่าง ๆ ดังนี้

แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน = แสงสีม่วงแดง

แสงสีแดง + แสงสีเขียว = แสงสีเหลือง

แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีไซแอนหรือน้าเงิน-เขียว

แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีขาว

ส่วนสีสองสีที่รวมกันแล้วได้สีขาว สีทั้งสองเป็นสีเติมเต็ม (complementary colors) ของกันและกัน เช่น สีเหลือง เป็นสีเติมเต็มของสีน้ำเงิน และในขณะเดียวกันสีน้ำเงินก็เป็นสีเติมเต็มของสีเหลืองด้วย

หลักการของภาพยนตร์สามมิติ

ภาพยนตร์สามมิติเกิดจากการใช้เครื่องถ่ายภาพยนตร์ 2 เครื่อง ซ้ายและขวาถ่ายภาพเดียวกันในเวลาเดียวกัน ในการฉายก็ใช้เครื่องฉายภาพยนตร์ 2 เครื่องฉายภาพ 2 ภาพลงไปบนจอภาพพร้อม ๆ กันวิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้างการรับรู้ทางลึกในสมอง คือ การให้ตาของผู้มอง 2 ภาพที่ต่างกัน ให้เห็นทัศนมิติในวัตถุเดียวกัน ด้วยการเหลื่อมเพียงเล็กน้อยดังที่ตาเราแต่ละข้างมองเห็นเป็นภาพเดียวด้วยสองตาตามธรรมชาติ เพื่อหลีกเลี่ยงการล้าตาหรือการบิดเลื่อนจากการมอง ภาพ 2 มิติทั้งสองภาพควรอยู่ในระยะชิดกันในระยะที่พอเหมาะ

แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/คะแนน					รวม	สรุปผลการประเมิน
		ความร่วมมือในกิจกรรม	การแสดงความคิดเห็น	ความตั้งใจในการทำงาน	การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี	มารยาทในการทำงานร่วมกัน		
		1	1	1	1	1	5	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 4 ขึ้นไป ดีมาก

คะแนน 3 ดี

คะแนน ต่ำกว่า 3 ปรับปรุง

แบบประเมิน ทักษะ/กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมและทำเครื่องหมาย ลงในช่องรายการที่ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้น

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการที่สังเกต								
		ทักษะ/กระบวนการ				เจตคติทางวิทยาศาสตร์				
		การสังเกต	การสำรวจ	การรวบรวมข้อมูล	การนำเสนอข้อมูล	การแสดงความคิดเห็น	ความรับผิดชอบ	ความมีเหตุผล	ทำงานร่วมกับผู้อื่น	รวม
1										
2										
3										
4										
5 6 7 8										
9										
10										

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

ปฏิบัติได้ 6 รายการขึ้นไป ดีมาก
ปฏิบัติได้ 4-5 รายการ ดี
ปฏิบัติได้ 3 รายการ พอใช้
ปฏิบัติได้น้อยกว่า 3 รายการ ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ที่	ชื่อ – สกุล	รายการประเมิน/ คะแนน				รวม	สรุปผลการประเมิน
		มีวินัย	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	มีจิตสาธารณะ		
		1	1	1	1	4	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

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

บันทึกผลหลังสอน

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้สอน

(นางสาวฐายิกา ชูสุวรรรณ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหารหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บริหาร

( )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ภาคผนวก ข

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิชาฟิสิกส์ ว 30203 เรื่อง แสง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 40 ข้อ ใช้เวลาสอบ 60 นาที
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนด ให้ตรงกับคำตอบต้องการ
3. เขียนชื่อ - นามสกุล ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ
4. เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขอความกรุณาให้นักเรียนนำแบบทดสอบพร้อมกระดาษคำตอบส่งคืนกรรมการผู้ดำเนินการสอบ

ทักษะการสังเกต

1. ข้อใดได้จากการสังเกตกระจกเงาโค้ง
   ก. มีผิวสะท้อนแสงเป็นแนวโค้ง
   ข. มีผิวสะท้อนแสง นูนออกมา
   ค. มีผิวสะท้อนแสง เว้าลงไป
   ง. มีผิวสะท้อนแสงเป็นแนวโค้งทั้งสองด้าน
2. ข้อใดเป็นผลที่ได้จากการสังเกต ในรูปต่อไปนี้ เมื่อตำแหน่งตาอยู่ด้านข้าง

   ก. แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ต่างกันทำให้เกิดการหักเห
   ข. มองปากกาผ่านน้ำไปยังอากาศ จะเห็นวัตถุอยู่ไกลกว่าความเป็นจริง
   ค. ปากกามีการหักงอ
   ง. มองปากกาที่อยู่ในน้ำอยู่ตื้นกว่าความเป็นจริง
3. “เมื่อเลื่อนวัตถุเข้าหากระจกเงาราบ ตำแหน่งภาพและขนาดภาพจะเปลี่ยนแปลง” จากข้อความดังกล่าวมีการใช้ประสาทสัมผัสอะไรในการสังเกตบ้าง
   ก. ตา
   ข. ตา กาย
   ค. ตา กาย ใจ
   ง. ตา กาย ใจ จมูก

ทักษะการวัด

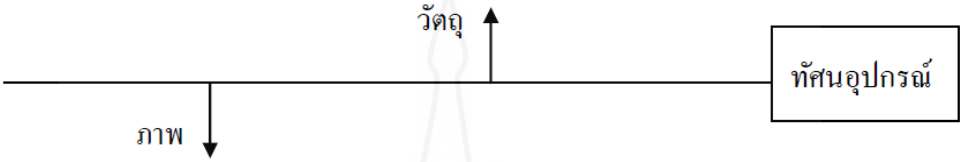
4. ทันตแพทย์ใช้เครื่องมือชนิดใดตรวจฟัน ตรวจดูฟันภายในช่องปาก เห็นเป็นภาพเสมือนขนาดขยาย
   ก. กระจกนูน
   ข. กระจกเว้า
   ค. เลนส์นูน
   ง. เลนส์เว้า

5. การกระจายแสงต้องอาศัยอุปกรณ์ชิ้นใดในการกระจายแสง

ก. แสงสีขาว ข. แท่งแก้ว

ค. แท่งปริซึม ง. แก้วน้ำ

6. ถ้าวางวัตถุไว้หน้าทัศนอุปกรณ์อย่างง่ายชนิดหนึ่ง จะได้ภาพจริงหัวกลับขนาดใหญ่กว่าวัตถุ ดังรูป ทัศนอุปกรณ์อย่างง่ายนี้คือ



ก. กระจกนูน ข. กระจกเว้า

ค. เลนส์นูน ง. เลนส์เว้า

7. หมอดูลายมือต้องการมองเห็นลายมือลูกค้าได้ชัดเจน มีความละเอียดมากขึ้น จะต้องใช้เลนส์ชนิดใด และให้มือลูกค้า อยู่ห่างเท่าใด

ก. เลนส์เว้า 2 หน้า มืออยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์พอดี

ข. เลนส์เว้า 2 หน้า มืออยู่หลังจุดโฟกัสออกไป

ค. เลนส์นูน 2 หน้า มืออยู่ห่างหน้าจุดโฟกัสเข้ามา

ง. เลนส์นูน 2 หน้า มืออยู่ที่จุดศูนย์กลางความโค้งพอดี

ทักษะการคำนวณ

8. จิรายุส่องตัวเองหน้าจกเว้าโดยห่างจากผิวกระจกเป็นระยะเท่าไร จึงเห็นตัวเองเป็นภาพหัวตั้งขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 2 เท่า (โฟกัสกระจกเว้าเท่ากับ 10 เซนติเมตร)

ก. จิรายุต้องห่างจากกระจกเป็นระยะ 14 เซนติเมตร

ข. จิรายุต้องห่างจากกระจกเป็นระยะ 12 เซนติเมตร

ค. จิรายุต้องห่างจากกระจกเป็นระยะ 10 เซนติเมตร

ง. จิรายุต้องห่างจากกระจกเป็นระยะ 5 เซนติเมตร

9. ถ้าต้องการส่องดูวัตถุ ด้วยแว่นขยายให้เห็นวัตถุใหญ่กว่าวัตถุ จะต้องวางวัตถุให้ห่างจากแว่นขยาย เท่าใด และแว่นขยายทำด้วยเลนส์นูนความยาวโฟกัส 12 เซนติเมตร

ก. 18 ซม. ข. 15 ซม.

ค. 12 ซม. **ง. 9 ซม.**

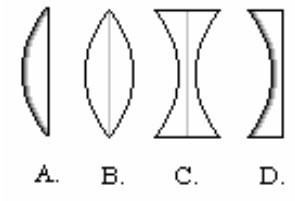
10. วางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูน 20 เซนติเมตร ถ้าเลนส์นูนมีความยาวโฟกัส 15 เซนติเมตร จะเกิดภาพจริงหรือ ภาพเสมือนที่ระยะเท่าไร

ก. ภาพจริง ที่ระยะภาพ 8.6 เซนติเมตร ข. ภาพเสมือน ที่ระยะภาพ 8.6 เซนติเมตร

ค. ภาพจริง ที่ระยะภาพ 60.0 เซนติเมตร ง. ภาพเสมือน ที่ระยะภาพ 60.0 เซนติเมตร

ทักษะการจำแนกประเภท

11. ข้อใดเรียงลำดับเลนส์เว้า กระจกนูน กระจกเว้า และเลนส์นูน ได้ถูกต้อง



ก. A B C D
ข. C A D B
ค. A D B C
ง. C D B A

12. ข้อใดต่างจากพวก

ก. กระจกฝ้า
ข. กระดาษลอกลาย
ค. หมอก
ง. แก้วใส่น้ำ

13. จากการผสมแสงสีแสงสีข้อใด**ไม่เข้าพวก**

ก. สีแดง , สีน้ำเงิน
ข. สีเหลือง , สีม่วงแดง
ค. สีม่วงแดง , สีน้ำเงินเขียว
ง. สีเหลือง , สีน้ำเงินเขียว

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

14. เมื่อต้องการดูของที่มีขนาดเล็กเรามักจะใช้ “ แว่นขยาย ” ซึ่งทำด้วยเลนส์นูน เพราะภาพที่เกิดจากการวางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนนั้นจะเป็นอย่างไร

ก. มีขนาดใหญ่ กว่าวัตถุเสมอ
ข. เป็นภาพเสมือนขนาดใหญ่ กว่าวัตถุที่ระยะวัตถุช่วงหนึ่ง
ค. เป็นภาพเสมือนเสมอ
ง. เป็นภาพจริงหรือภาพเสมือน และมีขนาดใหญ่ กว่าวัตถุเสมอ

15. กระจกมองหลังรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ เป็นกระจกเว้าหรือนูน และเกิดภาพชนิดใดในกระจก

ก. กระจกเว้า ภาพจริง
ข. กระจกเว้า ภาพเสมือน
ค. กระจกนูน ภาพจริง
ง. กระจกนูน ภาพเสมือน

16. วางวัตถุหน้าเลนส์นูนที่ตำแหน่งมากกว่าความยาวโฟกัสแต่น้อยกว่าสองเท่าของความยาวโฟกัสภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

ก. ภาพเสมือน ขนาดขยาย
ข. ภาพเสมือน ขนาดย่อ
ค. ภาพจริง ขนาดขยาย
ง. ภาพจริง ขนาดย่อ

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย

17. จากการศึกษา การเกิดภาพจากกระจกโค้งเว้าที่ตำแหน่งต่างๆ นักเรียนคิดว่าควรจัดกระทำสื่อ ความหมายข้อมูลในรูปแบบใด

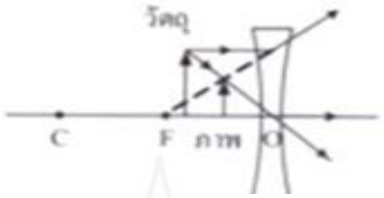
ก. ตาราง
ข. แผนภาพ
ค. ตารางและแผนภาพ
ง. ตารางและแผนภูมิภาพ

18. ข้อใดเป็นเหตุผลที่เหมาะสมที่สุดในการนำเสนอผลการทดลองโดยใช้ตารางในการเสนอข้อมูล

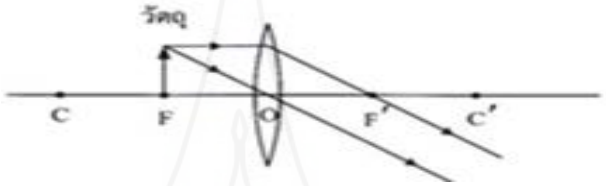
ก. มีความสะดวกมากกว่าวิธีอื่น
ข. ข้อมูลที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กัน
ค. ต้องการเปรียบเทียบปริมาณของตัวแปรที่ศึกษา
ง. ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

19. วางวัตถุหนน้าเลนส์นูนที่ตำแหน่งน้อยกว่าความยาวโฟกัส ข้อใดสื่อความหมายได้ถูกต้อง

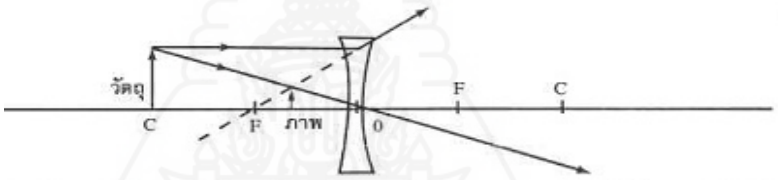
ก.



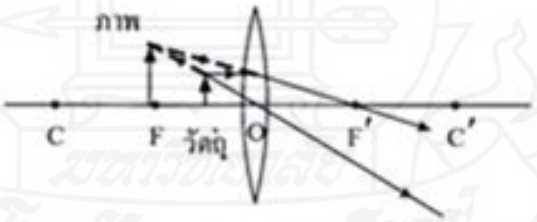
ข.



ค.



ง.



ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

20. ปรากฏการณ์ใดต่อไปนี้ที่ไม่สัมพันธ์กับการหักเหของแสง

ก. สีดอกไม้นานาชนิด

ข. ส่องกล้องจุลทรรศน์ดูเซลพืช

ค. กระจายแสงอาทิตย์โดยใช้ปริซึม

ง. ฉีดน้ำให้เป็นละอองเพื่อดูการเกิดรุ้ง

21. การหักเหของแสง มีผลต่อการมองเห็นวัตถุอย่างไร

ก. ทำให้มองเห็นวัตถุอยู่ไกลออกไปจากตำแหน่งที่เป็นจริง

ข. ทำให้มองเห็นวัตถุ อยู่ใกล้กว่า ตำแหน่งที่เป็นจริง

ค. ทำให้เห็นภาพปรากฏ อยู่ต่างไปจาก ตำแหน่งวัตถุจริง

ง. ทำให้เห็นภาพที่ปรากฏ อยู่ตำแหน่งเดียวกับวัตถุจริง เป็นภาพหัวกลับ ขนาดย่อ

22. ถ้าต้องการให้มองเห็นภาพตนเองจากระจกเงาระนาบเต็มตัวโดยใช้กระจกอย่างประหยัดควรทำอย่างไร

ก. ยืนอยู่ใกล้กระจกให้มากที่สุด

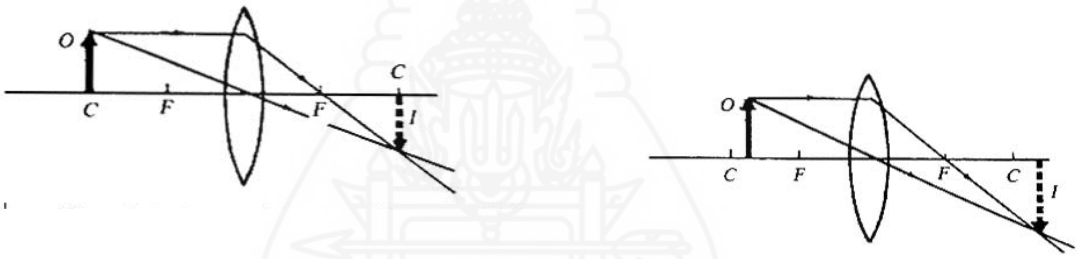
ข. ยืนอยู่ห่างกระจกเท่ากับความสูงของคน

ค. ใช้กระจกสูงครึ่งหนึ่งของคน

ง. ใช้กระจกสูงเท่าคน

ทักษะการพยากรณ์

23. พิจารณาจากรูปเมื่อวัตถุอยู่ตำแหน่ง C และตำแหน่งระหว่าง C และ F ภาพที่ปรากฏดังรูป ถ้าวางวัตถุที่ตำแหน่งมากกว่า C ภาพที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะอย่างไร



ก. ภาพเสมือน ขนาดเท่ากับวัตถุ

ข. ภาพจริง หัวกลับ เท่านั้น

ค. ภาพจริง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

ง. ภาพจริง ขนากเล็กกว่าวัตถุ

ตารางแสดงสีของวัตถุเมื่อมองเห็นด้วยตาเปล่า ใช้ตอบคำถามในข้อ 24-25

สีวัตถุ	การสะท้อนแสง
ดำ	ไม่สะท้อนแสง
แดง	สะท้อนแสงสีแดง
เขียว	สะท้อนแสงสีเขียว
เหลือง	สะท้อนแสงสีเหลือง แดง เขียว

24. จากข้อมูลในตารางถ้าใช้ฟิล์มกรองแสงสีเขียวกรองแสงขาวจะสะท้อนสีใดออกมา

ก. สีเขียว

ข. สีน้ำเงิน

ค. สีน้ำเงิน เขียว

ง. น้ำเงิน เขียว เหลือง

25. นำสมุดสีแดงไปวางในห้องมืดสนิทแล้วเปิดหลอดไฟสีเขียว จะเห็นสมุดเป็นสีอะไร

ก. สีแดง ข. สีเหลือง

ค. สีเขียว **ง. สีดำ**

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

26. ข้อใดเป็นสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นจากการศึกษาการทำกิจกรรมเรื่อง การสะท้อนแสงที่ผิวเรียบแบบต่างๆ

ก. กระจกที่มีผิวเรียบแบบต่างๆ ให้ภาพที่ต่างกัน

ข. กระจกโค้งนูนสะท้อนแสงได้ดีกว่ากระจกราบ

ค. กระจกที่มีผิวเรียบแบบต่างๆ การสะท้อนแสงจะต่างกัน

ง. กระจกที่มีผิวลักษณะต่างกันการสะท้อนแสงจะเป็นอย่างไร

27. ข้อใดเป็นสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นจากการทดลอง “การเกิดภาพเมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกนูนและกระจกเว้า”

ก. การเกิดภาพเมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกนูนและกระจกเว้าในระยะห่างที่เท่ากันให้ภาพต่างกัน

ข. การเกิดภาพเมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกนูนเป็นภาพเสมือนและกระจกเว้าเป็นภาพจริงและภาพเสมือน

ค. การเกิดภาพเมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกนูนเป็นภาพเสมือนและกระจกเว้าเป็นภาพจริง

ง. การเกิดภาพเมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกนูนเหมือนเลนส์เว้าเป็นภาพเสมือนและกระจกเว้าเหมือนเลนส์นูน

28. ข้อใดเป็นสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นจากการทดลอง “การหักเหของแสงระหว่างอากาศกับตัวกลางชนิดต่างๆ”

ก. การหักเหของแสงจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศเดินทางผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ

ข. การหักเหของแสงระหว่างอากาศกับตัวกลางต่างชนิดมีผลต่างกัน

ค. การหักเหของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านอากาศไปยังตัวกลางต่างชนิดกัน

ง. การที่แสงหักเหออกไปจากแนวเดิมเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

29. ในกล้องโทรทรรศน์ เลนส์ใกล้วัตถุ ถูกต้องตามข้อใด

ก. มีทางยาวโฟกัสมากกว่าเลนส์ตา ข. มีทางยาวโฟกัสน้อยกว่าเลนส์ตา

ค. มีทางยาวโฟกัสเท่ากับเลนส์ตา ง. มีกำลังขยายเท่ากับเลนส์ตา

30. แสงสีปฐมภูมิ ถูกต้องตรงกับข้อใด

ก. แสงสีแดง น้ำเงิน และ เขียว ผสมกันได้แสงสีดำ

ข. แสงสีแดง น้ำเงิน และ เหลือง ผสมกันได้แสงสีขาว

ค. แสงสีเขียว ม่วงแดง และน้ำเงิน ผสมกันได้สีดำ

ง. แสงสีแดง น้ำเงิน และเขียว ผสมกันได้แสงสีขาว

31. ในการมองวัตถุ ตำแหน่งใกล้สุดที่เห็นภาพชัดเจน เรียกว่า จุดใกล้ คนที่มีสายตาปกติจะมองเห็น “จุดไกล” ที่ระยะเท่าใด

ก. 15 เซนติเมตร
ข. 25 เซนติเมตร
ค. 25 เมตร
ง. ระยะอนันต์

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

32. จากการทดลอง “การเกิดภาพจากการวางวัตถุไว้หน้าเลนส์นูนที่ตำแหน่งต่างๆ” ข้อใดกำหนดตัวแปรได้ถูกต้อง

ก. ตัวแปรต้น : เลนส์นูน ตัวแปรตาม : ระยะวัตถุ ตัวแปรควบคุม : แนวลำแสงที่ตกกระทบ
ข. ตัวแปรต้น : ระยะภาพ ตัวแปรตาม : เลนส์นูน ตัวแปรควบคุม : ระยะวัตถุ
ค. ตัวแปรต้น : ระยะวัตถุ ตัวแปรตาม : ระยะภาพ ตัวแปรควบคุม : แนวลำแสงที่ตกกระทบ
ง. ตัวแปรต้น : ระยะภาพ ตัวแปรตาม : ระยะวัตถุ ตัวแปรควบคุม : เลนส์นูน

33. จากกิจกรรม “การตรวจสอบความผิดปกติทางสายตามองได้ไกลชัดเจนเท่าใด” จากข้อความข้างต้นตัวแปลอิสระคือข้อใด

ก. ผู้เข้ารับการตรวจสอบ
ข. ระยะตำแหน่งที่ยืนตรวจสอบ
ค. ระยะภาพ
ง. ตำแหน่งภาพที่มองเห็น

34. จากการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่า “การจกเว้าเป็นกระจกรวมแสงกระจกนูนเป็นกระจกกระจายแสง”ตัวแปรใดไม่ต้องควบคุม

ก. ชนิดกระจก
ข. กระจกเว้า
ค. กระจกนูน
ง. แนวลำแสงที่ตกกระทบ

ทักษะการทดลอง

35. จากการทดลองเรื่อง “ภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนผิวราบ” ข้อใดไม่ใช่วัตถุประสงค์ของการทดลอง

ก. ภาพที่เกิดจากผิวสะท้อนผิวราบเป็นภาพเสมือน
ข. ทดลองการเกิดจากจากตัวสะท้อนผิวราบได้
ค. บอกลักษณะของ ภาพที่เกิดจากตัวสะท้อนผิวราบ
ง. บอกได้ว่าระยะภาพห่างจาก ผิวแผ่นกระจก เท่ากับระยะ วัตถุห่างจากผิวกระจก

ครั้งที่	ระยะระหว่าง		
	เลนส์กับวัตถุ (.....)	เลนส์กับฉาก (.....)	ความยาวโฟกัส (.....)
		ความยาวโฟกัสเฉลี่ย	

36. หาระยะวัตถุได้อย่างไร

ก. ระยะระหว่างวัตถุกับฉาก **ข. ระยะระหว่างวัตถุกับเลนส์**

ค. ระยะระหว่างวัตถุกับความยาวโฟกัส ง. ระยะระหว่างวัตถุกับความยาวโฟกัส

37. จากตารางถ้าต้องการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์อย่างง่ายประเภทหักเหแสงที่มีกำลังขยาย 5 เท่าจะต้องเลือกใช้เลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุตามข้อใด

ก. ชุดที่ 1 ข. ชุดที่ 2

ค. ชุดที่ 3 ง. ชุดที่ 4

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ตารางการผสมแสงสีใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 38-39

สารผสม	แสงสี
สีปฐมภูมิ	น้ำเงิน แดง เขียว
สีทุติยภูมิ	น้ำเงิน + แดง = แดงม่วง แดง + เขียว = เหลือง น้ำเงิน + เขียว = น้ำเงินเขียว

38. จากข้อมูลในตารางข้อใดเป็นการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปถูกต้อง

ก. แสงสีปฐมภูมิมี 3 สี แสงสีทุติยภูมิมี 3 สี

ข. แสงสีปฐมภูมิมี 3 สี คือ น้ำเงิน แดง เขียว เมื่อผสมรวมกันจะได้แสงสีต่างๆ มากมาย

ค. แสงสีปฐมภูมิมี 3 สี คือ น้ำเงิน แดง เขียว แสงสีทุติยภูมิมี 3 สี คือ แดงม่วง เหลือง น้ำเงินเขียว

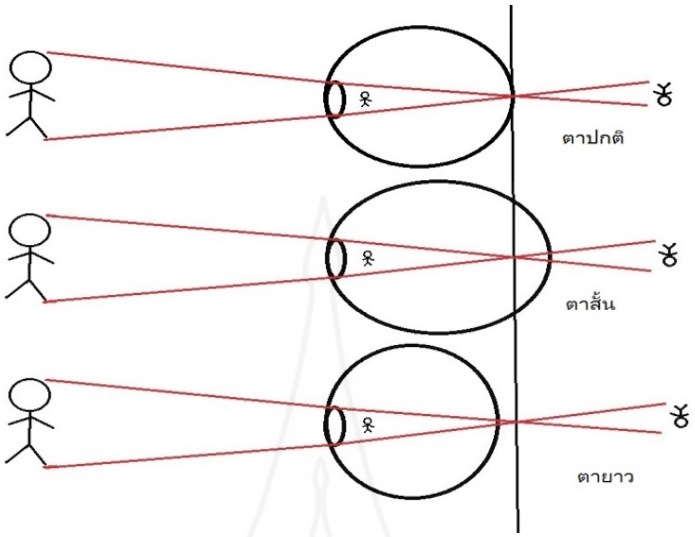
ง. แสงสีทุติยภูมิถ้านำมาผสมกันจะได้แสงสีขาว

39. ชายคนหนึ่งตาบอดสีแดง ถ้าเขามองดูดอกไม้ที่เป็นสีเหลือง จะเห็นดอกไม้เป็นสีอะไร

ก. เขียว ข. น้ำเงิน

ค. เหลือง เขียว ง. เหลือง เขียว

40. จากข้อมูลในภาพข้อใดเป็นการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปถูกต้อง



ก. คนสายตาสั้นเกิดจากลูกตามีความยาวมากเกินไป ส่วนคนสายตายาวเกิดจากลูกตาสั้นเกินไป

ข. คนสายตาสั้นมองเห็นภาพไกลไม่ชัดเจน คนสายตายาวมองเห็นภาพใกล้ไม่ชัดเจน

ค. คนสายตาสั้นแก้ไขโดยใช้เลนส์เว้า คนสายยาวสั้นแก้ไขโดยใช้เลนส์นูน

ง. คนสายตาสั้นภาพเกิดหน้าเรตินา คนสายตายาวภาพาเกิดหลังเรตินา คนสายตาปกติภาพเกิดบนเรตินา

ภาคผนวก ค

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

แบบสอบถามวัดเจตคติทางวิทยาสาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ STEM

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ STEM เรื่อง แสง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. เมื่อนักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อแล้ว ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด กำหนดให้

5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ความอยากรู้อยากเห็น					
1. ฉันชอบติดตามข่าวสารวิทยาศาสตร์เมื่อค้นพบข้อมูลใหม่ทางวิทยาศาสตร์					
2. ฉันไม่ชอบเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆทางวิทยาศาสตร์					
3. ฉันชอบดูรายการโทรทัศน์เกี่ยวกับสารคดีวิทยาศาสตร์					
4. ฉันไม่ชอบคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ					
5. ฉันดีใจมากเมื่อสามารถหาคำตอบได้					
ความมีเหตุผล					
6. เมื่อมีการทดลองฉันหาหลักฐานมาสนับสนุนเพื่อสรุปคำตอบทางวิทยาศาสตร์					
7. ฉันเชื่อข่าวสารที่ไม่มีแหล่งข้อมูลอ้างอิง					
8. ฉันแสดงความคิดเห็นโดยไม่มีเหตุผลสนับสนุน					
9. ฉันเต็มใจให้ตรวจสอบผลงาน					
10. ฉันเห็นคุณค่าของการนำเหตุผลที่น่าเชื่อถือมาสรุป					
ความใจกว้าง					
11. ฉันรับฟังคำวิจารณ์ข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลของผู้อื่น					
12. ฉันเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเมื่อมีเหตุผลสมควร					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
13. ฉันไม่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและไม่พร้อมที่จะหาข้อมูลหรือศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม					
14.ฉันรับไม่ได้เมื่อมีใครมาวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน					
15. ฉันยึดมั่นในความคิดของตนฝ่ายเดียว					
ความซื่อสัตย์					
16. ฉันดัดแปลงข้อมูลผลการปฏิบัติงาน					
17. ฉันไม่บันทึกข้อมูลตามความเป็นจริง					
18. ฉับบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง					
19. ฉันหาข้อมูลโดยไม่มีการอ้างอิงแหล่งข้อมูล					
20. ฉันเห็นคุณค่าของการนำเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง					
ความเพียรพยายาม					
21. ฉันย่อท้อเมื่อพบอุปสรรคในการทำงาน					
22. ฉันไม่มีความตั้งใจแน่วแน่ในการแสวงหาความรู้					
23. ฉันคิดค้นหาวิธีการใหม่ๆ จนกว่าได้คำตอบที่ต้องการ					
24. เมื่อผู้สอนให้ทำการทดลองฉันไม่ตั้งใจทำอย่างดีที่สุด					
25. ฉันพยายามหาคำตอบที่ต้องการ ไม่ว่าจะใช้ความพยายามกี่ครั้งก็ตาม					
ความละเอียดรอบคอบ					
26. ฉันยังไม่เชื่อถ้าไม่มีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้					
27. ฉันยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดว่าเป็นความจริงทันที					
28. ฉันมีการตรวจสอบข้อมูลอีกครั้งก่อนการสรุป					
29. ฉันใช้วิจารณญาณก่อนการตัดสินใจใดๆ					
30. ฉันไม่มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ					
รวม					

ภาคผนวก ง

การหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ
การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์
(Index of Item Objective Congruence : IOC)

ตารางที่ 1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

คะแนน +1 สำหรับข้อที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
คะแนน 0 สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
คะแนน -1 สำหรับข้อที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

คำนวณโดยใช้สูตร

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 จะถูกตัดทิ้ง

ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ
การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence : IOC)

ตารางที่ 2 การหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
4	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
23	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
30	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
53	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
56	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
59	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
61	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
62	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
63	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
64	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
65	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
66	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
67	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
68	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
69	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
70	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

คะแนน +1 สำหรับข้อที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

คะแนน 0 สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

คะแนน -1 สำหรับข้อที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

คำนวณโดยใช้สูตร

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 จะถูกตัดทิ้ง

การวิเคราะห์แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นรายข้อ
เป็นการนำผลที่ได้จากการนำเสนอแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียน
ไปวิเคราะห์ความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.33	ใช้ได้	0.4640 *	0.0009	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.10	ทิ้ง	0.0614	0.6786	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
3	0.04	ทิ้ง	-0.2021	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
4	0.25	ใช้ได้	0.3723 *	0.0092	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.58	ใช้ได้	0.3680 *	0.0101	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.46	ใช้ได้	0.3847 *	0.0069	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.50	ใช้ได้	-0.0201	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
8	0.31	ใช้ได้	0.3536 *	0.0137	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.44	ใช้ได้	0.1141	0.4398	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
10	0.23	ใช้ได้	-0.1030	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
11	0.13	ทิ้ง	-0.2654	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
12	0.54	ใช้ได้	0.3761 *	0.0084	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.42	ใช้ได้	0.3363 *	0.0194	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.19	ทิ้ง	0.0092	0.9504	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
15	0.29	ใช้ได้	0.4205 *	0.0029	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.73	ใช้ได้	0.4215 *	0.0029	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.44	ใช้ได้	0.3054 *	0.0348	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.46	ใช้ได้	0.3543 *	0.0135	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.69	ใช้ได้	0.3609 *	0.0117	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.27	ใช้ได้	-0.1562	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
21	0.31	ใช้ได้	0.3796 *	0.0078	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.21	ใช้ได้	-0.0421	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
23	0.50	ใช้ได้	-0.0488	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
24	0.25	ใช้ได้	0.0250	0.8662	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
25	0.21	ใช้ได้	0.3252 *	0.0241	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.56	ใช้ได้	0.3320 *	0.0211	ใช้ได้	ใช้ได้
27	0.52	ใช้ได้	0.3723 *	0.0092	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.38	ใช้ได้	0.3215 *	0.0259	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.40	ใช้ได้	0.1310	0.3748	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
30	0.29	ใช้ได้	0.2945 *	0.0422	ใช้ได้	ใช้ได้
31	0.42	ใช้ได้	-0.0161	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
32	0.40	ใช้ได้	0.0238	0.8722	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
33	0.23	ใช้ได้	-0.2307	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
34	0.44	ใช้ได้	0.3724 *	0.0091	ใช้ได้	ใช้ได้
35	0.42	ใช้ได้	0.3302 *	0.0219	ใช้ได้	ใช้ได้
36	0.38	ใช้ได้	-0.1772	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
37	0.21	ใช้ได้	0.3842 *	0.0070	ใช้ได้	ใช้ได้
38	0.23	ใช้ได้	-0.3631	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
39	0.13	ทิ้ง	-0.0423	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
40	0.35	ใช้ได้	0.3309 *	0.0216	ใช้ได้	ใช้ได้
41	0.04	ทิ้ง	-0.1451	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
42	0.63	ใช้ได้	0.3386 *	0.0186	ใช้ได้	ใช้ได้
43	0.29	ใช้ได้	-0.2025	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
44	0.35	ใช้ได้	0.4132 *	0.0035	ใช้ได้	ใช้ได้
45	0.29	ใช้ได้	0.2290	0.1174	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
46	0.08	ทิ้ง	-0.0009	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
47	0.48	ใช้ได้	0.3493 *	0.0149	ใช้ได้	ใช้ได้
48	0.25	ใช้ได้	0.2549	0.0804	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
49	0.44	ใช้ได้	0.1556	0.2911	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
50	0.56	ใช้ได้	0.2835	0.0508	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
51	0.40	ใช้ได้	0.3811 *	0.0075	ใช้ได้	ใช้ได้
52	0.23	ใช้ได้	-0.1973	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
53	0.21	ใช้ได้	0.3916 *	0.0059	ใช้ได้	ใช้ได้
54	0.19	ทิ้ง	0.0166	0.9108	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
55	0.44	ใช้ได้	0.3358 *	0.0196	ใช้ได้	ใช้ได้
56	0.15	ทิ้ง	-0.2593	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
57	0.10	ทิ้ง	-0.1265	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
58	0.42	ใช้ได้	0.3670 *	0.0103	ใช้ได้	ใช้ได้
59	0.40	ใช้ได้	0.4122 *	0.0036	ใช้ได้	ใช้ได้
60	0.27	ใช้ได้	-0.0345	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
61	0.21	ใช้ได้	0.0074	0.9603	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
62	0.46	ใช้ได้	0.3422 *	0.0173	ใช้ได้	ใช้ได้
63	0.33	ใช้ได้	-0.0508	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
64	0.40	ใช้ได้	0.4184 *	0.0031	ใช้ได้	ใช้ได้
65	0.35	ใช้ได้	-0.1859	1.0000	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
66	0.38	ใช้ได้	0.3091 *	0.0326	ใช้ได้	ใช้ได้
67	0.44	ใช้ได้	0.0906	0.5403	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
68	0.27	ใช้ได้	0.3284 *	0.0227	ใช้ได้	ใช้ได้
69	0.15	ทิ้ง	0.2292	0.1172	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
70	0.21	ใช้ได้	0.0074	0.9603	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

จากตารางที่ 3 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ไปใช้เพื่อเป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ
การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence : IOC)

ตารางที่ 4 การหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			IOC	แปลผล
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			IOC	แปลผล
	1	2	3		
23	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

คะแนน +1 สำหรับข้อที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
คะแนน 0 สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
คะแนน -1 สำหรับข้อที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

คำนวณโดยใช้สูตร

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 จะถูกตัดทิ้ง

ภาคผนวก จ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายงานนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาสาสตร์

1. นายภาวัต เต่านันท์
   ตำแหน่ง โรงเรียนเมียงรายมหาราชวิทยาคม จ.เชียงราย
   วุฒิการศึกษา ปริญญาโท ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศษ.ม.) หลักสูตรและการสอนวิชาเอกวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

2. นางสาวดอกไม้ สุวรรณ์สาร
   ตำแหน่งโรงเรียนบุ่งคล้านคร จ.บึงกาฬ
   วุฒิการศึกษา ปริญญาโท ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศษ.ม.) หลักสูตรและการสอนวิชาเอกวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

3. นางสาวนวลอนงค์ ชัยกิจ
   ตำแหน่ง โรงเรียนสะเดาขรรค์ชัยกัมพลานนท์อนุสรณ์ จ.สงขลา
   วุฒิการศึกษา ปริญญาโท ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวฐายิกา ชูสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	15 มีนาคม 2530
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต วิทยาศาสตร์ – ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา พ.ศ. 2546
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนบางไทรวิทยา จ.พระนครศรีอยุธยา
ตำแหน่ง	ครู คศ.1