การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี

ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์นลินี บำเรอราช)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

.....กรรมการ
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 16 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.สมศิริ สิงห์ลพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ดร.อุดม รัตนอัมพรโสภณ อาจารย์กิ่งกาญจน์ ภัทรพิศาล และอาจารย์ธนายุต จันทราเขต ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ทำให้งานวิจัยฉบับนี้ถูกต้องและมีคุณภาพ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะผู้บริหารโรงเรียนชลกันยานุกูล พร้อมทั้งเพื่อนครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่ให้ความร่วมมือในการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย และทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมทั้งเพื่อนนิสิตปริญญาโท วิชาเอกหลักสูตรและการสอน ที่ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ ให้คำแนะนำขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาบุพการี บูรพาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ความเมตตาแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา จนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ

56920543: สาขาวิชา: หลักสูตรและการสอน; กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)
คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์/ การเรียนการสอนตามแนว STEM/ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จิติลักษณ์ วัฒนศิริ: การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี (A CONSTRUCTION OF SCIENTIFIC LEARNING PACKAGE FOR LEARNING MANAGEMENT BY STEM IN MATTAYOMSUKSA ONE STUDENTS AT CHONKANYANUKOON SCHOOL, CHONBURI PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ปริญญา ทองสอน, ศษ.ด., สมศิริ สิงห์ลพ, กศ.ด. 179 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี จำนวน 42 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ *t*-test แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยพบว่า

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สร้างขึ้นจำนวน 4 ชุดกิจกรรมคือ ชุดที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ ชุดที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน ชุดที่ 3 เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ ชุดที่ 4 เรื่อง สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ มีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.24)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

56920543: MAJOR: CURRICULUM AND INSTRUCTION; M.Ed. (CURRICULUM AND INSTRUCTION)
KEYWORDS: SCIENTIFIC LEARNING PACKAGE/ LEARNING MANAGEMENT BY STEM/ MATTAYOMSUKSA ONE STUDENTS.

TITILUCK WATTANASIRI: A CONSTRUCTION OF SCIENTIFIC LEARNING PACKAGE FOR LEARNING MANAGEMENT BY STEM IN MATTAYOMSUKSA ONE STUDENTS AT CHONKANYANUKOON SCHOOL, CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: PARINYA TONGSON, Ph.D., SOMSIRI SINGLOP, Ed.D. 179 P. 2016.

The purposes of this study were to 1) Develop Scientific learning packages using by STEM in heat energy for Mattayomsuksa one students. 2) Compare achievement, creative thinking in science and scientific attitude of the students before and after learning by Scientific learning packages. This study was carried out with 42- Mattayomsuksa one students who was studying in semester 2 of the academic year of 2015 at Chonkanyanukoon school. Cluster random sampling technique was used in order to identify sample.

The instruments used in the study included Scientific learning packages, the Heat Energy learning achievement test, the creative thinking in science test and scientific attitude questionnaires. The data were analyzed by using the t-test for dependent samples.

The research finding were as follows.

1. The Scientific learning packages using by STEM for Mattayomsuksa one students were suitable at 4.24

2. The students' learning achievement in science after learning were higher than before studying by scientific learning package at the level .05

3. The students' creative thinking in science of Mattayomsuksa one students after learning were higher than before studying by scientific learning package at the level .05

4. The students' scientific attitude of Mattayomsuksa one students after learning were higher than before studying by scientific learning package at the level .05

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6

สมมติฐานของการวิจัย..... 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย..... 7

ขอบเขตของการวิจัย..... 8

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 9

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนชลกันยานุกูล..... 13

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 16

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 23

การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM..... 35

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น..... 43

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... 49

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 58

เจตคติทางวิทยาศาสตร์..... 63

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 70

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 74
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 74
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้า..... 86
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล..... 86
การรวบรวมข้อมูล..... 92
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 93
รูปแบบงานวิจัย..... 93
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 94
4 ผลการวิจัย..... 97
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 97
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 98
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 101
สรุปผลการวิจัย..... 101
อภิปรายผลการวิจัย..... 102
ข้อเสนอแนะ..... 107
บรรณานุกรม..... 108
ภาคผนวก..... 119
ภาคผนวก ก..... 120
ภาคผนวก ข..... 123
ภาคผนวก ค..... 128
ภาคผนวก ง..... 139
ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 179

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์..... 15

2-2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E..... 44

3-1 สาระการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในแต่ละชุดการเรียนรู้..... 74

3-2 สาระการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่องพลังงานความร้อน..... 75

3-3 สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลในชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 78

3-4 การจัดกิจกรรมเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้... 81

3-5 การวิเคราะห์แบบทดสอบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด..... 86

3-6 การวิเคราะห์แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด 91

3-7 แบบแผนการทดลอง..... 93

4-1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 98

4-2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 99

4-3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 100

ค-1 ค่าเฉลี่ยของการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM..... 129

ค-2 แสดงดัชนีความสอดคล้องของตัวชี้วัดกับแบบทดสอบรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 129

ค-3 แสดงค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 130

ค-4 แสดงดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... 131

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค-5 แสดงดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์..... 132

ค-6 แสดงคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 133

ค-7 แสดงคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 135

ค-8 แสดงคะแนนที่ได้จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 137

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย……	7
2	แนวคิดหลักการเรียนรู้แบบ Cooperative learning……..	19
3	การขยายวงจรการเรียนรู้แบบ 5E เป็น 7E……	44

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งชีวิตประจำวันและการงานอาชีพ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้คิดค้นและประดิษฐ์ขึ้นมา เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต สิ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์มีการพัฒนาความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge based society) ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาด้วยการลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงอย่างหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, หน้า 9)

จากการประชุมของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาเซียน ครั้งที่ 6 (The 6th informal ASEAN ministerial meeting on science and technology) ได้กล่าวถึงเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันว่า เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต มีศักยภาพในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยพัฒนาด้านการรู้วิทยาศาสตร์ (Science literacy) และด้านสมรรถนะการใช้เทคโนโลยีด้วยการจัดระบบนิเวศทางนวัตกรรม (Innovative ecosystem) ในโรงเรียน นอกจากนี้ยังต้องสนับสนุนให้ผู้เรียนมีโอกาสที่จะพัฒนาศักยภาพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของตนเอง โดยให้ความสำคัญกับการพัฒนากระบวนการเรียนรู้และการสร้างความหมาย (Meaning making process) ผ่านกระบวนการสืบสวนของผู้เรียน โดยมีเทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้าและการทดลอง ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะด้านการแก้ปัญหาอย่างเป็นเหตุเป็นผล ด้วยการปฏิรูปการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จากเดิมที่ใช้กระบวนการนิรนัย

(Deductive) มาสู่การใช้วิธีการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน (Inquiry based methods) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถสร้างแรงจูงใจและสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (เฉลิมลาภ ทองอาจ, 2555, หน้า 111-112) เพื่อเตรียมผู้เรียนให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (21st Century learners) โดยมีทักษะที่จำเป็นคือ ทักษะด้านการเรียนรู้ และการสร้างนวัตกรรม (Learning and innovation skills) ประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการคิดแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving) การสื่อสารและการสร้างความร่วมมือ (Communication and collaboration) รวมทั้งการเข้าถึงความหลากหลายในโลกปัจจุบัน ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 28-36)

กระบวนการจัดการเรียนการสอนของไทยส่วนใหญ่มักมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนสอบแข่งขันเข้าเรียนต่อในสถาบันที่มีชื่อเสียง ดังนั้น นักเรียนจึงเข้าใจว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ต่างกับการเรียนเนื้อหาความรู้ไว้ท่องจำ มิใช่การคิดวิเคราะห์และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งครูขาดทักษะในการจัดการความรู้ (Knowledge management) ของผู้เรียนขาดการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ในการสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียนตั้งแต่ต้นจนจบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ (ทอม คอร์คอแรน, 2555) อีกทั้งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ได้เตรียมให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการเผชิญและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ขาดการบูรณาการเนื้อหาเข้ากับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเรื่องที่เรียนให้เข้ากับเรื่องราวในชีวิตประจำวันได้ (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2553) ทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำกัดเฉพาะในห้องเรียน ทำให้การเรียนการสอนไม่เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง รวมทั้งการวัดผลยังเน้นที่เนื้อหา เน้นการให้เลือกจากคำตอบมากกว่าการวัดทักษะการคิดแก้ปัญหา (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2555) และจากผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับต่ำ เฉลี่ยร้อยละ 37.63 แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) นอกจากนี้ ผลการวัดผลการสอบนานาชาติ PISA วิชาวิทยาศาสตร์ของไทยมีคะแนนเฉลี่ย 444 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำและไม่มีพัฒนาการเท่าที่ควร และพบว่าศักยภาพทางวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยล้าหลังกว่าประเทศในกลุ่ม OECD (Organization for economic co-operation and development) อยู่ราว 2 ปี เด็กไทยร้อยละ 95.2 มีสมรรถนะวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 1 (จากระดับสมรรถนะ 6 ระดับ) คือ มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างจำกัด คือสามารถนำมาใช้ในสถานการณ์ที่คุ้นเคยและสามารถให้คำอธิบาย

จากหลักฐานที่มีให้เห็นชัดเจนและตรง ๆ เท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2557)

จากความสำคัญและปัญหาที่กล่าวมา จึงทำให้ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์พยายามพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน ทั้งในด้านสติปัญญา ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิชา ด้านทักษะกระบวนการโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหา รวมทั้งด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงาน ทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ ทักษะการคิด การค้นคว้าและทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นนวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการบูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design-based learning) ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติ ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปรายและสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้โดยมีโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ลึกซึ้งมีการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Thinking critically) และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Solving complex problem) จากการศึกษาของ Tseng, Chang, Lou & Chen (2013) เรื่อง เจตคติที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบมีโครงงานเป็นฐาน พบว่า เจตคติของนักเรียนเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนักเรียนเห็นความสำคัญของ STEM ที่มีผลต่อการทำงานในอนาคตและเทคโนโลยีสามารถพัฒนาชีวิตและสังคมได้ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบมีโครงงานเป็นฐานและการเป็นผู้ริเริ่ม (Self-directed) โดยใช้กระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โดยการกระตุ้นการเรียนรู้และผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนต้องนำเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ceylan and Ozdilek (2014) ได้จัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ได้แก่ ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement phase) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration phase) ขั้นอธิบาย (Explanation phase) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase) ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เรื่อง กรด-เบส

สำหรับนักเรียนเกรด 8 มีผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วัฏจักร 5 ขั้น สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มได้ เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนของการสืบสาะหาความรู้ ผู้เรียนต้องคิดแก้ปัญหา คิดสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา (พัชราภรณ์ เมืองศรี, 2550)

นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM ทำให้ผู้เรียนสำรวจ ค้นพบและแก้ปัญหา พัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์วิจารณ์ (Critical thinking) ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้ อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนจากสถานการณ์ปัจจุบันด้วยการลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนสนใจและอยากจะพัฒนานวัตกรรม (Mataric, Koening & Feil-Seifer, 2007) โดยการส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการและพัฒนาความคิดขั้นสูงต่อไป ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดที่ต่อเนื่องกันไปโดยเริ่มจากความสงสัย ความสนใจของผู้เรียนต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามหรือประเด็นที่สนใจ นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเพื่อให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความรู้แบบกระบวนการ (Procedural knowledge) ซึ่งเกิดจากการใช้ทักษะและทดสอบความคิด ทำให้ผู้เรียนมีศักยภาพด้านสติปัญญา (Intellectual potential) และมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เป็นอย่างดี (Lawson, 2001, อ้างถึงใน จินดารัตน์ แก้วพิกุล, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, หน้า 401-415) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้วิธีการสอน สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนและมีประสิทธิภาพ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นนวัตกรรมที่มีความเหมาะสมในการเรียนการสอน เนื่องจาก ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสื่อประสมที่สร้างขึ้นมาอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคล กระบวนการกลุ่มและการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

การสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและยังเป็นการส่งเสริมการแสวงหาความรู้ พิจารณาข้อมูล ฝึกความรับผิดชอบ การตัดสินใจและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากที่สุด (กาญจนา เกียรติประวัติ, 2544) การกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้น สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองนั้น ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นรูปแบบการนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ ให้กับเหตุการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นคำถาม หรือปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การใช้นวัตกรรมประเภทชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จึงมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกษร โชตนา (2554) พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนการสอนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และกนกวลี แสงวิจิตรประชา (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 76.67/77.92 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากที่กล่าวมา การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM สามารถทำให้นักเรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้ได้ ครูผู้สอนจึงควรวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ให้มีควาพร้อมในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคตอย่างผ่านกิจกรรมการเรียนรู้การออกแบบชิ้นงานกลุ่มหรือโครงงานที่มุ่งแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน เป็นการฝึกประสบการณ์ก่อให้เกิดทักษะการคิด การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ จนกระทั่งสร้างนวัตกรรมได้สำเร็จทำให้นักเรียนเกิด ความภูมิใจ กระตุ้นแรงจูงใจในกาเรียนวิทยาศาสตร์

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างชุดกิจกรรม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

3. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

4. เพื่อเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

สมมติฐานของการวิจัย

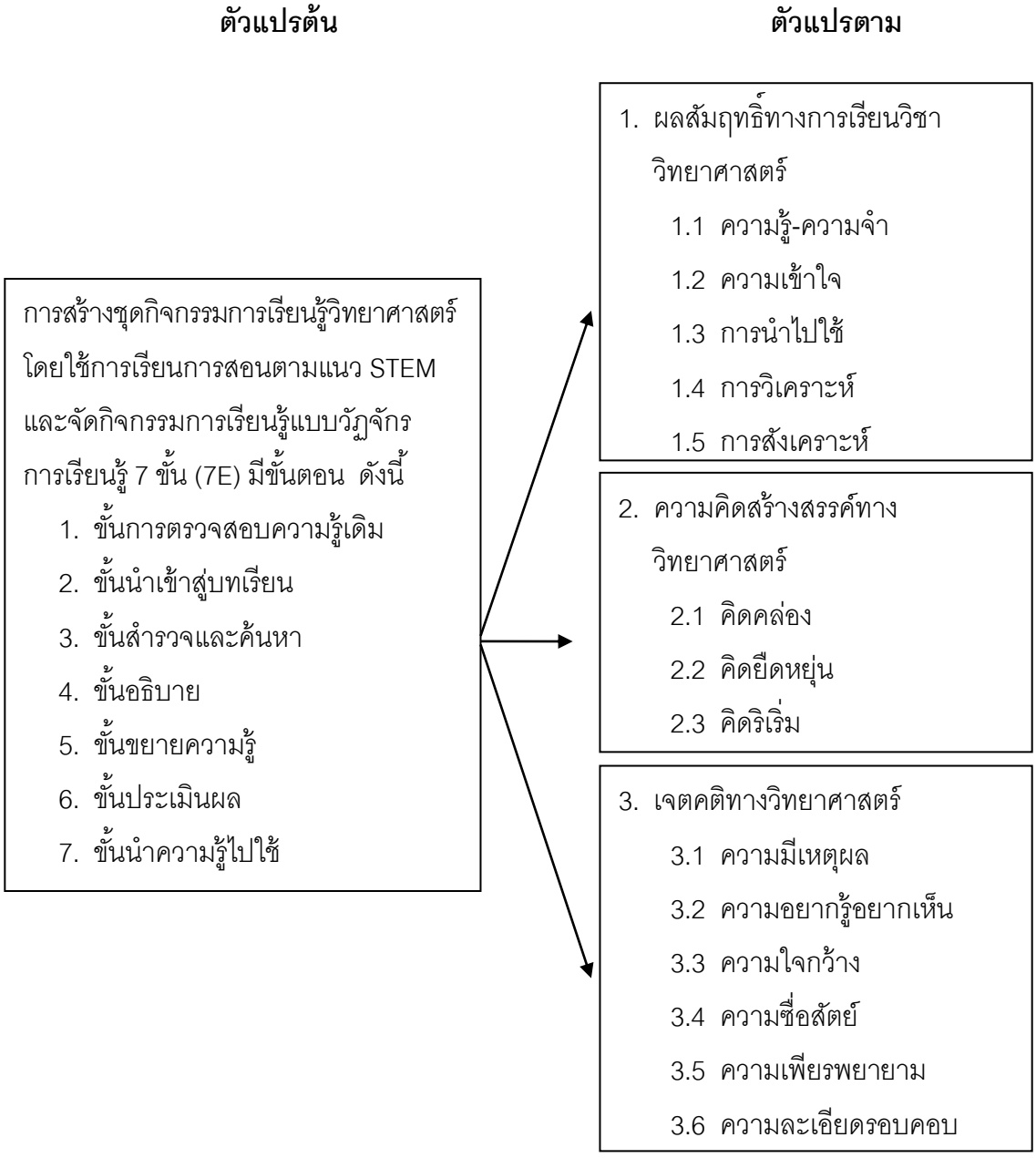
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สูงกว่าก่อนเรียน

3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์กระบวนการวิจัยเพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM โดยในการจัดการเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ดังแผนภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. มีชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่สามารถใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. ได้แนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน

3. ได้แนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

4. ได้แนวทางในการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ห้องเรียนปกติ จำนวน 12 ห้องเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 42 คน จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม โดยวิธีจับฉลากมา 1 ห้องเรียน จากจำนวน 12 ห้องเรียน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนชลกันยานุกูล ประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

หน่วยการเรียนรู้ที 3 เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ

4. ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ใช้เวลา 16 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บข้อมูลด้วยตนเอง

5. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

5.1 ตัวแปรต้น คือ การเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM และจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7E

5.2 ตัวแปรตาม คือ

5.2.1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

5.2.2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.2.3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ชุดของสื่อประสมที่สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสาระการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกิจกรรมกลุ่ม มีองค์ประกอบดังนี้

1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอน แบบทดสอบ บัตรเฉลยกิจกรรม บัตรเฉลยแบบทดสอบ

1.2 คู่มือนักเรียน ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม คำชี้แจงสำหรับนักเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม และแบบทดสอบ

2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM หมายถึง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด วัตถุประสงค์ และสาระการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ประกอบด้วย 4 ชุดกิจกรรม ดังนี้

2.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEM ที่บูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เรื่อง อุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เรื่อง การเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ โดยใช้เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ในการค้นคว้าความรู้ ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่สามารถนำไปใช้ได้จริงอย่างสร้างสรรค์แล้วนำผลงานมาแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

2.2 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEM ที่บูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เรื่อง หลักการการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน โดยใช้เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ในการออกแบบอุปกรณ์เก็บอาหารและนำผลงานมาแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEM ที่บูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ โดยใช้เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)

ในการออกแบบและสร้างบ้านลูกนกอย่างสร้างสรรค์ และนำผลงานมาแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

2.4 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEM ที่บูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เรื่อง สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ โดยใช้เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ในการออกแบบแบบจำลองสะพาน และนำผลงานมาแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

3. การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM หมายถึง การจัดการเรียนการสอนบูรณาการแบบข้ามกลุ่มสาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3.1 วิทยาศาสตร์ (Science) เน้นความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานเดิมกับความรู้ที่ตนเองสร้างขึ้นจากการสืบเสาะความรู้

3.2 เทคโนโลยี (Technology) เน้นกระบวนการการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ การปรับปรุงและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี

3.3 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เน้นกระบวนการคิดแก้ปัญหา เพื่อพัฒนานวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนานวัตกรรมของตนเอง

3.4 คณิตศาสตร์ (Mathematics) เน้นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก การบอกรูปร่าง ภาษาทางคณิตศาสตร์ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กหรือใหญ่ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์

4. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

4.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานในเรื่องที่จะเรียนรู้

4.2 ขั้นเร้าความสนใจ เป็นขั้นนำสู่เนื้อหาหรือเรื่องที่สนใจ ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น นำไปสู่การตั้งประเด็นที่จะศึกษา

4.3 ขั้นสำรวจค้นหา เป็นขั้นนักเรียนวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

4.4 ขั้นอธิบาย เป็นขั้นการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลการทดลอง

ซึ่งเป็นขั้นสร้างความรู้ใหม่

4.5 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ช่วยให้ความรู้กว้างขวางขึ้น

4.6 ขั้นประเมินผล เป็นขั้นประเมินผลการเรียนรู้

4.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน

5. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงการคิดหาคำตอบในการแก้ปัญหาได้หลากหลาย แปลกใหม่และสร้างสรรค์ โดยใช้หลักการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

6. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดของ Torrance (1962) ที่ประกอบด้วย ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดละออ ลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่

6.1 ความคิดคล่องตัว คือ การคิดหาคำตอบในการตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่กำหนดให้อย่างคล่องแคล่ว ว่องไว ภายในเวลาที่กำหนด

6.2 ความคิดยืดหยุ่น คือ การคิดหาคำตอบในการบอกประโยชน์ของสิ่งที่กำหนดให้ได้หลากหลาย และจัดเป็นกลุ่มของคำตอบได้หลายกลุ่ม

6.3 ความคิดริเริ่ม คือ การคิดหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แปลกใหม่ไม่ซ้ำกับใคร

6.4 ความคิดละเอียดละออ คือ การวาดเส้นต่อเติมจากเส้นที่กำหนดให้ได้สมบูรณ์แปลกใหม่ และมีความหมาย

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่สร้างขึ้น ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยวัดพฤติกรรม 6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และความคิดสร้างสรรค์ ลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

9. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคล ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย คุณลักษณะ 6 คุณลักษณะ ได้แก่ ความมีเหตุผล ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์ ความเพียรพยายาม และความละเอียดรอบคอบ โดยใช้แบบสอบถาม

10. แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้วัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบสอบถามตามแบบของลิเกิร์ต จำนวน 20 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชลกันยานุกูล
2. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
4. การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM
5. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
6. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
8. เจตคติทางวิทยาศาสตร์
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   9.1 งานวิจัยในประเทศ
   9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชลกันยานุกูล

ตามที่หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชลกันยานุกูล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีวิสัยทัศน์ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความคิด มีจิตวิทยาศาสตร์ ชาญฉลาดเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมและพัฒนานักเรียนมุ่งสู่ความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้จากสื่อและแหล่งการเรียนรู้ได้หลากหลาย โดยการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมทั้งการจัดสภาพแวดล้อมทั้งในและนอกห้องเรียนให้เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ทำให้นักเรียนมีความสนใจ เห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน

มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงเหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและเทคโนโลยีชีวภาพ

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 5 พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2-1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม. 1	1. ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ	- การวัดอุณหภูมิเป็นการวัดระดับความร้อนของสาร สามารถวัดด้วยเทอร์มอมิเตอร์
	2. สังเกตและอธิบายการถ่ายโอนความร้อน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การถ่ายโอนความร้อนมีสามวิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน - การนำความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของโมเลกุล - การพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปด้วย - การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า - การนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนไปใช้ประโยชน์
	3. อธิบายการดูดกลืน การคายความร้อน โดยการแผ่รังสี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- วัตถุที่แตกต่างกันมีสมบัติในการดูดกลืนความร้อนและคายความร้อนได้ต่างกัน - การนำความรู้เรื่องการดูดกลืนความร้อนและ - การคายความร้อนไปใช้ประโยชน์
	4. อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสาร และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- เมื่อวัตถุสองสิ่งอยู่ในสมดุลความร้อน วัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน - การขยายตัวของวัตถุเป็นผลจากความร้อนที่วัตถุได้รับเพิ่มขึ้น - การนำความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชลกันยานุกูล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (ม.ป.ป, หน้า 33-36) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จ คือ การจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นวิธีการค้นคว้า ศึกษาและเกิดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ โดยครูต้องคำนึงพัฒนาการทางสติปัญญาเพื่อนำมาออกแบบการจัดการเรียนการสอนตามวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเหมาะสม มีการจัดลำดับเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง ทันยุคทันสมัย รวมทั้งการสร้างบรรยากาศการจัดการเรียนการสอนควรมีลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนและระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิชาการ (2545, หน้า 22-25) กล่าวว่า การพัฒนาการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาในส่วนของเนื้อหาและหลักการด้านวิทยาศาสตร์โดยตรงประกอบกับหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการสัมพันธ์กับการเรียนรู้ ปัจจัยนี้เป็นที่ยอมรับแล้วว่าพัฒนาการทางสมองของมนุษย์ในวัยต่าง ๆ เป็นหัวใจสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ จึงนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget) (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 25-26) สรุปได้ว่า พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลเป็นไปตามวัย ซึ่งแบ่งได้ 4 วัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Senserimotor period) มีอายุ 0-2 ปี

ขั้นที่ 2 ขั้นก่อนการปฏิบัติการการคิด (Preoperation period) มีอายุ 2-7 ปี

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational period) มีอายุ 7-11 ปี

ขั้นที่ 4 ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational period) มีอายุ 11-15 ปี

โดยกระบวนการทางสติปัญญามีลักษณะการซึมซับหรือการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการทางสมองในการรับประสบการณ์ เรื่องราวและข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาเก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์

ต่อไป และการปรับและการจัดระบบ (Accommodation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากขั้นของการปรับ หากการปรับเป็นไปอย่างกลมกลืนจะก่อให้เกิดภาวะสมดุลขึ้น หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ ก่อให้เกิดภาวะไม่สมดุลทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาในตัวบุคคล

นักเรียนแต่ละคนมีพัฒนาการที่แตกต่างกันถึงแม้จะมีอายุเท่ากัน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอน ควรเริ่มจากสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือมีประสบสการณ์มาก่อนแล้วจึงเสนอสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเก่า และคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนในแต่ละวัย รวมทั้งการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้นักเรียนกิดการเรียนรู้ตามวัยด้วยตัวเอง

2. ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by doing) ของ John Dewey (ประทุม อังกูรโรหิต, 2543) ให้ความสำคัญกับความรับผิดชอบต่อสังคมในระบอบประชาธิปไตย ยึดเด็กเป็นศูนย์กลาง โดยการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อเด็กเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงจากการลงมือทำจากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา มีเสรีภาพในด้านการคิด การแสดงออก คำนึงถึงความสนใจและความสามารถของเด็ก ครูผู้สอนมีบทบาทคือ เป็นผู้เตรียมประสบการณ์สภาพแวดล้อมให้กับเด็ก เป็นผู้แนะนำส่งเสริมนักเรียน

3. ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) ของ Bruner (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 27-28) โดยพัฒนาจากทฤษฎีของเพียเจต์ โดยเชื่อว่ามนุษย์เลือกที่จะรับรู้ในสิ่งที่ตนเองชอบและสนใจ และกระบวนการเรียนรู้จะเกิดจากระบวนการค้นพบด้วยตัวเอง (Discovery learning) ในการจัดการเรียนรู้หลักสูตรและกิจกรรมการเรียนการสอนควรเหมาะสมกับความพร้อมและระดับพัมนาการทางสติปัญญาของจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

4. การเรียนรู้อย่างมีความหมายของ Asubel (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 28-29) โดยให้ความสำคัญกับการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย โดยผู้เรียนได้รับการอธิบายสิ่งที่ต้องการเรียนรู้จากผู้สอนด้วยความเข้าใจ การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนรู้ใหม่ ซึ่งอาจเป็นความคิดรวบยอด (Concept) กับความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว

การจัดการเรียนการสอน ควรมีการแนะนำบทเรียนและสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนว่าเพียงพอก่อนที่จะเรียนเรื่องใหม่ จัดเรียบเรียงประสบการณ์ที่จะเรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่ เน้นการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลหรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

5. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยวีก็อทสกี้ (Vygotsky) (ชัยวัฒน์ วุทธิรัตน์, 2552, หน้า 37-39) ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมว่ามีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคล ส่วนภาษาเป็นเครื่องมือในการคิดและพัฒนาเชาว์ปัญญาขั้นสูง นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างบุคคลและการให้ความช่วยเหลือผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ไปสู่ระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ก็มีความสำคัญเช่นกัน

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนต้องเป็นตัวอย่างและฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเห็น ทำให้ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุสิ่งของหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นของจริงและสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ผ่านการศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง ลองผิดลองถูกจนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจ โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก กระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้เกิดแก่ผู้เรียน

กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีดังนี้

1. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เป็นการสร้างความรู้ใหม่จากการลงมือปฏิบัติ โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้วยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดในการแก้ปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, หน้า 56-57)

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

2. กระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process) กรมวิชาการ (2545) กล่าวว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายคือ เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ ผ่านกระบวนการคิดและการปฏิบัติอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการคิดอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้กระบวนการหรือวิธีการ ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจในปัญหานั้นมาประกอบเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาอาจทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ความรู้ และประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหานั้น ซึ่งกระบวนการในการแก้ปัญหาตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 ทำความเข้าใจปัญหา

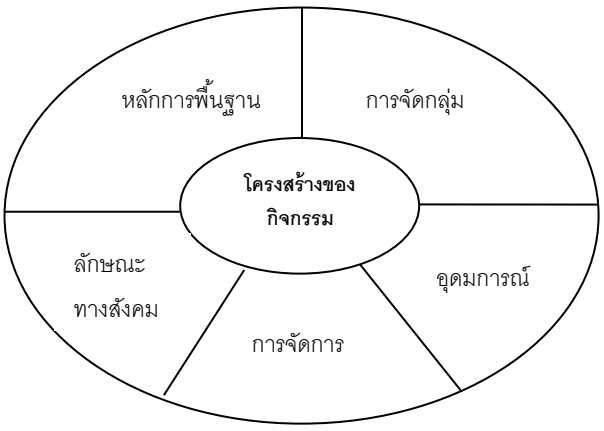
2.2 วางแผนแก้ปัญหา

2.3 ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล

2.4 ตรวจสอบการแก้ปัญหา

3. กิจกรรมคิดและปฏิบัติ (Hand-on mind-on activities) วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2558) นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์แนะนำให้ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติ เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง หรือได้ทำการทดลองต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ จะเกิดความคิดและคำถามที่หลากหลาย ซึ่งเมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมดังกล่าว จะทำให้สังเกตผลที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำไปสู่การถามคำถาม การอธิบาย การอภิปรายหาข้อสรุปและการศึกษาต่อไป กิจกรรมลักษณะนี้จึงส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและฝึกคิด นำมาสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

4 การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative learning) ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, หน้า 182) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกันในกลุ่ม นักเรียนจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้กับสมาชิกของกลุ่ม และการที่แต่ละคนมีวัยใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถสื่อสารกันได้ดี แต่การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจที่มีประสิทธิผลนั้น ต้องมีรูปแบบและการจัดระบบอย่างดี นักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาค้นคว้าอย่างกว้างขวางเพื่อจะนำมาใช้จัดการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ รวมทั้งวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แนวคิดหลักที่นำไปสู่การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 6 ประการ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แนวคิดหลักการการเรียนรู้แบบ Cooperative learning (กรมวิชาการ, 2545, หน้า 25)

จากแผนภูมิแนวคิดหลักการการเรียนรู้แบบ Cooperative Learning สรุปได้ ดังนี้

1. การจัดกลุ่ม หมายถึง การจัดกลุ่มของผู้เรียนที่ทำงานร่วมกัน กลุ่มผู้เรียนจะเรียนรู้ด้วยกันอย่างมีประสิทธิผล โดยจัดกลุ่มผู้เรียนกลุ่มละ 4 คน คละความสามารถและแบ่งหญิงชายเท่า ๆ กัน แต่ในบางกรณีที่ทำการเรียนรู้ในเรื่องเฉพาะเจาะจง เช่น การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ควรจัดกลุ่มผู้เรียนที่มีความสนใจในเหมือนกัน หรือการจัดกลุ่มโดยวิธีการสุ่ม เมื่อต้องการทบทวนความรู้

2. อุดมการณ์ หมายถึง ความมุ่งมั่นและอุดมการณ์ของนักเรียนที่จะทำงานร่วมกัน โดยนักเรียนจะต้องมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกัน โดยการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การสร้างความมุ่งมั่นของทีมที่จะทำงานร่วมกัน การสร้างความมุ่งมั่นของชั้นเรียนที่จะช่วยกัน

3. การจัดการ หมายถึง การจัดการเพื่อให้กลุ่มทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการของครูผู้สอนเพื่อให้และผู้เรียนภายในกลุ่ม เพื่อให้การทำงานกลุ่มประสบความ สำเร็จ เช่น การควบคุมเวลา การกำหนดสัญญาณให้หยุดทำกิจกรรม

4 ลักษณะทางสังคม หมายถึง ทักษะในการทำงานร่วมกัน มีความสัมพันธ์ของผู้เรียนภายในกลุ่มที่ดีต่อกัน ให้ความช่วยเหลือกัน ให้กำลังใจซึ่งกันและกัน รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น

5. หลักการพื้นฐาน เป็นหลักการพื้นฐานของ Cooperative learning ประกอบด้วย

5.1 Positive interdependent ผู้เรียนต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน โดยมีแนวคิดว่าความสำเร็จของกลุ่มคือความสำเร็จของเรา

5.2 Individual accountability ผู้เรียนแต่ละคนยอมรับความสามารถและความสำคัญของสมาชิกในกลุ่มว่าทุกคนมีส่วนในการทำงานสำเร็จ

5.3 Simultaneous interaction ทุกคนในกลุ่มต้องมีปฏิสัมพันธ์กันตลอดการทำงานกลุ่ม

วิธีสอนวิทยาศาสตร์

จาการศึกษาเกี่ยวกับวิธีสอนวิทยาศาสตร์ พบว่ามีอยู่หลายวิธี ในการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนควรเลือกวิธีสอนหรือกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ด้วยตนเองมากที่สุด เหมาะสมกับทุกสถานการณ์ ความสามารถของผู้เรียน เนื้อหาวิชา ตลอดจนอุปกรณ์การสอนที่มีอยู่ วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา ดังนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 123) เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ได้กล่างถึงกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ว่าแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 สร้างสถานการณ์หรือปัญหา

1.2 ตั้งสมมติฐาน

1.3 ออกแบบการทดลอง

1.4 ทดสอบสมมติฐาน โดยการทดลอง

1.5 ได้ข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

บทบาทหน้าที่ของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือเป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง เป็นผู้จัดหาวัสดุ อุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เป็นผู้ถามคำถามต่าง ๆ ที่จะช่วยนำทางให้นักเรียนค้นหาความรู้ต่าง ๆ

เทคนิคการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มี 3 แนวทาง คือ แนวทางการใช้เหตุผล ครูต้องชี้นำนักเรียนให้สรุปเป็นหลักการโดยทั่วไปได้โดยการใช้เหตุผล ซึ่งครูต้องใช้คำถาม และต้องเลือกแรงจูงใจที่เหมาะสม แนวทางการใช้การค้นพบมี 2 แนวทาง คือ การสอนโดยใช้แนวทางค้นพบที่ไม่แนะแนวทาง ครูเป็นผู้จัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนแล้วให้นักเรียนได้จัดกระทำกับวัสดุอุปกรณ์ โดยไม่ต้องแนะแนวทาง นักเรียนอาจสืบเสาะหาความรู้ในปัญหาที่ต่างกัน ครูทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาและเสนอแนะให้นักเรียนคิด และการสอนโดยใช้แนวทางค้นพบที่แนะแนวทาง เป็นการสอนที่ครูแนะแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนค้นพบปัญหาที่คล้ายคลึงกัน มีประสบการณ์ที่เหมือนกัน และแนวทางการใช้การทดลอง เป็นการสอนโดยใช้การทดลองในการพิสูจน์ข้อความหรือสมมติฐานว่าเป็นจริง และหาแนวทางที่จะใช้ใน การทดลองเพื่อทดสอบข้อความนั้น โดยมีขั้นตอน คือ เลือกและตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน และวางแผนการทดสอบ

2. การสอนแบบค้นพบ (Discovery method)

การค้นพบและการสืบเสาะหาความรู้ นักการศึกษาจำนวนมากใช้คำสองคำนี้ในความหมายเดียวกัน Carin and Sund ได้คิดค้นขึ้น และพิมพันธ์ เคชะคุปต์ (2544) นำมาประยุกต์ใช้และดัดแปลงได้ให้ความหมายของการค้นพบว่า การค้นพบจะเกิดขึ้น เมื่อบุคคลได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมาก กระบวนการที่ใช้ความรู้ความคิดในการค้นพบ เช่น การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การพยากรณ์ การอธิบาย การลงความเห็น เป็นต้น ในการสอนแบบค้นพบ เป็นการสอนที่เน้นการตอบสนองของนักเรียนต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง บทบาทของครู เป็นผู้ช่วยเหลือ เป็นที่ปรึกษาของนักเรียน ทักษะและความชำนาญในการจัดกิจกรรมการสอนของครูเป็นสิ่งที่ช่วยให้การสอนแบบค้นพบประสบความสำเร็จ

3. การสอนแบบสาธิต (Demonstration)

ทิศนา แขมมณี (2551) กล่าวว่า การสาธิตเป็นการจัดแสดงประสบการณ์การกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งหน้าชั้น โดยครู นักเรียนคนใดคนหนึ่งหรือกลุ่มนักเรียนก็ได้ เป็นการทดลอง ซึ่งผลการทดลองที่ไม่ทราบมาก่อนหรือเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันสิ่งที่ทราบมาแล้ว มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงการทดลอง เทคนิควิธีการและกระบวนการต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและกระบวนการไปพร้อม ๆ กัน ในการสอนครูต้องพิจารณาว่าจะสอนแบบสาธิตด้วยการบอกความรู้ให้นักเรียน หรือสอนแบบสาธิตแบบการค้นพบ ที่ครูพยายามให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

4. การสอนแบบทดลอง (Experimental method)

ทิศนา แขมมณี (2551) กล่าวว่า การทดลองกับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการมีความหมายใกล้เคียงกัน การทดลองส่วนใหญ่ที่นักเรียนทำเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน และการปฏิบัติงานส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการทดลอง เป็นการจัดประสบการณ์ในการทำงานตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและสังเกต และขั้นสรุปผลการทดลอง

5. การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem base learning)

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2544) กล่าวว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนระบุปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ผู้เรียนจะคิด วิเคราะห์ปัญหา ตั้งสมมติฐาน และหาทางทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในลักษณะการเรียนรู้เป็นกลุ่ม ๆ ประมาณ 6-8 คน โดยผู้เรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่องที่จะเรียนมาก่อน เพื่อที่จะสามารถเรียนรู้เนื้อหาใหม่ เพราะหากความรู้พื้นฐานนักเรียนมีไม่เพียงพอจะต้องค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง

6. การสอนแบบอภิปรายกลุ่มย่อย (Small group discussion)

ทิศนา แขมมณี (2551) กล่าวว่า การสอนแบบอภิปรายกลุ่มย่อย เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในประเด็นที่กำหนดให้ เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาความรู้จากความคิดเห็นในแง่มุมต่าง ๆ ของนักเรียนกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 4-8 คน และสรุปผลการอภิปรายออกมาเป็นข้อสรุป นักเรียนทุกคนมีอิสระที่จะแสดงความคิดเห็นของตน ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องนั้นก่อน โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้นำอภิปราย ต้องไม่สั่งหรือครอบงำความคิดเห็นของนักเรียน การอภิปรายต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เน้นหรือขยายความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วให้กว้างขวางออกไป ดังนั้น การอภิปรายจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นการกระตุ้นความคิดแก้ปัญหาหรือหาข้อยุติ

7. การสอนแบบพูดถามตอบ (Recitation method)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 181) กล่าวว่า การสอนแบบพูดถามตอบ เป็นการสอนที่ใช้คำถามคำตอบ โดยครูเป็นผู้ถามคำถามและนักเรียนเป็นผู้ตอบคำถามตามพื้นฐานความรู้ที่นักเรียนได้อ่านจากหนังสือเรียนหรือหนังสืออื่นที่ได้รับมอบหมายให้อ่าน หรือสิ่งที่ครูได้นำเสนอในระหว่างการบรรยาย การสาธิต หรือกิจกรรมในการสอนแบบพูดถามตอบ ครูควรอธิบายให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ของการสอนแบบนี้ว่าเป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับของครู ซึ่งครูจะใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการขยายความคิดและอธิบายเพิ่มเติมแก่นักเรียน สิ่งที่สำคัญที่สุดควรคำนึงถึงชนิดของคำถาม โครงสร้างของคำถามและขั้นตอนที่จะถามระหว่างการสอน

จากการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ การสร้างสถานการณ์หรือปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การทดสอบสมมติฐาน และการสรุปผลการทดลอง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ความหมายของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรม ได้มีผู้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้แตกต่างกันดังนี้

สุดารัตน์ ไผ่วงศาวงศ์ (2543, หน้า 52) ได้สรุปความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า ชุดกิจกรรมเป็นสื่อการสอนที่ครูสร้างขึ้นด้วยวัสดุอุปกรณ์หลายชนิด เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือและมีการนำหลักการทางจิตวิทยามาประกอบเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จ

ระพินทร์ โพศรี (2547, หน้า 1) ได้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า เป็นระบบสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนของครูผู้สอน โดยครูเป็นฝ่ายอำนวยการ (Facilitator) และเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะ บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด

บุญชม ศรีสะอาด (2541, หน้า 95-96) กล่าวว่า ชุดการสอนหรือชุดกิจกรรม (Instructional package) มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Learning package, Instructional package หรือ Instructional kits คือ สื่อการเรียนหลายอย่างประกอบกันจัดเข้าไว้เป็นชุด (Package) เรียกว่า สื่อประสม (Multi-media) เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจาก

จะใช้สำหรับผู้เรียนเป็นรายบุคคลแล้วยังใช้ประกอบการสอนแบบอื่น เช่น ประกอบการบรรยาย การเรียนเป็นกลุ่มย่อย

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 42) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมเป็นสื่อประสมรูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการฝึกเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานกลุ่ม

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545, หน้า 91) สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมเป็นชุดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะจัดเนื้อหาและประสบการณ์ ที่ต้องการสร้างเสริมหรือพัฒนา โดยจะประกอบไปด้วยหน่วยการเรียนรู้ โดยจัดเป็นชุด ๆ แล้วแต่ผู้สร้างจะทำขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยให้ผู้สอนเกิดความมั่นใจพร้อมที่จะสอนอีกด้วย

กู๊ด (Good, 1973, p. 306) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรม หมายถึง โปรแกรมทางการสอนทุกอย่างที่จัดไว้เฉพาะ มีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน คู่มือครู เนื้อหา แบบทดสอบ ข้อมูลที่เชื่อถือได้ มีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนไว้อย่างชัดเจน ชุดกิจกรรมนี้ครูเป็นผู้จัดให้นักเรียนแต่ละคนได้ศึกษาและฝึกฝนด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้คอยแนะนำเท่านั้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของชุดกิจกรรมสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรม หมายถึง สื่อประสมที่สร้างขึ้นด้วยวัสดุหลายชนิด เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน โดยจัดให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาและประสบการณ์ในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวคิดและหลักการของชุดกิจกรรม

บำรุงศักดิ์ บุระสิทธิ์ (2548, หน้า 54) ได้กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยแนวคิด 5 ประการ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้าน ความสามารถ สติปัญญา ความต้องการ ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ สังคม เป็นต้น โดยนำหลักจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความต้องการ ความสนใจ และความถนัดของผู้เรียนเป็นสำคัญ วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือ การจัดการเรียนการสอนรายบุคคลหรือสอนตามเอกัตภาพ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามความพร้อม ความสนใจ สติปัญญา โดยครูเป็นผู้แนะนำ

แนวคิดที่ 2 แนวคิดด้านการสอนจากแบบเดิมที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางมาเป็นยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้สื่อการสอน วิธีการสอนแบบนี้ครูจะถ่ายทอดความรู้ให้นักเรียนเพียงหนึ่งในสามของความรู้ทั้งหมด ส่วนที่เหลือนักเรียนจะเป็นผู้ศึกษาด้วยตนเองจากสื่อการสอนที่ผู้สอนเตรียมไว้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้

แนวคิดที่ 3 การใช้โสตทัศนอุปกรณ์ในการจัดระบบการใช้สื่อการสอนหลายอย่างมาช่วยในการสอนให้เหมาะสมและใช้เป็นแหล่งความรู้สำหรับนักเรียนแทนการให้ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่นักเรียนอยู่ตลอดเวลา แนวทางใหม่ในการเรียนรู้จึงเป็นการผลิตสื่อการสอนแบบประสมให้เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้

แนวคิดที่ 4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับสภาพแวดล้อมเดิม นักเรียนเป็นฝ่ายรับข้อมูลจากครูเท่านั้น ขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับครู ไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นต่อเพื่อน ๆ และครู นักเรียนจึงขาดทักษะการแสดงออกและการทำงานเป็นกลุ่ม จึงได้นำกระบวนการกลุ่มมาใช้ในการเรียนการสอน

แนวคิดที่ 5 การจัดสภาพแวดล้อมโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับขั้น ตามความสนใจ การตัดสินใจและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวเอง รวมทั้งทราบว่าการตัดสินใจของตนนั้นถูกต้องหรือไม่ เป็นการเสริมแรงให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจส่งผลให้เกิดการกระทำนั้นซ้ำอีกในอนาคต

นิตยา พัวรัตน์ (2541) ได้กล่าวถึงแนวความคิดทางทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. กลุ่มพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) เป็นกลุ่มที่แนวความคิดว่าพฤติกรรมมนุษย์เป็นการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้า (Stimulus) และการตอบสนอง (Responses) โดยสิ่งเร้าคือ ข่าวสารหรือเนื้อหาที่ส่งไปให้ผู้เรียน โดยผ่านกระบวนการเรียนการสอน โดยจะแตกลำดับขั้นของการเรียนรู้ออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ และเมื่อผู้เรียนเกิดการตอบสนองก็จะสามารถทราบผลได้ทันทีว่าเกิดการเรียนรู้หรือไม่ ถ้าตอบสนองถูกต้องก็จะมีการเสริมแรง

2. กลุ่มเกสตัลท์หรือสนามความรู้ความเข้าใจ (Gestase, Field cognitive theories) เป็นกลุ่มที่เน้นกระบวนการความรู้ ความเข้าใจและความสามารถในการจัดกระทำ อันเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของมนุษย์ ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสติปัญญาและความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์

3. กลุ่มจิตวิทยาทางสังคม (Social psychology, Social learning theory) โดยเน้นที่ปัจจัยทางบุคลิกภาพและปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ การเรียนรู้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการกระทำทางสังคม โดยการเรียนจากประสบการณ์โดยตรงหรือผ่านการเรียนการสอน จุดเน้นเกี่ยวกับการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ

3.1 แรงจูงใจ (Motivation) หากนักเรียนมีความต้องการ สนใจอยากจะเรียนรู้ก็จะทำให้การเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องให้นักเรียนเกิดความสนใจ โดยใช้สื่อการสอนที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจ คือกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดให้นักเรียนต้องมีความหมายและน่าสนใจ

3.2 ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual difference) นักเรียนแต่ละคนมีความสามารถและวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

3.3 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ (Learning objective) ในการจัดการเรียนการสอนหากนักเรียนทราบวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ ก็จะช่วยให้นักเรียนมีโอกาสที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ นอกจากนี้วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ยังช่วยวางแผนการสร้างสื่อการสอนด้วย

3.4 การจัดเนื้อหา (Organization of content) การเรียนรู้ของผู้เรียนจะง่ายขึ้นหากมีการจัดลำดับเนื้อหาสาระในการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นอย่างสมเหตุสมผล

3.5 การจัดเตรียมการเรียนการสอน (Prelearning preparation) บางครั้งการเรียนรู้ต้องอาศัยประสบการณ์การเรียนรู้ครั้งก่อน ดังนั้น ชุดกิจกรรมการเรียนรู้จึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติและระดับการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่ม เพื่อที่จะเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียน

3.6 อารมณ์ (Emotion) การเรียนรู้เกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึกของบุคคล เช่นเดียวกับสติปัญญา ซึ่งก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เป็นสำคัญ

3.7 การมีส่วนร่วม (Participation) การเรียนรู้จะบรรลุตามวัตถุประสงค์และคงทนหากนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทางสติปัญญาและทางกายภาพมากกว่าการเรียนรู้โดยการฟังหรือการพูด

3.8 การสะท้อนกลับ (Feedback) การเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นหากผู้เรียนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน

3.9 การสร้างแรงเสริม (Reinforcement) เมื่อนักเรียนบรรลุวัตถุของการเรียนรู้ในเรื่องใด ๆ แล้วก็จะถูกกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องต่อไป ซึ่งเป็นการสร้างความเชื่อมั่นและส่งผลให้เกิดพฤติกรรมทางบวกต่อไป

3.10 การฝึกปฏิบัติและการทำซ้ำ (Practice and repyiyion) บุคคลจะเกิดการเรียนรู้จะต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติและการทำซ้ำอยู่เสมอ เพื่อจะทำให้เกิดความคงทนของการเรียนรู้

3.11 การนำไปประยุกต์ใช้ (Application) เป็นการเพิ่มความสามารถของแต่ละบุคคลในการประยุกต์หรือการถ่ายโยงการเรียนรู้ สามารถนำไปปรับปรุงใช้กับปัญหาหรือสภาพการณ์ใหม่

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดและหลักการของชุดกิจกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนการสอนและเกิดการเรียนรู้ สรุปได้ว่า การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียนในด้านสติปัญญา ความสามารถ ความสนใจของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนตามลำดับขั้น รวมทั้งการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนถึงความก้าวหน้าของการเรียน

ประเภทของชุดกิจกรรม

วสันต์ อติศัพท์ (2534, หน้า 101) แบ่งชุดกิจกรรมที่ใช้กันอยู่ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ชุดกิจกรรมประกอบคำบรรยาย ใช้กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ ช่วยให้ครูพูดน้อยลง สื่อที่ใช้อาจเป็นรูปภาพ แผนภูมิ สไลด์ ฟิล์มสตริป ภาพยนตร์ เทปบันทึกเสียง หรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่กำหนดไว้ที่สำคัญสื่อที่นำมาประกอบผู้เรียนจะต้องเห็นชัดเจนทุกคน

2. ชุดกิจกรรมที่เป็นกลุ่มกิจกรรม ใช้กับนักเรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 5-10 คน ส่วนมากมุ่งที่จะฝึกทักษะหรือสร้างเสริมเจตคติในวิชาที่เรียนและให้ผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกัน

3. ชุดกิจกรรมแบบรายบุคคลหรือชุดกิจกรรมตามเอกัตภาพ ใช้กับนักเรียนเป็นรายบุคคลที่ต้องการศึกษาความรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง อาจจะเรียนอยู่ที่โรงเรียนหรือที่บ้านก็ได้ ผู้เรียนสามารถประเมินผลการเรียนด้วยตนเองได้

สาโรจน์ โศภีรักษ์ (2546, หน้า 137-138) แบ่งชุดการสอนเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจากแหล่งความรู้ในรูปของสื่อต่าง ๆ ในสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่จัดไว้เป็นระบบ โดยเรียนเป็นขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนก็ต้องมี Interaction ระหว่างผู้สอนกับสื่อและผู้เรียนก็จะทราบผลการเรียนของตนเองทันที

2. ชุดการสอนประกอบคำบรรยาย เป็นชุดการสอนที่ออกแบบไว้อย่างเป็นระบบเพื่อให้ผู้สอนได้ใช้ประกอบการสอน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสอนให้ดีขึ้น เพราะชุดการสอนประกอบคำบรรยายจะมีรายละเอียดขั้นตอน มีวัสดุอุปกรณ์ และแบบวัดและประเมินไว้เรียบร้อยแล้ว ผู้สอนเพียงดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนดไว้เท่านั้น

3. ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม ชุดการสอนแบบนี้มุ่งที่จะให้ผู้เรียนเรียนรู้ โดยทำกิจกรรมโดยรูปแบบศูนย์การเรียน ซึ่งในชุดการสอนก็จะระบุวัตถุประสงค์ แนวคิด เนื้อหา สื่อ แบบวัด

และประเมินที่แบ่งเป็นจุดย่อย ๆ ตามลักษณะของศูนย์การเรียน ซึ่งจะแบ่งตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนหรือแบ่งตามกิจกรรมการเรียนจากชุดการสอนแบบกลุ่มหรือศูนย์การเรียนนั้น จะเป็นการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้ดูแลและประเมินภายหลังจากการเรียนทั้งหมดแล้วเท่านั้น

4. ชุดการสอนทางไกล เป็นชุดการสอนรายบุคคลหรือสื่อประสมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองในระบบการจัดการเรียนการสอนทางไกล ทั้งนี้ผู้เรียนต้องศึกษาเรียนรู้จากสื่ออื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น

จากการศึกษาประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกิจกรรมกลุ่ม โดยให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนเป็นกลุ่ม โดยมีการแสดงความคิดเห็น ร่วมมือกันทำกิจกรรมตามขั้นตอนของชุดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบและส่วนประกอบของชุดกิจกรรม

ทิศนา แขมมณี (2541, หน้า 10-12) ได้กล่าวไว้ว่า ชุดการเรียนหรือชุดกิจกรรมประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ชื่อกิจกรรม ประกอบด้วย หมายเลขกิจกรรม ชื่อของกิจกรรมและเนื้อหาของกิจกรรม
2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายหลักของกิจกรรม และลักษณะของการจัดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย
3. จุดมุ่งหมาย เป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรมนั้น แนวคิดเป็นส่วนที่ระบุเนื้อหาหรือมโนทัศน์ของกิจกรรมนั้น ส่วนนี้ควรได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ
4. สื่อ เป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรมเพื่อช่วยให้ครูทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง
5. เวลาที่ใช้ เป็นส่วนที่ระบุจำนวนเวลาโดยประมาณว่ากิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด
6. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุวิธีการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ วิธีการจัดกิจกรรมนี้ได้จัดไว้เป็นขั้นตอน
7. ภาคผนวก คือ ตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมและข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็น

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2542, หน้า 1) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ชื่อกิจกรรม เป็นส่วนที่บอกให้ทราบถึงลักษณะที่ต้องการฝึก

2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายและความสำคัญของการจัดกิจกรรมและอธิบายหลักหรือแนวทางในการฝึกทักษะ โดยกล่าวให้เห็นภาพอย่างกว้าง ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ผู้สอนได้เห็นภาพการจัดกิจกรรมอย่างคร่าว ๆ และยังมีประโยชน์สำหรับผู้สอนที่จะได้ทราบว่ากิจกรรมนั้นมีลักษณะตรงตามความประสงค์หรือไม่

3. จุดมุ่งหมาย เป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายของกิจกรรมนั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ

3.1 จุดมุ่งหมายทั่วไป เป็นส่วนที่บอกถึงจุดมุ่งหมายปลายทางหรือพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดตามพฤติกรรมนั้น ๆ

3.2 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เป็นส่วนที่ชี้บ่งให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมที่กำหนดโดยสังเกตและวัดได้ และเป็นไปตามที่คาดหวัง

4. แนวคิด เป็นส่วนที่ระบุเนื้อหาหรือมโนมติของกิจกรรมนั้น เป็นส่วนที่อธิบายให้ผู้สอนทราบว่าอะไรเป็นสาระสำคัญที่ผู้เรียนควรจะได้รับ และเข้าใจจากการเรียนตามกิจกรรมนั้น ซึ่งสาระนี้ควรได้รับการย้ำและเน้นให้นักเรียนเข้าใจเป็นพิเศษ

5. สื่อ เป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม เพื่อช่วยให้ครูทราบว่าต้องเตรียมอุปกรณ์ใดล่วงหน้าบ้าง

6. เวลาที่ใช้ เป็นส่วนที่ระบุโดยประมาณว่ากิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด ครูอาจจำเป็นต้องยืดหยุ่นเวลาตามความจำเป็น และสิ่งที่ครูควรคำนึงอย่างมากก็คือ ไม่ควรลดลดเวลาในการอภิปรายมากเกินไป เพราะขั้นตอนอภิปรายเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

7. หลักในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุวิธีการจัดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ วิธีจัดกิจกรรมนี้ได้จัดไว้เป็นขั้นตอน ดังนี้

7.1 ขั้นนำ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนก่อนเริ่มทำกิจกรรม ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

7.2 ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมได้ลงมือปฏิบัติ การทดลอง คิดตัดสินใจ แสดงความคิดเห็นในกลุ่มเพื่อนหรือเป็นรายบุคคล ตลอดจนแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกันทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ตามเป้าหมาย

7.3 ขั้นอภิปราย เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้มีโอกาสนำเอาประสบการณ์ที่ได้จากขั้นกิจกรรมและขั้นอภิปรายและนำมาสรุปหาสาระและใจความสำคัญ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและสังคมต่อไป

7.4 ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ผู้สอนและผู้เรียนประมวลความรู้ที่ได้จากขั้นกิจกรรมและขั้นอภิปราย และนำมาสรุปหาสาระและใจความสำคัญ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและสังคมต่อไป

8. ภาคผนวก เป็นส่วนที่ให้ความรู้กับครูผู้สอน ซึ่งประกอบด้วยคำเฉลยของแบบทดสอบแบบฝึกกิจกรรม คำเฉลยแบบฝึกกิจกรรม ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับทักษะในกิจกรรมนั้น ๆ ความรู้และข้อแนะนำเกี่ยวกับการใช้และการสร้างสื่อชนิดต่าง ๆ ที่ประกอบการฝึกทักษะ และข้อเสนอแนะสำหรับผู้สอนเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรม

จากการศึกษาองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. คู่มือครู เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครู ประกอบด้วย
   1.1 คำชี้แจงสำหรับครู
   1.2 แผนการจัดการเรียนการสอน
   1.3 สื่อการเรียนรู้
   1.4 แบบทดสอบ
   1.5 บัตรเฉลยกิจกรรม
   1.6 บัตรเฉลยแบบทดสอบ
2. คู่มือนักเรียน เพื่อให้ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนการสอนและดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอน ประกอบด้วย
   2.1 ชื่อกิจกรรม
   2.2 คำชี้แจงสำหรับนักเรียน
   2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้
   2.4 บัตรเนื้อหา
   2.5 บัตรกิจกรรม
   2.6 แบบทดสอบ

ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

สุวิทย์ คำมูล และอรทัย คำมูล (2545, หน้า 53-55) การสร้างชุดกิจกรรม มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดชื่อเรื่อง อาจกำหนดชื่อเรื่องตามหลักสูตรหรือกำหนดชื่อเรื่องใหม่ก็ได้ การจัดแบ่งเรื่องย่อยจะขึ้นอยู่กับเนื้อหาและลักษณะของชุดกิจกรรม

2. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการแบบสหวิทยาการได้ตามความเหมาะสม

3. จัดเป็นหน่วยการสอน ควรพิจารณาให้เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน

4. กำหนดหัวเรื่อง จะแบ่งหน่วยการสอนเป็นหัวข้อย่อย ๆ เพื่อสะดวกแก่การเรียนรู้ โดยในแต่ละหน่วยควรประกอบด้วยหัวข้อย่อยหรือประสบการณ์ในการเรียนรู้ประมาณ 5-6 หัวเรื่อง

5. กำหนดความคิดรวบยอดหรือหลักการว่าจะให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดหรือสามารถสรุปหลักการอะไร ซึ่งจะเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม เนื้อหาสาระ สื่อและส่วนประกอบอื่น ๆ ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้

6. กำหนดจุดประสงค์การสอน หมายถึง จุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รวมทั้งการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. กำหนดกิจกรรมการเรียน ต้องกำหนดให้สอดคล้องกับพฤติกรรมเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางในการเลือกและผลิตสื่อการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องปฏิบัติ

8. กำหนดแบบประเมินผล ต้องออกแบบการประเมินผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมแล้วผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด

9. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์และวิธีการสอนที่ผู้สอนใช้ถือเป็นสื่อการสอน เมื่อผลิตสื่อการสอนในแต่ละหัวข้อเรียบร้อยแล้ว ควรจัดสื่อการสอนเหล่านั้นแยกออกเป็นหมวดหมู่ แล้วนำไปหาประสิทธิภาพเพื่อความตรง ความเที่ยง ก่อนนำไปใช้

10. สร้างข้อทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพร้อมทั้งเฉลย ควรสร้างให้ครอบคลุมเนื้อหาและกิจกรรมที่กำหนดให้เกิดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นสำคัญและควรเฉลยไว้ให้พร้อมก่อนนำไปหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

11. หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เมื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้ว ต้องนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ๆ ไปทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้จริง เช่น ทดลองใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไข ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง ความครอบคลุมและความตรงของเนื้อหา

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2551, หน้า 19-20) การที่ครูจะสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ควรดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกหัวข้อ (Topic) กำหนดขอบเขตและประเด็นสำคัญของเนื้อหา ได้จากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ และสาระการเรียนในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในชั้นที่จะสอนว่าหัวข้อใดเหมาะสมที่นำไปสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถศึกษาความรู้ได้ด้วยตนเอง

2. การกำหนดเนื้อหาที่จะจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของผู้เรียนเป็นลักษณะจุดประสงค์เฉพาะหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอนทราบว่าเมื่อศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้จบแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถอย่างไร

3. สร้างแบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบมี 3 แบบ คือ

3.1 แบบทดสอบวัดพื้นความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อดูว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานก่อนที่จะเรียนรู้เพียงพอหรือไม่

3.2 แบบทดสอบย่อย เพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนหลังจากผู้เรียนเรียนจบในแต่ละเนื้อหาย่อย

3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้จบแล้ว

4. ชุดทำชุดกิจกรรมการเรียนการสอน ประกอบด้วย

4.1 บัตรคำสั่ง

4.2 บัตรปฏิบัติการและบัตรเฉลย

4.3 บัตรเนื้อหา

4.4 บัตรแบบฝึก และบัตรเฉลยบัตรแบบฝึก

4.5 บัตรทดสอบ และบัตรเฉลยบัตรทดสอบ

5. วางแผนกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้เรียนออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยยึดหลัก ดังนี้

5.1 ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะและควบคุมการเรียนการสอน

5.2 เลือกกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย เหมาะสมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้

5.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการคิดที่หลากหลาย เช่น คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหา คิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

5.4 มีกิจกรรมที่ฝึกให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น

6. การรวบรวมและการจัดทำสื่อการสอน

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ว่า ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เริ่มจากการกำหนดหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหากิจกรรมการเรียนรู้ เวลาในการจัดกิจกรรม สื่อและอุปกรณ์ การสร้างแบบทดสอบ แล้วสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วนำไปทดลองใช้เพื่อแก้ไขปรับปรุงโดยคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง

การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, หน้า 7-9) กล่าวถึง การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ว่า เป็นการนำสื่อหรือชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนจะนำไปใช้จริง

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 = Efficiency of process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E2 = Efficiency of product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) คือประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่มและรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้ ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal behavior) คือประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมจะเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่น่าพอใจโดยกำหนดให้เป็นร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อร้อยละของผลการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั่นคือ E1/E2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนที่จำแนกเป็นวิทยพิสัย (Cognitive domain) จิตพิสัย (Affective domain) และทักษพิสัย (Skill domain)

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตาม (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, หน้า 11-12) ขั้นตอนต่อไปนี้

ก. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น

ข. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6-10 คน (คละผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางและอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์คือการทดสอบหลังเรียนและงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำส่งก่อนสอบประจำหน่วยให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพหากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น

ค. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้วให้ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่มอาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (กาญจนา เกียรติประวัติ, ม.ป.ป., หน้า 174)

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของครู ลดบทบาทในการบอกของครู

2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนเพราะสื่อประสมที่ได้จัดไว้ในระบบเป็นการแปรเปลี่ยนกิจกรรมและช่วยรักษาระดับความสนใจของผู้เรียนตลอดเวลา

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองทำให้มีทักษะในการแสวงหาความรู้พิจารณาข้อมูล ฝึกความรับผิดชอบและการตัดสินใจ

4. เป็นแหล่งความรู้ที่ทันสมัยและคำนึงถึงหลักจิตวิทยา

5. ช่วยขจัดปัญหาขาดแคลนครู เพราะผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้

6. ส่งเสริมการศึกษานอกระบบ เพราะสามารถนำไปใช้ได้ทุกเวลา

บำรุงศักดิ์ บุระสิทธิ์ (2548, หน้า 58 อ้างถึงใน วีระ ไทยพานิช, 2539, หน้า 137) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอน ดังนี้

1. เป็นการฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ รู้จักทำงานร่วมกัน

2. เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกวัสดุการเรียนและกิจกรรมที่ชอบ

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนก้าวหน้าไปตามอัตราความสามารถของแต่ละคน

4. เป็นการเรียนที่สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล

5. มีการวัดผลตนเองบ่อย ๆ ทำให้นักเรียนรู้การกระทำของตนและสร้างแรงจูงใจ

6. นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองและมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างแท้จริง

7. เป็นการเรียนรู้ชนิด Active ไม่ใช่ Passive

8. นักเรียนเรียนที่ไหน เมื่อไร ก็ได้ตามความพอใจของนักเรียน

9. สามารถปรับปรุงการสื่อความหมายระหว่างนักเรียนกับครู

จากการศึกษาประโยชน์ของชุดกิจกรรม สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมเป็นสื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามความสนใจ ความถนัดด้วยตนเอง นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังฝึกความรับผิดชอบ การตัดสินใจด้วยตนเอง

การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM

ความหมาย

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, หน้า 35-37) กล่าวถึงความหมายของสะเต็มศึกษาหรือ STEM Education ว่าเป็นคำย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการระหว่างสาขาวิชาและมีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง รวมทั้งการใช้ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้

ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีกับบริบทของโลกแห่งความเป็นจริง เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำเนินชีวิตในสังคมและนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 50) ได้ให้ความหมายของ STEM Education ไว้ว่า เป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์ปัจจุบัน

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556, หน้า 1) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพและความมั่นคงของประเทศ

สสวท. (2557) ได้ให้ความหมาย ไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน

Breiner, Johnson, Harkness and Koethler (2012) ให้ความหมายว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกิจกรรมการเรียนที่หลากหลาย ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ หรือการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

จากการที่ศึกษาความหมายของ การจัดการศึกษาแบบสะเต็ม (STEM Education) สรุปได้ว่า สะเต็ม (STEM) เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน

แนวคิดและลักษณะของจัดการศึกษาแบบสะเต็ม (STEM Education)

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556 อ้างถึงใน Dejarnette & Breiner, 2012, p. 50) ได้กล่าวถึงแนวคิดและลักษณะการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม (STEM Education) ไว้ว่า

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry based science teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific problem based activities) จะทำให้ผู้เรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering design หรือ Design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ ประดิษฐ์และพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/ จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher level math thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project based learning, Problem based learning, Design based learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น

นอกจาก STEM Education จะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่าและสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบครัน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

- ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

- ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

- ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากแนวคิดข้างต้น นักการศึกษาก็ยังได้มีการบูรณาการศาสตร์อื่นประกอบเพื่อให้การจัดการศึกษา STEM Education นั้นครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน เช่น การจัดการศึกษา STEAM Education ที่มีบูรณาการศิลปะ (A) ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสถ่ายทอดหรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนยังสามารถสื่อสารความคิดของตนเองในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษาท่าทางหรือการวาดภาพ หรือการสร้างโมเดลจำลอง ทำให้ชิ้นงานนั้น ๆ มีองค์ประกอบด้านความสุนทรีย์ และความสวยงามเพิ่มขึ้น เกิดเป็นชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์

สสวท. ได้วางแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ดังนี้

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ ทั้งนี้ ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ Disciplinary, Multidisciplinary, Interdisciplinary integration และ Transdisciplinary integration

การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไป โดยครูผู้สอนแต่ละวิชาจัดการเรียนรู้ตามรายวิชาของตนเอง

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาตร์ และเทคโนโลยี แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงการเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นการเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนทั้ง 4 วิชากำหนดร่วมกันจะใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาตร์ และเทคโนโลยี ครูผู้สอนเทคโนโลยีสามารถเริ่มแนะนำกระติบข้าว โดยแนะนำว่ากระติบข้าวจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือตอบสนองความต้องการที่จะเก็บความร้อนของข้าว ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างกระติบข้าวเพื่อสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน และครูคณิตศาสตร์ใช้กระติบข้าวสอนเรื่องรูปทรงและให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระติบข้าว

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary integration) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนและฉนวนกันความร้อน ครูกำหนดให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บความร้อนของกระติบข้าว โดยให้ครูคณิตศาสตร์สอนเรื่องการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้น เมื่อนักเรียนทดลองและเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้นำข้อมูลจากการทดลองไปสร้างกราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์

การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary integration) คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีกับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้างให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

และความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ Problem/ Project based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาการแบบนี้

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ยังเป็นการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. การระบุปัญหา (Identify challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่ระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explorer ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไป คือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ใช้แก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน ส่วนขั้นตอนการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. กาทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจและน่าสนใจ

แนวทางการพัฒนาสะเต็มศึกษา (STEM Education)

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 53-54) กล่าวว่า การนำสะเต็มศึกษา (STEM Education) มาใช้ให้บรรลุเป้าหมายและจุดประสงค์ตามหลักการอย่างมีประสิทธิภาพ การทำความเข้าใจที่ถูกต้อง การศึกษาถึงข้อดี ผลการศึกษาวิจัย องค์ประกอบหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจึงควรพิจารณา ดังนี้

1. หลักสูตร/ บทเรียนสะเต็มศึกษา โดยการที่สอน STEM Education เป็นการสอนแบบบูรณาการและเป็นนโยบายหลักของการจัดการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้การจัดการศึกษาด้วย STEM Education ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานประสบความสำเร็จ ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาได้ สำหรับประเทศไทย เมื่อพิจารณาถึงความพร้อมของหลักสูตรทั้ง 4 กลุ่มวิชาของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีเพียงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เท่านั้น แต่ไม่พบว่ามีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ปรากฏอย่างชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้น การสร้างความชัดเจน ต่อเนื่องและสอดคล้องของแต่ละหลักสูตรจึงมีความสำคัญ เพราะจะเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปจัดการเรียนการสอนได้ นอกจากนี้ ความพร้อมด้านสื่อ บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผลที่ชัดเจนก็มีความสำคัญ

2. การพัฒนาครูประจำการ (Professional development) ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ STEM Education ประสบความสำเร็จ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มีการวางแผนการใช้ STEM Education โดยจัดให้มีการอบรมเพื่อให้ความรู้แก่บุคลากรในสถาบัน การจัดประชุมหรือการร่วมประชุมวิชาการนานาชาติ การเชิญผู้ทรงคุณวุฒิมาให้ความรู้ การศึกษาและวางแผนการวิจัย เพื่อให้ STEM Education เป็นรูปธรรม ทั้งนี้ แผนการพัฒนาครูประจำการที่ดีชัดเจนจะมีส่วนช่วยให้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอน เข้าใจและสามารถนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การเตรียมพร้อมในการเตรียมผลิตบัณฑิตเพื่อเป็นผู้สอน STEM Education จากการวิจัย พบว่า ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความล้มเหลวในการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา คือ ครูฝึกหัดมักขาดความมั่นใจในการสอน เพราะครูเหล่านี้ขาดประสบการณ์หรือความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ด้านวิทยาศาสตร์น้อย เน้นแต่ความรู้ด้านกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น สถาบันอุดมศึกษาที่ผลิตครูควรสร้างระบบการผลิตครูที่ชัดเจนเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนและระบบการศึกษา เช่น ผลิตครูในสาขาที่สังคมต้องการ การสร้างรูปแบบการนิเทศน์ การเป็นผู้ชี้แนะและพี่เลี้ยง (Coaching and mentoring) รวมทั้งความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ให้กับครูฝึกสอน

4. การเตรียมความพร้อมของสถานศึกษา ผู้บริหารสถานศึกษาเป็นปัจจัยหลักของความสำเร็จของการจัดการศึกษา STEM Education คือ สามารถบริหารจัดการอย่างมียุทธศาสตร์ เป็นนักวิชาการมุ่งพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเป็นหลัก เปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วมในการคิดและบริหาร

5. การศึกษาวิจัยเพื่อสนับสนุน พัฒนา STEM Education เช่น การเริ่มสอน STEM Education ในระดับปฐมวัย เพื่อตอบสนองต่อการพัฒนาทางสติปัญญาโดยเฉพาะทำให้เด็กเล็ก ๆ พัฒนาทักษะทางปัญญาด้านวิศวกรรมศาสตร์ด้วยการใช้สื่อเทคโนโลยี ซึ่งพบว่าเด็กในระดับปฐมวัยสามารถพัฒนาได้เป็นอย่างดี

Nathan (2013 อ้างถึงใน รักษพล ธนานุวงศ์, 2556) กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM สรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ในสถานศึกษาทำได้ยาก เพราะหลักสูตรสถานศึกษาที่ถูกจัดไว้ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงการลดหรือเพิ่มเนื้อหาที่จะสอนจึงเป็นไปได้ยาก กิจกรรมการเรียนการสอนใช้เวลานาน ไม่เพียงพอกับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน นอกจากนี้ ครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษา อาจไม่สามารถสอนบูรณาการข้ามศาสตร์ทั้ง 4 สาขาวิชาได้ เพราะไม่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ไม่ได้จบมาโดยเฉพาะความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งไม่ปรากฏในหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา ส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจและเห็นคุณค่าของศาสตร์แต่ละศาสตร์ใน STEM และไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดเชิงลึก ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ให้เกิดประสิทธิผลในประเทศไทยควรเริ่มจัดการเรียนการสอนตั้งแต่ในระดับประถมศึกษา เพราะเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนแบบบูรณาการทั้งฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และดาราศาสตร์รวมกันอยู่แล้ว เมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนตามแนว STEM ในระดับประถมศึกษาแล้ว

ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะและความรู้ที่ดี เกิดความประทับใจ สามารถเป็นแรงขับเคลื่อนการเรียนการสอนแบบ STEM ในระดับสูงต่อไป

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM สรุปได้ดังนี้ การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ในธรรมชาติ 4 สาขาวิชาคือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะในการประดิษฐ์ชิ้นงานหรือแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบข้ามสาขาวิชา เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เน้นหลักการและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เน้นกระบวนการแก้ปัญหา การปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมของตนเอง วิศวกรรมศาสตร์ เน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม และคณิตศาสตร์ เน้นกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการประดิษฐ์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้

ลอวสัน (Lowson, 1995, p. 424) กล่าวว่า วัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้คิดค้นขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ ซึ่งไม่เน้นการสอนแบบบรรยาย หรือบอกเล่า หรือให้ผู้เรียนเป็นผู้รับเนื้อหาวิชาต่าง ๆ จากครู หากแต่ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยมีความเชื่อว่านักเรียนมีวัฏจักรการเรียนรู้อยู่แล้ว

สสวท. (2546, หน้า 46) กล่าวว่า วัฏจักรการเรียนรู้เป็นการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้และการเรียนจากกลุ่มจัดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปในลักษณะการเรียนรู้แบบวัฏจักร หรือการเรียนรู้แบบค้นพบ

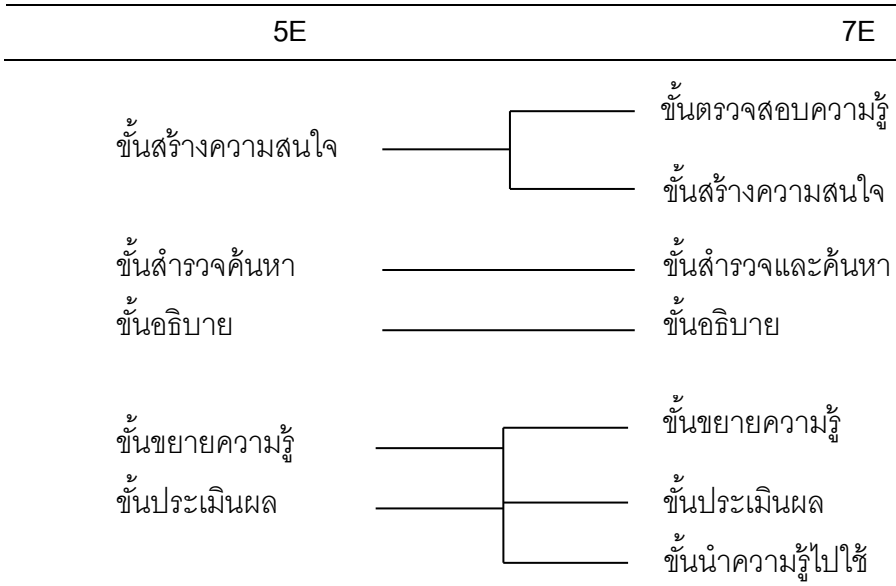
เสาวรสธ์ พลโคตร (2550, หน้า 25) วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึง รูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาคิดค้นขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์ การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตัวเอง ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

จากการที่ศึกษาความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้ สรุปได้ว่า วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

วัฏจักรการเรียนนรู้ 7 ขั้น (7E-Learning cycle)

ในปี ค.ศ. 2003 Eisenkraft (2003, pp. 56-59) ได้ขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้นเป็น 7 ขั้น โดยให้เหตุผลว่าขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบ 5E เป็นขั้นตอนที่ยังไม่ต่อเนื่อง จึงปรับขั้นนำเข้าสู่บทเรียนแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elication) และขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) และในขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผลได้ปรับเป็น 3 ส่วน คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การขยายวงจรการเรียนรู้แบบ 5E เป็น 7E (Eiesenkraft, 2003, หน้า 57)

ดังนั้น จึงสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น หรือ 7E มีขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสำรวจความรู้เดิม (Elication) 2) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation) 5) ขั้นขยายความรู้ (Expansion) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปในลักษณะของวัฏจักรการเรียนรู้ในขั้นการตรวจสอบความรู้เดิมจะช่วยให้นักเรียนถ่ายโอนความรู้ที่มีอยู่และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนและสาระสำคัญ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elication) เป็นขั้นที่ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้มากน้อยแค่ไหน นำไปสู่การวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

2. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการนำเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของผู้เรียน การอภิปรายภายในกลุ่ม ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่นักเรียนยังไม่มีประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างและจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น ไม่ว่าผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนนรู้

5. ขั้นขยายความรู้ (Expansion/ Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ ด้วยกระบวนต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) เป็นขั้นที่ครูมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เป็นการนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ เรียกว่า การถ่ายโอนความรู้

บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E

การนำรูปแบบการเรียนการสอน 7E ไปใช้ ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทนักเรียนเพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E สรุปได้ ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E (ประสาท เนืองเฉลิม, 2550)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit)	1. ถามคำถามเพื่อทดสอบความรู้เดิมของนักเรียน 2. อธิบายความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่ที่นักเรียนจะเรียน	1. ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นที่มีต่อสถานการณ์ สื่อการสอนหรือข้อมูลต่าง ๆ 2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในชั้นเรียน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้อยากเห็น 3. ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาสาระ	1. ตอบคำถาม คิดและตั้งคำถามจากสถานการณ์สื่อการสอนหรือข้อมูลต่าง ๆ ด้วยวามสนใจและอยากเรียนรู้ 2. แสดงความสนใจ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)	1. ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจคำตอบ 2. สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน 3. ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน 4. ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ 5. ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขต 2. ลงมือปฏิบัติโดยการตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน 3. พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น ๆ 4. บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น 5. ลงข้อสรุป
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	1. ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนอง 2. ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง 3. ให้นักเรียนอธิบายให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ 4. ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด	1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ 2. ฟังคำบรรยายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ 3. ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย 4. ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย 5. อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)	1. คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความและการอธิบายสิ่งเรียนรู้มาแล้ว 2. ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะ	1. นำการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม 2. ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา ตัดสินใจและ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เรียนมาแล้ว 3. ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร	ออกแบบการทดลอง 3. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ 4. บันทึกการสังเกตและอธิบาย 5. ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ
6. ขั้นประเมินผล (Evaluate)	1. สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ 2. ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน 3. หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม 4. ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ 5. ถามคำถามปลายปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร นักเรียนเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้นและจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร	1. ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ 3. ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง 4. ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป
7. ขั้นขยายความคิดรวบยอด (Extend)	1. สร้างสถานการณ์ที่โยงไปสู่สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2. ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับความรู้อื่น ๆ	1. นำความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังนี้ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผลและขั้นนำความรู้ไปใช้

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) เป็นความสามารถทางการคิดอย่างหนึ่งของสมองมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีอยู่ในตัวบุคคลทุกคนอาจจะมีมากหรือน้อยแตกต่างกันไปมีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

กิลฟอร์ด (Guilford, 1947) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองเป็นความสามารถที่จะคิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือที่เรียกว่าแบบอเนกนัย (Divergent thinking) ซึ่งลักษณะความคิดเช่นนี้ จะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์แปลกใหม่รวมถึงการคิดค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จอีกด้วย และความคิดสร้างสรรค์นี้จะประกอบด้วยความคล่องในการคิด (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดแปลกใหม่ (Originality) คนที่มีลักษณะดังกล่าวจะต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์และมีอิสระในการคิด

ออสบอร์น (Osborn, 1963, pp. 348-369) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied imagination) คือเป็นจินตนาการที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหายุ่งยากที่มนุษย์ประสบอยู่ มิใช่เป็นจินตนาการที่ฟุ้งซ่านเลื่อนลอยโดยทั่วไป ความคิดจินตนาการจึงเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ในการนำไปสู่ผลผลิตที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์

ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1962, p. 211) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นได้โดยไม่มีขอบเขตจำกัด บุคคลสามารถมีความคิดสร้างสรรค์ในหลายแบบและผลของความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นนั้นมีมากมายไม่มีข้อจำกัดเช่นกัน

วอลลาช และโคแกน (Wallach & Kogan, 2010, p. 18) ได้กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดโยงสัมพันธ์ได้ คนที่มีความคิดสร้างสรรค์คือคนที่สามารถคิดอะไรได้อย่างสัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่ยิ่งคิดได้มากเท่าไรยิ่งแสดงศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์มากเท่านั้น

ศรีสุรางค์ ทีนะกุล (2542, หน้า 13) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความ สามารถในตัวบุคคลในการคิดสิ่งที่แปลกใหม่ ไม่ลอกเลียนแบบใคร หรือเกิดจากการปรับปรุงความคิดเดิมให้เป็นความคิดใหม่และมีประโยชน์

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์ (2546, หน้า 7) กล่าวว่า ความคิดเชิงสร้างสรรค์เป็นความสามารถของสมองที่คิดได้หลากหลายแง่มุม เรียกว่า ความคิดแบบเอนกนัย มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ จนเกิดการเรียนรู้ เกิดจินตนาการนำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้นและแก้ปัญหา

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาสติปัญญา การค้นพบความรู้ รวมทั้งการพัฒนาและสร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2539) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้หลายแนวทางจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยใช้กระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถทำให้เกิดผลผลิตที่แปลกใหม่

พีช และซูด (Piltz & Sund, 1975) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นกระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ผลผลิตที่แปลกใหม่ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จะมีความสามารถในการจดจำปัญหา การผลิตความคิดใหม่ การจัดระเบียบความคิด และการประเมินผล

จากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามาถของบุคลในการคิดแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ กระบวนการทางวิทยศาสตร์เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่

ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญเพราะเป็นวิธีการคิดที่จะช่วยให้บุคคลมีความสามารถในการคิดเข้าใจปัญหาสามารถแก้ไขและคาดการณ์ล่วงหน้าถึงอุปสรรคที่จะเกิดขึ้นทำให้บุคคลสามารถแก้ปัญหาได้ดี ซึ่งได้มีผู้กล่าวถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายท่าน ดังนี้

เฮอร์ลอค (Hurlock, 1997) กล่าวถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทำให้บุคคลมีความสามารถในการสร้างองค์ประกอบ ผลิตภัณฑ์ และแนวคิด ผ่านการจินตนาการ สังเคราะห์ความคิด นำไปสู่การคิดสร้างสิ่งใหม่ ๆ ซึ่งไม่เคยมีมาก่อน

อารี รังสินันท์ (2532, หน้า 498) กล่าวว่า ความคิดสสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อตนเองดังนี้

1. ลดความตึงเครียดทางอารมณ์ เพราะได้ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของตนเอง ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้า เผชิญกับสิ่งที่ท้าทายความสามารถ เป็นต้น

2. มีความสนุกสนาน เพลิดเพลิน และเป็นสุข เมื่อได้ทำในสิ่งที่ตนได้คิด ได้เล่น ได้ทดลองกับความคิด จะรู้สึกพอใจ ตื่นเต้นกับผลงานที่เกิดขึ้น

3. มีความภาคภูมิใจและเชื่อมั่นในตนเอง การได้ทำสิ่งที่ตนคิด ได้ทดลอง ได้ปฏิบัติจริง เมื่องานนั้นประสบความสำเร็จ จะทำให้บุคคลเกิดความภาคภูมิใจและเชื่อมั่นในตนเอง หากงานนั้นไม่สำเร็จก็จะเข้าใจและยอมรับผลที่เกิดขึ้น ได้เรียนรู้และค้นพบบางสิ่งบางอย่าง ทำให้เกิดความมุมานะพยายามและกล้าที่จะก้าวต่อไป

4. ทำให้สังคมเกิดการเปลี่ยนแปลงจากผลงานที่เกิดขึ้น นำมาซึ่งความแปลกใหม่ สังคมเจริญก้าวหน้า นำมาซึ่งความสะดวกสบาย

จากการศึกษาความหมายของความคิดสร้างสรรค์ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดในการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี แปลกใหม่ นำไปสู่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้สำเร็จ เพื่อส่งเสริมสุนทรียภาพ มีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งต่าง ๆ เปิดโอกาสให้บุคคลใช้จินตนาการนำไปสู่การค้นพบและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษา ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

กิลฟอร์ด (Guilford, 1967, pp. 125-143) ได้กำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา หรือความคิดง่าย ๆ ที่เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

2. ความคิดคล่องตัว (Fluency) หมายถึง เป็นความคิดในเรื่องเดียวกันที่ไม่ซ้ำกัน ในองค์ประกอบนี้ความคิดจะโลดแล่นออกมามากมาย

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิดที่พยายามคิดได้หลายอย่างต่าง ๆ กัน เช่น ประโยชน์ของก้อนหินมีอะไรบ้าง หรือความคิดยืดหยุ่นด้านการดัดแปลงสิ่งต่าง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความคิดที่ต้องทำด้วยความระมัดระวังและมีรายละเอียดที่สามารถทำให้ความคิดสร้างสรรค์นั้นสมบูรณ์ขึ้นได้

อารี พันธ์มณี (2537) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือเรียกว่าลักษณะการคิดแบบอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือที่เรียกว่า Wild idea เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณที่มากในเวลาที่จำกัด แบ่งออกเป็น

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่หาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด ความคล่องในการคิดมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาเพราะในการแก้ปัญหาจะต้องแสวงหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขหลายวิธี และต้องนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการ

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทางซึ่งแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายอย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นด้านการดัดแปลง (Adaptive flexibility) ซึ่งเป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมาในเบื้องต้น สรุปได้ว่า พฤติกรรมที่เป็นความคิดสร้างสรรค์นี้เป็นความสามารถทางการคิดหลายทิศทาง (Divergent thinking) ที่ควรประกอบด้วยความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

จากการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดละออ

ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์

ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1962, pp. 81-82) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับบุคลิกภาพของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง จากการศึกษาพบว่า คนที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงเป็นคนที่มีความคิดแปลกไปจากคนอื่นและมีผลงานที่ทาไม่ซ้ำแบบใคร

ครอพเลย์ (Cropley, 1966, p. 124) กล่าวว่า ผู้มีความคิดสร้างสรรค์มีลักษณะที่สำคัญ 4 ประการ คือ มีประสบการณ์ที่กว้างขวาง (Procession of wide categories) เต็มใจและพร้อมที่จะเสี่ยง (Willingness to take risks) เต็มใจและพร้อมที่จะก้าวไปข้างหน้า (Willingness to have ago) และสามารถที่จะยืดหยุ่นความคิดได้อย่างคล่องแคล่วในระดับสูง

ฟรอมม์ (Fromm, 1963) กล่าวถึงลักษระของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

1. มีความรู้สึกทึ่ง ประหลาดใจเมื่อพบเห็นสิ่งของใหม่ที่น่าทึ่ง หรือประหลาดใจ สนใจสิ่งที่เกิดขึ้นใหม่

2. มีสมาธิสูง การที่จะคิดออก หรือจะสร้างสิ่งใดก็ต้องผ่านการคิดไตรตรองในเรื่องนั้นเป็นเวลานาน จึงจำเป็นต้องมีสมาธิ

3. สามารถยอมรับในสสิ่งที่ไม่แน่นอนและสิ่งที่เป็นข้อขัดแย้งและความตึงเครียดได้

4. มีความเต็มใจ กล้าหาญและศรัทธาที่จะทำสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใหม่

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์

ประสาท อิศรปรีดา (2538, หน้า 8-9) กล่าวถึง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์ว่าความคิดสร้างสรรค์ไม่ว่าจะอยู่ในระดับบุคคล ระดับกลุ่มหรือระดับสังคมก็ตาม จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ส่วน คือ ปัจจัยที่เป็นส่วนของความสามารถ (Abilities) ทักษะทางการคิด (Skills) ซึ่งเป็นศักยภาพที่มีอยู่ภายในตัวบุคคล และปัจจัยทางแรงจูงใจ (Motivation) ที่อาจเกิดจากการกระตุ้นจากภายนอกอีกส่วนหนึ่ง บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ จะต้องมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่เอื้อซึ่งกัน

และกันเสมอ นั่นคือ ไม่เพียงแต่มีแรงจูงใจ มีทักษะ หรือความสามารถที่จะคิดสร้างสรรค์อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะต้องมีศักยภาพทางการคิด (Cognitive) มีความอดทน ความอยากรู้อยากเห็น กล้าเสี่ยง ซึ่งเป็นคุณลักษณะทางอารมณ์

อุปสรรคของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

ซิมพ์เบอร์ก (Simpberg, 2007, p. 119 อ้างถึงใน ณัฐณิชา เติมสินวาณิช, 2550, หน้า 41-44) กล่าวว่า อุปสรรคที่ขัดขวางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์มี 3 ประการ คือ

1. อุปสรรคด้านการรับรู้ (Perceptual block) อุปสรรคด้านการรับรู้ ได้แก่ การที่คนเราไม่สามารถมองเห็นปัญหาที่แท้จริงได้ เป็นเหตุให้การแก้ปัญหานั้นดำเนินไปโดยปราศจากเป้าหมายที่ชัดเจนและแน่นอน ดังนี้

1.1 ความยากในการจำแนกปัญหาที่แท้จริงจากปัญหาทั่วไปซึ่งเปรียบเสมือนนายแพทย์ที่พยายามรักษาคนไข้โดยไม่ทราบสาเหตุของโรคที่แท้จริง

1.2 การมองปัญหาแคบเกินไป ขาดการพิจารณาสภาพแวดล้อมของปัญหานั้น

1.3 ความสามารถที่จะเข้าใจคำจำกัดความหรือนิยามของปัญหานั้นเป็นเหตุให้สื่อความเข้าใจตรงกันไม่ได้

1.4 ความไม่สามารถที่จะใช้ประสาทสัมผัสทั้งหลายในการสังเกต การสังเกตนั้นเราสามารถใช้ประสาทสัมผัสทั้งหมด คือ ตา หู จมูก และกายสัมผัส ช่วยในการสังเกตได้

1.5 ความยากที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ของวัตถุ หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกัน (Remote relationship) น้อยทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

1.6 การมองข้ามสิ่งที่ใกล้ตัวหรือสิ่งที่เด่นชัด ซึ่งบางครั้งความเคยชินกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยอาจทาให้มองข้ามประเด็นที่น่าสนใจไปได้

1.7 ความล้มเหลวในการจำแนกเหตุและผลมีหลายสถานการณ์ที่ยากแก่การแยกแยะได้อย่างชัดเจนว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงจะไม่ด่วนสรุปสาเหตุและผลจนกว่าจะรู้แน่ชัดเสียก่อน

2. อุปสรรคด้านวัฒนธรรม (Cultural block) อุปสรรคด้านวัฒนธรรม เป็นผลเนื่องมาจากกฎเกณฑ์ของสังคมซึ่งเป็นสิ่งกำหนดให้บุคคลต้องมีพฤติกรรมอยู่ในกรอบระเบียบแบบแผน ทำให้มีผลต่อการสกัดกั้นความท้าทายต่อการคิดค้นในสิ่งใหม่ ๆ และความเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นคุณลักษณะความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลอุปสรรคประเภทนี้ ได้แก่

2.1 ความต้องการทำตามแบบอย่างในกรอบที่ไม่แตกต่างจากผู้อื่นทำให้เกิดรูปแบบพฤติกรรมและการมองปัญหาที่คล้ายคลึงกัน การหาวิธีแก้ปัญหาก็ยึดติดกับระเบียบแบบแผนมากไปทำให้บางครั้งไม่สามารถแก้ปัญหาได้

2.2 การมุ่งเน้นในความประหยัด ซึ่งมีผลทำให้เกิดการตัดสินใจที่รวดเร็วเกินไปทำให้บุคคลไม่พยายามที่จะใช้ความคิดของตนในสิ่งที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำกับของเดิม เพราะการกระทำเช่นนี้ต้องลงทุนทั้งเวลาและเงินมากขึ้น

2.3 ความกลัวที่จะเป็นคนที่ไม่สุภาพเรียบร้อย กลัวผู้อื่นเห็นว่าเป็นบุคคลที่น่ารำคาญจึงทำให้ขาดความอยากรู้อยากเห็น ไม่กล้าซักถามหรืออภิปรายในสิ่งที่ตนยังไม่เข้าใจ ทำให้กลายเป็นคนที่ขาดจิตสำนึกแห่งการสืบค้น (Inquiring mind)

2.4 การมุ่งเน้นในเรื่องการแข่งขันหรือความร่วมมือกันมากเกินไปบุคคลทั่วไปมักคิดว่าการร่วมมือกันนั้นแต่ละคนต้องลดความคิดของตนเองลง เพื่อให้สอดคล้องกับความคิดของกลุ่มหรือลดความขัดแย้งลง ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนัก ความจริงความร่วมมือ หมายถึง การทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้ โดยต้องสามารถอธิบายหรือชี้แจงความคิดของตนให้ผู้อื่นเข้าใจหรือยอมรับได้ ส่วนการมุ่งแข่งขันจนเกินไปนั้นก็มีผลทำให้บุคคลมองข้ามเป้าหมายที่แท้จริงของงานนั้นไปโดยจะมุ่งเอาชนะแต่อย่างเดียวทาให้ละเลยความคิดริเริ่มของตนต่อไป

2.5 การยึดมั่นสถิติมากเกินไป การยึดมั่นในตัวเลขโดยไม่ได้พิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เข้าใจสภาพความเป็นจริงผิดไปได้

2.6 ความยากในการสรุปอ้างอิงพฤติกรรมของแต่ละบุคคล เพราะแต่ละบุคคลก็มีพฤติกรรมเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง จึงเป็นการยากในการมอบหมายงานที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

2.7 การยึดมั่นในเหตุผลและความจริงมากเกินไปหรือการหลงเชื่อความจริงในอดีตมากเกินไปมีผลทาให้บุคคลขาดความคิดสร้างสรรค์ได้ เช่น ถ้าเราเชื่อว่าพาหนะที่เบากว่าอากาศเท่านั้นที่สามารถบินได้ บัดนี้ก็ยังคงไม่มีเครื่องบินใช้

2.8 การขาดความประนีประนอมในความคิดเห็นที่ไม่สอดคล้องกันเข้าด้วยกัน ซึ่งส่วนมากแล้วบุคคลส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มที่จะต่อต้านหรือไม่ยอมรับความคิดที่ไม่ตรงกับตนโดยสิ้นเชิง และจะยอมรับความคิดเห็นที่ตรงกับตนในทันที ลักษณะเช่นนี้มีผลทำให้ไม่เกิดความคิดใหม่ขึ้นมา

2.9 การมีความรู้เกี่ยวกับขอบข่ายงานที่ปฏิบัติมากหรือน้อยเกินไป บุคคลที่มีความรู้น้อยหรือแคบเกินไปก็ไม่สามารถนำมาอภิปรายและสร้างสรรค์ให้เกิดความคิดริเริ่มใหม่ ๆ ขึ้นมา เช่นเดียวกันกับบุคคลที่มีความรู้มากหรือเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ จะมีความรู้สึกว่าความคิดของตนถูกต้องดีกว่าผู้อื่นเสมอจึงไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเลย ลักษณะเช่นนี้ก็เป็นอุปสรรคต่อความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลในองค์กรนั้น ๆ

2.10 การมีความเชื่อว่าความคิดฝันเป็นสิ่งไร้ค่าบุคคลจึงไม่ยอมรับฟังความคิดฝันในสิ่งแปลกใหม่โดยเห็นว่าเป็นเรื่องเพ้อฝันไร้สาระ ซึ่งความเป็นจริงแล้วประดิษฐ์กรรมใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นส่วนใหญ่จะได้มาจากความคิดฝันมาก่อนทั้งนั้น

3. อุปสรรคด้านอารมณ์ (Emotional block) อุปสรรคด้านอารมณ์จัดเป็นอุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งทั้งนี้เพราะอารมณ์ของบุคคล ได้แก่ ความโกรธ ความกลัว ความรัก ความชอบ ความเกลียดเป็นต้น นับว่ามีความสำคัญต่อปัญหาและเหตุผล ถ้าบุคคลมีอารมณ์เกิดขึ้นสูงความสามารถทางปัญญาและเหตุผลของคนนั้นก็จะต่ำลง นั้นคืออารมณ์เป็นตัวสกัดกั้นความคิดและเหตุผลตลอดจนความคิดสร้างสรรค์ของบุคคล อุปสรรคทางอารมณ์ที่สาคัญคือ

3.1 ความกลัวที่จะทำผิดหรือทำในสิ่งที่ผู้อื่นมองเห็นว่าโง่ ด้วยความกลัวเช่นนี้จึงทำให้สูญเสียความคิดที่ดี ๆ ไป เพราะเจ้าของความคิดไม่กล้าที่จะเสนอความคิดนั้นออกมาด้วยเกรงว่าจะถูกผู้อื่นมองเห็นว่าเป็นเรื่องไร้สาระ

3.2 การด่วนตัดสินใจยอมรับความคิดอันแรกที่เกิดขึ้นทันที โดยไม่เปิดโอกาสคิดหาแนวทางอื่นที่แตกต่างออกไป ความจริงความคิดอันแรกอาจไม่ใช่ความคิดที่ดีที่สุดเสมอไปอาจมีความคิดอื่นที่ดีกว่าได้ ถ้ายอมรับตั้งแต่ความคิดอันแรกแล้วจะเป็นการสกัดกั้นความคิดอื่น ๆ ไป

3.3 การที่บุคคลยึดติดกับความคิดของตนเอง บุคคลส่วนมากมักจะยึดติดความคิดความเชื่อของตนและยากที่จะเปลี่ยนแปลงตามความคิดหรือข้อเสนอแนะของบุคคลอื่นและจะต่อต้านความคิดที่ไม่ตรงกับความคิดของตนเองด้วย

3.4 ความไม่อดทนอดกลั้นต่อการแสวงหาวิธีแก้ปัญหาที่ยุ่งยาก บุคคลทั่วไปส่วนมากจะมุ่งหวังในผลสำเร็จไว้สูงเมื่องานนั้นประสบปัญหาก็จะเกิดความคับข้องใจและมุ่งที่จะแก้ปัญหานั้นแบบหัวชนฝาไม่พยายามที่จะรวบรวมสติและความคิดในการหาหนทางอื่น ๆ

3.5 ความต้องการความปลอดภัยสูงเกินไป ทุกคนมีความต้องการความปลอดภัยสูงและเมื่อบุคคลต่างมุ่งไปที่ความปลอดภัยของตัวเองแล้ว ก็จะมีผลทำให้ละเลยต่อโอกาสที่จะรับรู้สิ่งใหม่ ๆ ไปอย่างน่าเสียดาย

3.6 ความกลัวต่อการนิเทศแนะนำและไม่วางใจเพื่อนร่วมงาน ความรู้สึกเช่นนี้ทำให้บุคคลขาดความเชื่อมั่นและความไว้วางใจซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นพื้นฐานสาคัญต่อการสกัดกั้นความสามารถในการแก้ปัญหาและการกระทำกิจกรรมที่สร้างสรรค์

3.7 การขาดความพยายามที่จะแก้ปัญหาโดยตลอดจนแก้ปัญหาได้สาเร็จ บุคคลส่วนมากชอบที่จะดาเนินโครงการใหม่ ๆ และให้ความสนใจกับโครงการนั้นในระยะสั้น ในระยะยาวบุคคลมักขาดการเอาใจใส่ติดตามแก้ปัญหาและหาวิธีการใหม่ ๆ มาดำเนินให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

3.8 การขาดแรงจูงใจในการแก้ปัญหา สาเหตุเนื่องจากขาดผู้เห็นด้วยหรือขาดผู้สนใจในแนวทางแก้ปัญหาที่ตนได้เสนออาจเป็นเพราะไม่แน่ใจในแนวทางแก้ปัญหานั้นหรือมีความรู้ความเข้าใจไม่ดีพอ จึงมีผลทาให้ผู้เสนอทางแก้นั้นขาดแรงจูงใจที่จะคิดต่อไป

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า การส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ในกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นได้อย่างเสรี มีเหตุผล

การวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบของทอร์แรนซ์

การวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นการวัดที่มีความแตกต่างไปจากการวัดด้านสติปัญญาโดยทั่วไป จึงเป็นคุณลักษณะที่วัดได้ค่อนข้างยาก เพราะมีองค์ประกอบที่ไม่คงที่แน่นอน (Dynamic) และมีหลายองค์ประกอบย่อย (Multifaceted function) ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1966 อ้างถึงในวราวุธ มัสพันธ์, 2556, หน้า 15-16) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (The Torrance Tests of Creative Thinking, TTCT) ตามนิยามความคิดสร้างสรรค์ที่ว่า “ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการที่ไวต่อปัญหามองเห็นความแตกต่าง ข้อบกพร่องหรือความไม่สอดคล้องกันในสิ่งเร้าของบุคคล” ลักษณะของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยแบบทดสอบที่เป็นแบบภาษา (Verbal) ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 กิจกรรม และที่เป็นแบบรูปภาพ (Figural) ซึ่งประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ ผู้ให้ทดสอบดูภาพเทพยดากำลังมองภาพสะท้อนของตนเองจากน้ำอยู่แล้ว จะให้ผู้ทดสอบทำกิจกรรมที่ 1 คือให้ตั้งคำถามเกี่ยวกับภาพที่มองเห็นในสิ่งที่ตนอยากจะรู้ให้มากที่สุด กิจกรรมที่ 2 จะทำให้ผู้เข้าสอบเขียนเดาสาเหตุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ดังที่เห็นในภาพ และกิจกรรมที่ 3 จะให้ผู้เข้าสอบคาดคะเนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นต่อจากเหตุการณ์ที่เห็นในภาพในกิจกรรมที่ 4 การปรับปรุงผลผลิต (Product improvment) กิจกรรมนี้จะให้ผู้เข้าสอบคิดหาวิธีใช้หมอน

รูปช้างที่แปลกใหม่และสนุกมาให้มากที่สุด กิจกรรมที่ 5 การใช้ประโยชน์อย่างพิศดาร (Unusual uses) จะให้ผู้เข้าทดสอบคิดว่าวิธีใช้ประโยชน์จากกล่องกระดาษแข็งให้มากที่สุด กิจกรรมที่ 6 การตั้งคำถามแปลกใหม่ (Unusual quasions) จะให้ผู้เข้าทดสอบตั้งคำถามที่แปลกใหม่ เกี่ยวกับกล่องกระดาษแข็งมาให้มากที่สุด และกิจกรรมที่ 7 การคาดคะเนเหตุการณ์ (Just suppose) เป็นการให้ผู้เข้าทดสอบคาดคะเนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้จากเหตุการณ์สมมติที่กำหนดให้ว่าถ้าสามารถใช้เชือกผูกก้อนเมฆแล้วดึงลงมาได้แล้วจะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้นบ้างให้นักเรียนเขียนบอกมาให้มากที่สุด

ส่วนแบบทดสอบที่เป็นรูปภาพมี 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 การสร้างภาพ (Picture construction) จะให้ผู้เข้าทดสอบเขียนภาพที่แปลกใหม่และน่าสนใจมากที่สุดจากแผ่นกระดาษรูปวงรีที่กำหนดให้ กิจกรรมที่ 2 ต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Incomplete figures) เป็นการต่อเติมภาพที่กำหนดให้ ให้ได้ภาพที่แปลกใหม่และน่าสนใจมากที่สุด และกิจกรรมที่ 3 เส้นขนาน (Parallel lines) เป็นการให้ต่อเติมภาพจากเส้นขนานที่กำหนดให้ ให้ได้ภาพที่แปลกใหม่และน่าสนใจมากที่สุด

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบของทอร์แรนซ์ จะให้คะแนนเป็น 4 คุณลักษณะ คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ซึ่งหมายถึง จำนวนคำตอบที่ได้ทั้งหมด ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึงจำนวนกลุ่มของคำตอบที่แตกต่างกัน ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำกันกับคำตอบของผู้อื่น และความคิดละเอียดละออ (Elaboration) หมายถึง จำนวนคำตอบที่แสดงถึงส่วนประกอบที่เป็นรายละเอียด

จากการศึกษาการวัดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ให้ครอบคลุม สรุปได้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ เป็นที่นิยมในการใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ โดยการพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ให้เหมาะสม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแบบของทอแรนซ์ซึ่งมีการวัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดละออ และความคิดริเริ่ม

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการเรียนการสอนของครู ซึ่งมีหัวข้อที่กล่าวถึง ดังนี้

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

อารีย์ วชิรวรากร (2542, หน้า 143) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการเรียนการสอนการฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งในโรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งหมายรวมถึงความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมที่เป็นผลจากการฝึกอบรมด้วย

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 29) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่าเป็นคุณลักษณะ รวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพของสมองบุคคลเรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถมากน้อยเพียงใด เช่น พฤติกรรมด้านการจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า มากน้อยอยู่ในระดับใด นั่นคือ เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยนั่นเอง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 125) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

กู๊ด (Good, 1973) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลของการสะสมความรู้ความสามารถในการเรียนไว้ทุกด้าน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมของบุคคลที่เปลี่ยนไป เนื่องจากการได้รับการสอน การฝึกฝนที่สามารถวัดได้

ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้อธิบายถึงชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ (ม.ป.ป., หน้า 171-172) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มักจะเป็นคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper and pencil test) กับให้นักเรียนปฏิบัติจริง (Performance test) แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งเป็น 2 พวก คือ แบบทดสอบของครูที่สร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของคำถามที่ครูเป็นคนสร้างขึ้น ซึ่งจะเป็นหัวข้อคำถามที่ถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บกพร่องตรงไหน เพื่อจะได้สอนซ่อมเสริมหรือเตรียมพร้อมเรียนเรื่องต่อไป

2. แบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบประเภทนี้สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้นแต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง จนมีคุณภาพดีพอจนสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนได้ ข้อสอบแบบนี้นอกจากจะมีคุณภาพของแบบทดสอบสูงแล้วยังมีมาตรฐานในด้านวิธีการดำเนินการสอบ คือ ไม่ว่าโรงเรียนหรือส่วนราชการใดจะนำไปใช้ต้องดำเนินการสอบแบบเดียวกัน แบบทดสอบด้านมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบว่าจะทำอย่างไรจึงจะมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย

แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน มีวิธีในการสร้างข้อคำถามเหมือนกัน คือ จะเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาหรือพฤติกรรมที่ได้สอนนักเรียนไปแล้ว สำหรับพฤติกรรมที่ใช้วัดจะเป็นพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามวัด ซึ่งบลูม (Bloom) ได้เขียนไว้ในหนังสือ Taxonomy of education objectives ดังนี้

1. วัดความรู้-ความจำ (Knowledge)
2. วัดด้านความเข้าใจ (Comprehension)
3. วัดด้านการนำไปใช้ (Application)
4. วัดด้านการวิเคราะห์ (Analysis)
5. วัดด้านการสังเคราะห์ (Synthesis)
6. วัดด้านการประเมินค่า (Evaluation)

จนกระทั่ง Adderson and Krathwohl (2001) ได้เพิ่มเติมและพัฒนาการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ Bloom เพื่อให้ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านกีฬา การประยุกต์ใช้ในด้านการละครและดนตรี โดยวัดพฤติกรรม 6 ด้าน ดังนี้

1. วัดความรู้-ความจำ (Remember)
2. วัดด้านความเข้าใจ (Understanding)
3. วัดด้านการนำไปใช้ (Apply)
4. วัดด้านการวิเคราะห์ (Analyze)
5. วัดด้านการประเมินค่า (Evaluation)
6. วัดด้านความคิดสร้างสรรค์ (Create)

สมนึก ภัททิยธนี (2544, หน้า 78-82) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจาก

ครูต้องทำหน้าที่วัดผลนักเรียน คือ เขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ตนได้สอน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับแบบทดสอบที่ครูสร้างและมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบความเรียงหรืออัตนัย (Subjective or essay test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบอย่างเสรี ตามความรู้ และข้อคิดเห็นแต่ละคน

2. ข้อสอบกาถูก-ผิด (True-furls test) ลักษณะทั่วไปถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก-ผิด คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบสอบสั้น (Short answer test) ลักษณะทั่วไปข้อสอบคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนคำตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกระทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนด

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) ลักษณะทั่วไปข้อสอบแบบเลือกตอบนี้ประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถามกับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้ประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวกลาง โดยนักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผิน ๆ จะเห็นว่าตัวเลือกทุกตัวถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ (Multiple choice test) 4 ตัวเลือก เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพ เหมาะสมกับเนื้อหา ตรงตามหลักสูตรและจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด นักการศึกษาได้อธิบายขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ได้อธิบายขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้ดังนี้

1. การพิจารณาจุดประสงค์ของการสอบว่าการสอบครั้งนี้มีจุดประสงค์อะไร
2. สร้างตารางกำหนดรายละเอียด
3. เลือกแบบของข้อสอบให้เหมาะสม
4. รวมข้อสอบทำเป็นแบบทดสอบ
5. กำหนดวิธีการดำเนินการสอบ
6. การประเมินคุณภาพของแบบการทดสอบ
7. การนำผลไปใช้ปรับปรุงเป้าประสงค์ของการเรียนรู้

เตือนใจ เกตุษา (2540) อธิบายขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ไว้ดังนี้

1. กำหนจุดมุ่งหมายของการสอบ ว่าทำไมต้องมีการทดสอบ และจะนำผลการสอบไปใช้อย่างไร
2. กำหนดขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่ต้องการวัด
3. กำหนดจุดมุ่งหมายที่สำคัญของการสอนในวิชาที่ออกข้อสอบ โดยควรกำหนดให้ชัดเจน ที่ผู้เรียนสามารถแสดงออกในรูปของพฤติกรรม ที่สังเกตเห็นได้และวัดได้
4. สร้างตารางวิเคราะห์แบบทดสอบ
5. สร้างแบบทดสอบ
6. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ
7. การคัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ
8. นำแบบทดสอบไปใช้

จากการศึกษาเอกสารขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยจะดำเนินการ ดังนี้ กำหนดจุดประสงค์ของการสอบและพฤติกรรมที่ต้องการวัด กำหนดโครงสร้างแบบทดสอบ โดยวัด 6 ด้าน (Adderson & Krathwohl, 2001) ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์

การประเมินค่าและความคิดสร้างสรรค์ เลือกแบบข้อสอบที่เหมาะสม สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดำเนินการสร้างแบบทดสอบ หาคุณภาพของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง

เจตคติทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของเจตคติ

เจตคติ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญด้านหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมมนุษย์ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

กุญชรี ค้าขาย (2540, หน้า 159) ให้ความหมายว่า ท่าที หรือความคิดที่บุคคลมีต่อวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคลอื่น ซึ่งอยู่ล้อมรอบตัวเรา ลักษณะทั่วไปของเจตคติเป็นสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ ผูกพันกับเป้าหมาย มีทิศทางและความเข้มที่แปรไปได้ และแสดงออกมาให้เห็นได้

บุญส่ง แก้วนิล (2541, หน้า 34) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นระบบที่มีลักษณะมั่นคง ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ คือ องค์ประกอบทางความคิด (Cognitive component) ได้แก่ ความเชื่อ ความรู้ ความคิดความเห็นต่อสิ่งเร้า องค์ประกอบทางด้านความรู้สึก (Feeling component) ได้แก่ ความรู้สึกชอบ-ไม่ชอบ ท่าทางที่ดี-ไม่ดี ของบุคคลต่อสิ่งเร้า และองค์ประกอบแนวโน้มในการกระทำ (Active component) ได้แก่ แนวโน้มหรือความพร้อมที่จะปฏิบัติต่อสิ่งเร้า

พจนานุกรมทางการศึกษาว่า เจตคติ คือ ความพร้อมที่จะแสดงออกทางใดทางหนึ่ง คือ การสนับสนุนหรือต่อต้านสภาพการณ์บุคคลหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และความหมายที่เป็นของไทยตามฉบับราชบัณฑิตยสถาน คือ ท่าทีหรือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และได้กล่าวสรุปถึงความสำคัญของเจตคติไว้ว่า นักวัดผลทางจิตวิทยาได้ให้ความสนใจในการวัดและศึกษาเจตคติของมนุษย์โดยเริ่มจากงานของ Thurstone และ บุคคลอื่น ๆ (อ้างถึงใน บุญส่ง นิลแก้ว, 2541 หน้า 134) ต่อมามีอีกมาก ทั้งนี้เพราะเจตคติเป็นเรื่องที่มีความสำคัญดังที่ Sorenson (อ้างถึงใน บุญส่ง นิลแก้ว, 2541, หน้า 134) มีความคิดเห็นว่าการที่บุคคลแต่ละคนประสบความสำเร็จในกิจการหนึ่งมากน้อยเพียงใด ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น เชาว์ปัญญา ไหวพริบ แรงจูงใจ และเจตคติ ในบรรดาปัจัยเหล่านี้ เจตคติเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ และแม้แต่ในระยะต่อมา Oscamp (อ้างถึงใน บุญส่ง นิลแก้ว, 2541, หน้า 134) ก็ยังเห็นความสำคัญและประโยชน์ของเจตคติว่าเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษา ด้วยเหตุผลดังนี้

1. เจตคติเป็นเสมือนกุญแจอย่างดี เพราะเพียงแต่รู้ว่าเขามีเจตคติอย่างไร เราก็สามารถจะสรุปพฤติกรรมต่าง ๆ ของเขาได้

2. เจตคติทำให้เราสามารถพิจารณาตัดสินหาสาเหตุของพฤติกรรมของบุคคลหนึ่งที่มีต่อบุคคลอื่นหรือสิ่งอื่นได้

3. ความเข้าใจเรื่องเจตคติ บอกถึงความคงเส้นคงวาในพฤติกรรมของบุคคลหนึ่งโดยความคงเส้นคงวาในพฤติกรรมของแต่ละบุคคลจะช่วยอธิบายถึงสถานภาพของสังคมได้

4. เจตคติเป็นความสำคัญที่บุคคลพึงมีและเห็นว่าถูกต้อง โดยไม่คำนึงถึงความเกี่ยวข้องต่อพฤติกรรมของบุคคลอื่น และเจตคติของเขาจะมีส่วนทำให้บุคคลอื่น สถาบันต่าง ๆ ในสังคมเกิดการเปลี่ยนแปลง

5. ในทางจิตวิทยา ความเข้าใจในเรื่องเจตคติเป็นการจัดเตรียมจุดสำคัญที่จะทำให้เกิดความสนใจลักษณะต่าง ๆ อันเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและพฤติกรรม

6. ในทางสังคมวิทยา เจตคติเป็นศูนย์กลางความเข้าใจพื้นฐานของพฤติกรรมทางสังคม

7. ในทางรัฐศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับความเห็นโดยทั่ว ๆ ไป มีความจำเป็นอย่างยิ่งในสังคม ความคิดเห็นของนักจิตวิทยาและนักการศึกษาของประเทศไทย ก็ยอมรับในความสำคัญของเรื่องเจตคติของบุคคล

เพราพรรณ เปลี่ยนภู่ (2542) กล่าวว่า เจตคติ คือ ระดับสภาพหรือสภาวะของจิตใจและของสมองในลักษณะพร้อมที่จะกำหนดแนวทางของการตอบสนองของบุคคลหนึ่งต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดแนวทางของการตอบสนองของบุคลกนึ่งต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด

ศักดิ์ไทย สุรกิจบวร (2545, หน้า 138) กล่าวไว้ว่า เป็นสภาวะความพร้อมทางจิตใจที่เกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึก และแนวโน้มของพฤติกรรมบุคคลที่มีต่อบุคคล สิ่งของ และสภาพการณ์ต่าง ๆ ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และสภาวะความพร้อมทางจิตนี้จะต้องอยู่นานพอสมควร

แสงเดือน ทวีสิน (2545, หน้า 67) กล่าวไว้ว่า เจตคติ คือ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ความรู้สึกดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับบุคคล สิ่งของ สถานการณ เหตุการณ์ เป็นต้น เมื่อเกิดความรู้สึก บุคคลนั้นจะมีการเตรียมเพื่อมีปฏิกิริยาไปใบทิศทางใดทิศทางหนึ่งตามความรู้สึกของตนเอง

เทอร์สโตน (Thurstone, 1964) กล่าวว่า เจตคติเป็นตัวแปรทางจิตวิทยาชนิดหนึ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ง่าย แต่เป็นความโน้มเอียงในการแสดงพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมทั้งความชอบ ไม่ชอบ ความคิดเห็น ความรู้สึก และความเชื่อมั่นในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

จากการศึกษาความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งไปในทางใดทางหนึ่ง ซึ่งมีผลต่อการแสดงพฤติกรรม

คุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติ

ลักษณะของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้มีความพร้อมในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า (2542, หน้า 8) กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ 6 ข้อ ดังนี้

1. มีเหตุผล
2. อยากรู้อยากเห็น
3. มีใจกว้าง
4. ซื่อสัตย์และใจเป็นกลาง
5. มีความเพียรพยายาม
6. มีความคิดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

คอลลิต (Collette, 1973) กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. มีความอยากรู้อยากเห็น
2. มีเหตุผล
3. เก็บข้อสงสัยไว้ก่อน จนกว่าจะมีหลักฐานเพียงพอจึงสรุปผล
4. มีใจกว้าง
5. มีการพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนการตัดสินใจ
6. ยึดความถูกต้องตามความเป็นจริงก่อนการตัดสินใจ
7. มีความซื่อตรง
8. ไม่โออวด

แฮนี่ย์ (Haney, 1964, pp. 33-35) กำหนดองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ 8 ประการ ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosoty)
2. ความมีเหตุผล (Rationality)
3. การไม่ด่วนสรุป (Suspended judgment)
4. ความใจกว้าง (Open - mindedness)

5. การมีวิจารณญาณ (Critical mindedness)

6. การไม่ถือตนเป็นใหญ่ (Objectivity)

7. ความซื่อสัตย์ (Honesty)

8. ความอ่อนน้อมถ่อมตน (Humility)

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537, หน้า 25) ได้สรุปเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ให้นักวิทยาศาสตร์ได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น เป็นความพอใจของบุคคลที่จะเผชิญสภาพการณ์ใหม่ ๆ นักวิทยาศาสตร์ควรเป็นผู้มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในปัญหาต่าง ๆ พร้อมที่จะค้นหาความรู้ใหม่ ๆ

2. ความมีเหตุผล จะเป็นตัวกำหนดแนวทางของพฤติกรรมของมนุษย์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสรับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ หาหลักฐานจากการสังเกตการณ์ ทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย มีหลักฐานและข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะสรุปผล เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลและพร้อมที่จะให้ผู้อื่นตรวจสอบผลงานของตน

3. ความเพียรพยายาม นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความเพียรพยายาม มานะ อดทนและไม่ท้อถอยเมื่อพบอุปสรรคต่าง ๆ มีความตั้งใจแน่วแน่ในการแสวงหาความรู้เมื่อได้คำตอบจนได้คำตอบที่ต้องการ ไม่ว่าจะใช้ความพยายามกี่ครั้งก็ตาม

4. ความซื่อสัตย์ นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความซื่อสัตย์ บันทึกข้อมูลไว้ตามความเป็นจริงด้วยความละเอียดถูกต้อง สามารถตรวจสอบได้ เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง

5. ความมีระเบียบรอบคอบ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้ที่ทำงานเป็นระบบมีระเบียบรอบคอบ จัดระบบในการทำงาน ใช้วิธีการศึกษาหลาย ๆ วิธีในการตรวจสอบผลการทดลองไตร่ตรอง วินิจวิเคราะห์อย่างละเอียดถี่ถ้วนในการทำงานก่อนการตัดสินใจสรุปผล

6. ความใจกว้าง หมายถึง ความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเมื่อมีเหตุผลสมควร นักวิทยาศาสตร์มีใจกว้างยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิจารณ์ ข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลง และพร้อมที่จะหาข้อมูลหรือศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

7. การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ หมายถึง ความพยายามที่จะหาข้อสนับสนุน หลักฐานหรือข้ออ้างอิงต่าง ๆ ก่อนตัดสินใจหรือลงข้อสรุปใด ๆ หรือไม่ยอมรับความคิดเห็นด้านใด ๆ โดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ รู้จักแย้งและหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง

8. การยอมรับในข้อจำกัด หมายถึง การยอมรับในข้อจำกัดของการแสวงหาความรู้ความจริงที่พบในวันนี้ว่าอาจเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต และไม่ยอมรับข้อสรุปใด ๆ อย่างไม่มีเหตุผล

9. การยอมรับในสิ่งค้นพบแล้ว หมายถึง ความพอใจที่จะยอมรับข้อสรุปที่มีข้อมูลมาสนับสนุนหรือได้รับการทดสอบแล้ว

จากการศึกษาลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์และเนื้อหาของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์ของการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีลักษณะดังนี้ มีความอยากรู้อยากเห็น มีเหตุผล มีความเพียรพยายาม มีความซื่อสัตย์ มีความใจกว้าง ละเอียดรอบคอบ

การวัดเจตคติ

การวัดเจตคติ เป็นการวัดคุณลักษณะภายในตัวบุคคลเกี่ยวกับอารมณ์และความรู้สึก มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายวิธีการวัดเจตคติ หลายวิธี ดังนี้

ไพศาล หวังพานิช (2530, หน้า 147) ได้กล่าวว่า คุณลักษณะภายในมีการแปรเปลี่ยนง่าย การวัดเจตคติต้องยึดหลักสำคัญ ดังนี้

1. ต้องยอมรับข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดเจตคติ ดังนี้

1.1 เจตคติของบุคคลจะมีลักษณะคงที่หรือคงเส้นคงวาอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง ไม่ได้ผันแปรตลอดเวลา อย่างน้อยจะมีช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่มีความรู้สึกต่อสิ่งหนึ่งคงที่สามารถวัดได้

1.2 เจตคติของบุคคลไม่สามารถวัดได้หรือสัวเกตเห็นได้โดยตรงจึงจะต้องวัดทางอ้อม โดยวัดจากแนวโน้มที่บุคคลจะแสดงออกหรือประพฤติอย่างสม่ำเสมอ

1.3 เจตคติ นอกจากจะแสดงออกในรูปของความรู้สึกนึกคิด เช่น สนับสนุนหรือคัดค้านแล้วยังมีขนาดและปริมาณของความรู้สึกนึกคิดนั้น ๆ ด้วย ดังนั้นนอกจากจะสามารถทราบทิศทางแล้วยังสามารถวัดความเข้มของเจตคติด้วย

2. การวัดเจตคติใดก็ตามจะต้องมีสิ่งประกอบ 3 ประการ คือ ตัวบุคคลที่ถูกวัด สิ่งเร้า และการตอบสนอง

3. สิ่งเร้าที่นิยมใช้ คือ ข้อความวัดเจตคติ ซึ่งเป็นสิ่งเร้าทางภาษาที่ใช้อธิบายถึงคุณค่าคุณลักษณะของสิ่งนั้น เพื่อให้บุคคลตอบสนองออกมาเป็นระดับความรู้สึก เช่น มาก ปานกลาง น้อย เป็นต้น

4. การวัดเจตคติของบุคคลเกี่ยวกับเรื่องใดสิ่งใด ต้องพยายามถามคุณค่าและลักษณะในแต่ละด้านของเรื่องนั้นออกมาแล้วนำผลซึ่งเป็นส่วนประกอบหรือรายละเอียดปลีกย่อยมาผสมผสานสรุปรวมเป็นเจตคติของบุคคลนั้น เพราะฉะนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่การวัดนั้น ๆ จะต้องครอบคลุมลักษณะต่าง ๆ ครบทุกลักษณะเพื่อให้การสรุปตรงตามความจริงมากที่สุด

ดวงเดือน พันธุมนาวิน (2530, หน้า 9-22) กล่าวว่า การวัดเจตคติ ประกอบด้วย 3 วิธี ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การเฝ้ามองและจดบันทึกพฤติกรรมของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วนำข้อมูลที่สังเกตได้ไปอนุมานว่าบุคคลนั้นมีเจตคติต่อสิ่งนั้นอย่างไร

2. การสัมภาษณ์ หมายถึง วิธีการถามให้ตอบด้วยปากเปล่า ผู้เก็บข้อมูลอาจจดบันทึกคำตอบหรืออัดเสียงตอบไว้ได้แล้วนำมาวิเคราะห์คำตอบภายหลัง วิธีการสัมภาษณ์ให้ข้อมูลครอบคลุมทั้งอดีต ปัจจุบัน อนาคต และสิ่งอื่นที่เกี่ยวข้องแต่มีข้อจำกัด เพราะวิธีการสัมภาษณ์เป็นการตอบหรือเล่าพฤติกรรมของตนเองหรือผู้อื่น ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ถูกศึกษาเล่าพฤติกรรมที่ตนเองเห็นสมควรจะนำมาเปิดเผยหรือพฤติกรรมที่สังคมยอมรับ

3. แบบสอบถาม เป็นวิธีที่ใช้กับผู้มีการศึกษาพอสมควร คือสามารถอ่านออกเขียนได้ แบบวัดเจตคตินั้นจะมีข้อคำถามและคำตอบต่าง ๆ ไว้ให้เลือกตอบ โดยทำไว้เป็นมาตรฐานแบบแผนเดียวกันสำหรับผู้ตอบทุกคน การใช้แบบวัดเจตคติแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุด ในการศึกษาเกี่ยวกับเจตคติ เพราะใช้เวลาน้อยและได้คำตอบเท็จจริงมากกว่าวิธีอื่น

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538, หน้า 179-191) ได้สรุปถึงแบบทดสอบเจตคติว่ามีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone' s method) เป็นวิธีที่เรียกว่า ไพรออรีอะพรอช (Priori approach) วิธีการนี้จะหาค่าของแต่ละมาตราของข้อความทางเจตคติก่อนที่จะนำไปใช้ในการวิจัย และกำหนดค่ามาตรามีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

2. วิธีของลิเคิร์ต (Likert' s method) เป็นวิธีการกำหนดมาตราเป็น 5 ชั้น แต่ละชั้นจะกำหนดค่าไว้หลังจากไปเก็บข้อมูลในการวิจัยมาแล้ว จึงมีชื่อว่า พ็อส เทียเรียไร แอ็พโรซ (Posteriori approach)

3. วิธีของออสกูด (Osgood' s method) เป็นวิธีการวัดเจตคติโดยใช้ความหมายของภาษา (Semantic differential scales) มาใช้ในการสร้างมาตรา

4. การสร้างจินตภาพ เป็นวิธีการสร้างจินตนาการโดยใช้ภาพเพื่อใช้วัดเจตคติบุคลิกภาพของบุคคล โดยที่ภาพจะเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงความคิดเห็นออกมา และสามารถสังเกตได้ว่า บุคคลนั้นมีความรู้สึกอย่างไร วิธีการวัดเจตคติแบบนี้ ผู้ทำการศึกษาต้องมีประสบการณ์และความสามารถเพียงพอในการแปลความหมายข้อข้อมูลที่ได้มา

5. การวัดแบบผู้ถูกศึกษาไม่รู้ตัว วิธีการนี้ผู้ที่เก็บข้อมูลไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับผู้ถูกศึกษาโดยตรงทั้งในลักษณะเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล และผู้ถูกศึกษาไม่รู้ตัวว่ากำลังถูกศึกษาอยู่

6. การวัดทางสรีระ คือ การใช้เครื่องมือไฟฟ้าหรือเครื่องมืออื่น ๆ ในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย เนื่องจากเจตคติต่อสิ่งหนึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ มีความรู้ไปในทางชอบหรือไม่ชอบ ความรู้สึกนี้อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับเรื่องราวและบุคคลเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งที่เขาเคยชอบหรือไม่ชอบ แต่เนื่องด้วยเครื่องมือวัดทางสรีระนั้นมีราคาสูงและผู้ใช้ต้องมีความรู้ทางสรีรศาสตร์เป็นอย่างดี ดังนั้น วิธีการนี้จึงยังไม่เป็นที่แพร่หลายในการวิจัย

แนวทางการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

การปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับตัวนักเรียน เป็นหน้าที่ของครูผู้สอน ซึ่งมีผู้เสนอแนวทางการสร้างเจตคติ ไว้ดังนี้

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527, หน้า 25) กล่าวว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ส่วนมากเกิดจากการที่เด็กได้เรียนรู้เรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างจริงจัง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี การดำเนินการเรียนหรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และแนวทางการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้ รวมทั้งการกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองจนสำเร็จ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบสอบถาม ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert' s method) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัย โดยกำหนดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ขั้น ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

เกษร โชตนา (2554, หน้า 88) ได้พัฒนาชุดการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา เรื่อง ระบบนิเวศป่าชายคลอง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 87.89/92.17 และเมื่อใช้สอนแล้วเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดการสอนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

ชามาศ ดิษฐเจริญ (2556, หน้า 205) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตัคชั่นนิซึ่ม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดละออ มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 85.33 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 90 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 81.44 ของคะแนนเต็มและมีนักเรียนผ่านตามเกณฑ์คิดเป็นร้อยยละ 90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

นุชากร คำประดิษฐ์ (2556, หน้า 124) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ด้วยรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เท่ากับ 80/80 และเมื่อนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการเปรียบเทียบค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยล ะ 75 คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ค่าร้อยละของนักเรียนที่มีคะนนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 76 ของจำนวนักเรียนทั้งหมด และค่าร้อยละของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 76 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

รุจาภา ประถมวงษ์ (2552, หน้า 88) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 75.06/76.66 และ 85.22/79.33 ตามลำดับ นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

สุดา ธนพิบูลกุล (2551, หน้า 93) ได้สร้างชุดการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 93.77/84.62 และเมื่อใช้สอนแล้วเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดการสอนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

นพพร วิชาจารย์ (2553, หน้า 88) ได้สร้างชุดการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กระบวนการดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 85.19/88.89 และเมื่อใช้สอนแล้วเปรียบเทียบผมสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดการสอนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, หน้า 402-413) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Ceylan and Ozdilek (2015, pp. 223-226) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ด้วย STEM Education ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และส่งผลต่อการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น

Roehrig, Moore, Wang and Park (2012) ได้ศึกษาการบูรณาการการสอนด้วย STEM Education ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ในการเรียนวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ผลการศึกษาพบว่า การบูรณาการเรียน STEM Education ในการเรียนวิศวกรรมศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธี Co-Teaching โดยครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สอนร่วมกัน ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถด้านวิศวกรรมเพิ่มขึ้น

Satchwell and Loepp (2008) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนด้วย STEM Education บูรณาการร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วย STEM Education บูรณาการร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานมีส่วนทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาด้วยกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น

Lou, et al (2010, p. 8) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับ STEM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในประเทศไต้หวัน โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับ STEM ให้กับนักเรียนที่เรียนในระบบสามัญกับนักเรียนในระบบอาชีวะ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนในระบบการศึกษาต่างกันมีลักษณะการทำงานแตกต่างกัน โดยนักเรียนที่เรียนในระบบสามัญมีความคิดสร้างสรรค์มากกว่านักเรียนที่เรียนในระบบอาชีวะ และนักเรียนที่เรียนในระบบอาชีวะมีทักษะด้านการผลิตชิ้นงานมากกว่านักเรียนที่เรียนในระบบสามัญ และการจัดกิจกรรม DIY (Do it yourself) เป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบชิ้นงาน โดยการสืบสอบข้อมูลจากหนังสือและอินเตอร์เนต การทดลอง การปรึกษาผู้รู้ นอกจากนี้การออกแบบสื่อการสอนในกิจกรรมการเรียนรู้ STEM เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียน

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ทั้งในประเทศและนอกประเทศ สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำมาใช้เป็นสื่อการสอน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEM ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามความสนใจของตนเอง ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีเหตุและผล การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งการทำงานร่วมกัน ด้วยการบูรณาการความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่องพลังงานความร้อน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรม ผู้วิจัยจึงขอเสนอขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัยเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 2 การทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

ตอนที่ 1 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์เนื้อหา

1. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชลกันยานุกูล ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เอกสารการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรม

2. กำหนดเวลาเรียน สาระการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมแต่ละชุด โดยแบ่งชุดกิจกรรมออกเป็น 4 ชุด ดังตาราง 3-1

ตารางที่ 3-1 สาระการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในแต่ละชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรม	สาระการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม
ชุดที่ 1 อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ	- อุณหภูมิ - การวัดอุณหภูมิ - หน่วยวัดอุณหภูมิ	3 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ชุดกิจกรรม	สาระการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม
ชุดที่ 2 การถ่ายโอนความร้อน	การถ่ายโอนความร้อน - การพาความร้อน - การนำความร้อน - การแผ่รังสีความร้อน	5 ชั่วโมง
ชุดที่ 3 การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ	- การดูดกลืนความร้อน - การคายความร้อน	4 ชั่วโมง
ชุดที่ 4 สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	- สมดุลความร้อน - ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	4 ชั่วโมง

3. ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางการกำหนดสาระการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 สาระการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM เรื่อง พลังงานความร้อน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM			
	Science	Technology	Engineering	Mathematics
ชุดกิจกรรมที่ 1 อุณหภูมิกับการวัด อุณหภูมิ	1. อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ 2. หน่วยวัดอุณหภูมิ	1. การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์ 2. การประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์	1. กระบวนการคิดแก้ปัญหา 2. การออกแบบเทอร์มอมิเตอร์	1. เปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดา

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว STEM			
	Science	Technology	Engineering	Mathematics
ชุดกิจกรรมที่ 2 การถ่ายโอนความร้อน	1. การถ่ายโอนความร้อน	1. การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการประดิษฐ์ 2. โครงสร้างและหลักการทำงาน ของสิ่งประดิษฐ์	1. กระบวนการคิดแก้ปัญหา 2. ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์	1. การคำนวณพื้นที่ของสิ่งประดิษฐ์
ชุดกิจกรรมที่ 3 การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ	1. การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ	1. การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างบ้านลูกนก 2. การสร้างบ้านลูกนก	1. กระบวนการคิดแก้ปัญหา 2. ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบบ้านลูกนก 3. การนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง	1. การคำนวณพื้นที่บ้าน
ชุดกิจกรรมที่ 4 สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	1. สมดุลความร้อน 2. ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	1. การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองสะพาน 2. โครงสร้างและหลักการการทำงานของแบบจำลองสะพาน	1. กระบวนการคิดแก้ปัญหา 2. ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองสะพาน	1. การคำนวณพื้นที่ในการสร้างแบบจำลองสะพาน 2. รูปแบบของแบบจำลองสะพาน

ขั้นที่ 2 การวางแผนการสอน

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในชุดกิจกรรมแต่ละชุด ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ

1. อธิบายความหมายของอุณหภูมิได้
2. อธิบายและทดลองวิธีการวัดอุณหภูมิได้
3. ออกแบบและประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ได้
4. เปรียบเทียบอุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดาได้
5. เปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิในหน่วยอื่น ๆ ได้

ชุดกิจกรรมที่ 2 การถ่ายโอนความร้อน

1. อธิบายความหมายการถ่ายโอนความร้อนได้
2. อธิบายวิธีการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้
3. ออกแบบและประดิษฐ์กล่องเก็บอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้

ชุดกิจกรรมที่ 3 การดูดกลืนและการคายความร้อนของวัตถุ

1. อธิบายความหมายการดูดกลืนและการคายความร้อนของวัตถุได้
2. อธิบายและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุได้
3. ออกแบบและสร้างบ้านลูกนก เพื่อช่วยชีวิตลูกนกได้

ชุดกิจกรรมที่ 4 สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ

1. อธิบายความหมายสมดุลความร้อนได้
2. อธิบายและทดลองการเกิดสมดุลความร้อนได้
3. อธิบายผลของความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของวัตถุได้
4. ออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำได้

2. กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนในชุดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละชุด ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้ การอภิปราย การศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ การทดลองวัดอุณหภูมิ การออกแบบและสร้างเทอร์มอมิเตอร์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ การเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิในหน่วยอื่น ๆ การรายงานและสรุปผลการทดลองและการนำเสนอผลงาน

ชุดกิจกรรมที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้ การอภิปราย การศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ การสาธิตการนำความร้อน การอธิบายและตอบคำถามเรื่องการถ่ายโอนความร้อน

การออกแบบและสร้างกล่องเก็บอาหาร เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหาร การรายงานและสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอผลงาน

ชุดกิจกรรมที่ 3 จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้ การอภิปราย การศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ การอธิบายและตอบคำถามเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการขยายตัวของวัตถุ การออกแบบและสร้างบ้านลูกนก เพื่อช่วยชีวิตลูกนก การรายงานและสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอผลงาน

ชุดกิจกรรมที่ 4 จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้ การอภิปราย การศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ การทดลองการเกิดสมดุลความร้อน การอธิบายและตอบคำถามเรื่อง ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ การออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ การรายงานผลการออกแบบและรายละเอียดของแบบจำลองสะพาน และการนำเสนอผลงาน

3. กำหนดวิธีการวัดและประเมินผลสำหรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในแต่ละชุดกิจกรรม มีลักษณะการวัดผลและประเมินผลคล้ายกัน จึงกำหนดการวัดและประเมินผลไว้ ดังนี้ การสังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถาม การทำงานกลุ่ม การตรวจผลงาน การรายงานผลและสรุปผลการทดลอง การนำเสนอผลงาน การตรวจแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ตารางที่ 3-3 สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลในชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	การวัดผลและการประเมินผล
ชุดที่ 1	- อุณหภูมิ - การวัดอุณหภูมิ - หน่วยวัดอุณหภูมิ	1. อธิบายความหมายของอุณหภูมิได้ 2. อธิบายและทดลองวิธีการวัดอุณหภูมิได้ 3. ออกแบบและประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์จากวัสดุ ที่กำหนดให้ได้	1. อภิปราย 2. ศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ 3. ทดลองวัดอุณหภูมิ 4. ออกแบบและสร้างเทอร์มอมิเตอร์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้	1. การสังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถาม 2. การทำงานกลุ่ม 3. การตรวจผลงาน 4. ตรวจรายงานผลและสรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ชุดที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	การวัดผลและการประเมินผล
		4. เปรียบเทียบอุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดาได้ 5. เปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิในหน่วยอื่น ๆ ได้	5. เปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิในหน่วยอื่น ๆ 6. การรายงานและสรุปผลการทดลอง 7. การนำเสนอผลงาน	5. การนำเสนอผลงาน 6. ตรวจแบบฝึกหัด 7. ตรวจแบบทดสอบ
ชุดที่ 2	การถ่ายโอนความร้อน - การพาความร้อน - การนำความร้อน - การแผ่รังสีความร้อน	1. อธิบายความหมายการถ่ายโอนความร้อนได้ 2. อธิบายวิธีการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้ 3. ออกแบบและประดิษฐ์กล่องเก็บอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้	1. อภิปราย 2. ศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ 3. สาธิตการนำความร้อน 4. อธิบายและตอบคำถาม เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน 5. ออกแบบและสร้างกล่องเก็บอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหาร 6. การรายงานและสรุปผลการทดลอง 7. การนำเสนอผลงาน	การวัดและประเมินผลเช่นเดียวกับชุดิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ชุดที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	การวัดผลและการประเมินผล
ชุดที่ 3	- การดูดกลืนความร้อน - การคายความร้อน	1. อธิบายความหมายการดูดกลืนและการคายความร้อนของวัตถุได้ 2. อธิบายและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุได้ 3. ออกแบบและสร้างบ้านลูกนกเพื่อช่วยชีวิตลูกนกได้	1. อภิปราย 2. ศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ 3. อธิบายและตอบคำถามเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายตัวของวัตถุ 4. ออกแบบและสร้างบ้านลูกนกเพื่อช่วยชีวิตลูกนก 5. การรายงานและสรุปผลการทดลอง 6. การนำเสนอผลงาน	การวัดและประเมินผลเช่นเดียวกับชุดิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1
ชุดที่ 4	- สมดุลความร้อน - ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	1. อธิบายความหมายสมดุลความร้อนได้ 2. อธิบายและทดลอง การเกิดสมดุลความร้อนได้ 3. อธิบายผลของความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของวัตถุได้ 4. ออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำได้	1. อภิปราย 2. ศึกษาบัตรเนื้อหาและแหล่งเรียนรู้ 3. ทดลองการเกิดสมดุลความร้อน 4. อธิบายและตอบคำถาม เรื่อง ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ 4. ออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพาน 5. การนำเสนอผลงาน	การวัดและประเมินผลเช่นเดียวกับชุดิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

4. สร้างแผนการจัดการเรียนการสอนสำหรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละชุด โดยกำหนดโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนการสอน ดังนี้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล ได้แผนการจัดการเรียนการสอนจำนวน 9 แผน โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ในแต่ละชุดกิจกรรม

ชุดที่	**จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น** (7E)
ชุดที่ 1 อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ	2	3	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม การสังเกตและการอภิปราย 2. ขั้นเร้าความสนใจ การอภิปรายและการตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการวัดอุณหภูมิและการเปลี่ยนหน่วยอุณภูมิ 3. ขั้นสำรวจและค้นหา การศึกษาบัตรเนื้อหา การทดลอง ออกแบบและประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์ 4. ขั้นอธิบาย การนำเสนอผลงาน การรายงานผลการทดลอง การเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิในหน่วยอื่น 5. ขั้นขยายความรู้ การเปรียบเทียบอุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดา 6. ขั้นประเมินผล การตอบคำถามและการทำแบบทดสอบ 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ การสืบค้นข้อมูลหลักการการทำงานของเทอร์มอมิเตอร์แบบอื่น การรายงานข่าวการพยากรณ์อากาศในประเทศที่ใช้หน่วยวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชุดที่	จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)
ชุดที่ 2 การถ่ายโอนความร้อน	3	5	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม การสังเกตการสาธิตการชงกาแฟ และการอภิปราย 2. ขั้นเร้าความสนใจ ดูวิดีโอ การเกิดลมบก-ลมทะเล 3. ขั้นสำรวจและค้นหา การศึกษาบัตรเนื้อหาการทดลอง ออกแบบและประดิษฐ์กล่องเก็บอาหาร 4. ขั้นอธิบาย การอภิปราย การนำเสนอผลงาน การรายงานผลการทดลอง 5. ขั้นขยายความรู้ การสืบค้นเครื่องใช้ภายในบ้านว่าอาศัยหลักการการถ่ายโอนความร้อนอย่างไร 6. ขั้นประเมินผล การตรวจผลงาน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ อธิบายประโยชน์ของการถ่ายโอนความร้อน
ชุดที่ 3 การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ	2	4	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม การอภิปราย โดยใช้คำถาม 2. ขั้นเร้าความสนใจ การสังเกตและอภิปราย 3. ขั้นสำรวจและค้นหา การศึกษาบัตรเนื้อหาการออกแบบและสร้างบ้านลูกนก 4. ขั้นอธิบาย การนำเสนอผลงาน การรายงานผลการทดลอง 5. ขั้นขยายความรู้ การสืบค้นและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนและคายความร้อน นำไปสู่การปรับปรุงบ้านลูกนก 6. ขั้นประเมินผล การตรวจผลงาน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ การออกแบบเครื่องแต่งกายให้เหมาะสมกับสภาพอากาศ

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชุดที่	จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)
ชุดที่ 4 สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	2	4	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม การอภิปราย โดยใช้คำถาม 2. ขั้นเร้าความสนใจ การสังเกต การสาธิตการชงนม (เครื่องดื่มร้อน) 3. ขั้นสำรวจและค้นหา การศึกษาบัตรเนื้อหา การออกแบบและสร้างสะพานข้ามแม่น้ำ 4. ขั้นอธิบาย การนำเสนอผลงาน การรายงานผลการทดลอง 5. ขั้นขยายความรู้ การสืบค้นและการอธิบายผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ 6. ขั้นประเมินผล การตรวจผลงาน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ การสืบค้นและอภิปรายเครื่องใช้หรือสิ่งปลูกสร้างที่ใช้ประโยชน์เรื่องผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ

5. สร้างส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM โดยในแต่ละชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย

5.1 คู่มือครู เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถนำชุดกิจกรรมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย คำชี้แจงสำหรับครู แผนการจัดการเรียนการสอน สื่อการสอน แบบทดสอบ บัตรเฉลยกิจกรรม บัตรเฉลยแบบทดสอบ คู่มือนักเรียน

5.2 คู่มือนักเรียน เพื่อให้นักเรียนใช้ประกอบการเรียนการสอน ประกอบด้วย ชื่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คำชี้แจงสำหรับนักเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน เวลาเรียน แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละชุด และแบบทดสอบ

ขั้นที่ 3 การผลิตสื่อการสอน

1. ผลิตสื่อที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละชุดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละชุด ดังนี้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ผลิตสื่อการสอน ดังนี้ ภาพเกี่ยวกับสถานที่ที่มีสภาพอากาศแตกต่างกัน เทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดา ข่าวการพยากรณ์อากาศของประเทศต่าง ๆ แหล่งเรียนรู้อินเทอร์เน็ต

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ผลิตสื่อการสอน ดังนี้ ภาพคนขายไก่ย่าง อุปกรณ์การชงกาแฟ วิดีโอการเกิดลมบก-ลมทะเล ข่าวการผิงไฟกันหนาว แหล่งเรียนรู้อินเทอร์เน็ต

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ผลิตสื่อการสอน ดังนี้ ภาพบุคคลที่แต่งกายด้วยเสื่อผ้าสีเข้มและสีอ่อน นิตยสาร แหล่งเรียนรู้อินเทอร์เน็ต

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ผลิตสื่อการสอน ดังนี้ อุปกรณ์การชงนม เทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดา แหล่งเรียนรู้อินเทอร์เน็ต

ขั้นที่ 4 การหาคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1. นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นทั้ง 4 ชุด เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา จากนั้นปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อเสนอของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ สรุปได้ดังนี้ การกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนควรแสดงให้ชัดเจนว่ามีการบูรณาการการเรียนการสอนตามแนว STEM ในแต่ละชุดกิจกรรม

2. นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นทั้ง 4 ชุด เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล และความเหมาะสมของสื่อการสอนและแหล่งการเรียนรู้ โดยประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ (Rating scale) ซึ่งมีความหมาย ดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2544)

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ในแต่ละชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วแปลความหมายของค่าเฉลี่ยให้เป็นระดับความเหมาะสมโดยใช้เกณฑ์จากการคำนวณอันตรภาคชั้น ดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138)

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

พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.24 แสดงว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมระดับมาก

3. ปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ข้อเสนอแนะสรุปได้ ดังนี้ ควรมีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้เพิ่มเติมโดยการวิเคราะห์จากตัวชี้วัด จะทำให้สามารถสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสม ปรับปรุงเนื้อหาในบัตรกิจกรรมให้มีความน่าสนใจมากขึ้น แก้ไขคำที่เขียนผิดให้ถูกต้อง จึงปรับปรุงชุดกิจกรรมตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

4. หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนนรู้ ดังนี้

4.1 การทดลองรายบุคคล โดยนำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน ที่มีผลการเรียนอ่อน ปานกลาง และเก่ง ตามลำดับ โดยการสุ่มอย่างง่าย เพื่อตรวจสอบความยากง่ายของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษา ขั้นตอนการเรียนการสอน และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานกว่าเวลาที่กำหนด และครูต้องอธิบายการทำกิจกรรมเพิ่มเติม จึงปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับเวลาและผู้เรียน

4.2 การทดลองกลุ่มย่อย โดยนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย ที่มีความสามารถแตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน เพื่อตรวจสอบขั้นตอนการเรียนการสอน และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถทำกิจกรรมทันตามเวลาที่กำหนด

4.3 จัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 จำนวน 42 คน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ห้องเรียนปกติ จำนวน 12 ห้องเรียน ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 42 คน จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.1 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกชุด

1.2 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ 6 ด้าน คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และความคิดสร้างสรรค์ โดยข้อสอบจะเน้นไปทางด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ประโยชน์ และการวิเคราะห์ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนเรียนการสอนตามแนว STEM ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การวิเคราะห์แบบทดสอบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนข้อสอบ						รวม (ข้อ)
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	ความคิดสร้างสรรค์	
อุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ	1. อธิบายความหมายของอุณหภูมิได้		1						
	2. อธิบายและทดลองวิธีการวัดอุณหภูมิได้		1						
	3. ออกแบบและประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ได้				1				
	4. เปรียบเทียบอุณหภูมิจากเทอร์มอมิเตอร์ที่สร้างขึ้นกับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดาได้			1		1			
	5. เปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิในหน่วยอื่น ๆ ได้								
	รวม	13	2	1	1	1	-	-	5(4)
การถ่ายโอนโอนความร้อน	1. อธิบายความหมายการถ่ายโอนความร้อนได้		2	1					
	2. อธิบายวิธีการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้		2	2	2	2			
	3. ออกแบบและประดิษฐ์กล่องเก็บอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้					1		1	
	รวม	30	4	3	2	3	-	1	13(9)

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนข้อสอบ						รวม (ข้อ)
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	ความคิดสร้างสรรค์	
การดูดกลืนแสงและคายความร้อน	1. อธิบายความหมายการดูดกลืนและการคายความร้อนของวัตถุได้		2	2	2				
	2. อธิบายและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ			2	1	1	1		
	3. ออกแบบและสร้างบ้านลูกนกเพื่อช่วยชีวิตลูกนกได้						1	1	
	รวม	33	2	4	3	1	2	1	13(10)
ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ	1. อธิบายความหมายสมดุลความร้อนได้			2					
	2. อธิบายและทดลองการเกิดสมดุลความร้อนได้					1			
	3. อธิบายผลของความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของวัตถุได้		1	1	1	2			
	4. ออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำได้			1					
	รวม	24	1	4	1	3	-	-	9(7)
รวมทั้งหมด		100	9	12	7	8	2	2	40(30)

หมายเหตุ ตัวเลขนอกวงเล็บเป็นจำนวนข้อคำถามที่สร้าง ตัวเลขในวงเล็บเป็นจำนวนข้อคำถามที่ต้องการจริง

1.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของสาระการเรียนนรู้ ตัวชี้วัดกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบแต่ละข้อ จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้อเสนอแนะสรุปได้ดังนี้ ข้อคำถามบางข้อยังไม่ตรงกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ แก้ไขคำถูกผิด

1.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับตัวชี้วัด ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายความว่า แนใจว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายความว่า แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่มีความสอดคล้องกับจุดปรสงค์การเรียนรู้

จากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) มีค่าอยู่ระหว่าง .80-1.00 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ

1.5 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 จำนวน 43 คน ที่เรียนเนื้อหาเรื่องพลังงานความร้อนมาแล้ว จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.5.1 หาความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นรายข้อ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

1.5.2 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (*p*) ระหว่าง .21-.79 และมีค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป คัดเลือกไว้ 30 ข้อ โดยพิจารณาข้อสอบที่สอดคล้องและครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้

1.5.3 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR20 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ .78

1.6 จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สมบูรณ์ พร้อมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความหมาย แนวคิด การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ที่ประกอบด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดละออ โดยลักษณะข้อสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ

2.3 เขียนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามโครงสร้างที่กำหนด

2.4 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถามแต่ละข้อกับสิ่งที่ต้องการวัด จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้อเสนอแนะสรุปได้ดังนี้ แก้ไขคำถูกผิด ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาในการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.5 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัด (*IOC*) จากนั้นคำนวณหาค่า *IOC* ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายความว่า แนใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

-1 หมายความว่า แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

จากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) มีค่าอยู่ระหว่าง .80-1.00

2.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.6.1 หาค่าอำนาจจำแนก พบว่า ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .58-.89

2.6.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (α) ของครอนบาค พบว่า มีค่าเท่ากับ .73

2.7 จัดทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ พร้อมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. การสร้างแบบวัดเจคติทางวิทยาศาสตร์

3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดเจตจคติ การสร้างแบบวัดเจคติทางวิทยาศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดเจคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะ 6 คุณลักษณะ ดังนี้ ความมีเหตุผล ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์ ความเพียรพยายาม และความละเอียดรอบคอบ ตามมาตรวัดของลิเกิร์ต (Likerd's scale) ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องวัด

จุดประสงค์	ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ	รวม
1. ความมีเหตุผล	3(2)	3(1)	6(3)
2. ความอยากรู้อยากเห็น	3(2)	3(2)	6(4)
3. ความใจกว้าง	2(1)	2(1)	4(2)
4. ความซื่อสัตย์	2(2)	2(1)	4(3)
5. ความเพียรพยายาม	3(2)	3(2)	6(4)
6. ความละเอียดรอบคอบ	2(2)	2(2)	4(4)
รวม	15(11)	15(9)	30(20)

หมายเหตุ ตัวเลขนอกวงเล็บเป็นจำนวนข้อคำถามที่สร้าง ตัวเลขในวงเล็บเป็นจำนวนข้อคำถามที่ต้องการจริง

3.3 เขียนแบบวัดเจคติทางวิทยาศาสตร์ตามโครงสร้างที่กำหนด

3.4 นำแบบวัดเจคติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้อเสนอแนะสรุปได้ดังนี้ ข้อคำถามบางข้อยังไม่ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด การใช้ภาษากระทัดรัด เข้าใจง่าย

3.5 นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา และประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของข้อคำถามแต่ละข้อ กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายความว่า แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

-1 หมายความว่า แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

จากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) มีค่าอยู่ระหว่าง .60-1.00

3.6 นำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 43 คน จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.6.1 หาค่าอำนาจจำแนก พบว่ามีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .57-.89

3.6.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (α) ของครอนบาค พบว่ามีค่าเท่ากับ .85

3.7 จัดทำแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ พร้อมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน โดยชี้แจงให้นักเรียนทราบกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยตัวเอง ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ที่สร้างขึ้น โดยใช้เวลาทั้งหมด 16 ชั่วโมง หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละชุด ให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดละ 5 ข้อ

3. เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 4 ชุดกิจกรรมแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4. ตรวจและให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำคะแนนมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

2. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test dependent)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองที่ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง โดยใช้แบบแผน One group pretest-posttest design โดยการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม แล้วจับฉลาก 1 ห้องเรียนจาก 12 ห้องเรียน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 240) ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มประชากรที่ใช้ในการทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มประชากร

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มประชากร

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ p แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 73)

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

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) โดยสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ *IOC* แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อทดสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาความยากง่าย (*p*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร ดังนี้

$$p = \frac{(Ru+Rl)}{N}$$

เมื่อ *p* แทน ดัชนีความยากง่าย
Ru แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูง
Rl แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มที่ได้คะแนนรวมต่ำ
N แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.3 การหาค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2541)

$$r = \frac{(Ru-Rl)}{Nu}$$

เมื่อ *r* แทน ดัชนีอำนาจจำแนก
Ru แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูง
Rl แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มที่ได้คะแนนรวมต่ำ
Nu แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.4 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2544, หน้า 223)

$$\text{KR-20 : } r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
n แทน จำนวนข้อสอบ
p แทน อัตราส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น

q แทน อัตราส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2.5 การหาความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (α-coefficient) ของครอนบาค ดังนี้ (Cronbach, 1970)

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

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่น

K แทน จำนวนข้อ

$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.6 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ *t*-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน มีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, หน้า 133) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ *t*

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อน วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติและการทดสอบค่าที (*t*-test)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum D$	แทน	ผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง
$\sum D^2$	แทน	ผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยกกำลังสองของกลุ่มตัวอย่าง
t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ (Degree of freedom)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย แบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผู้วิจัยได้สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM จำนวน 4 ชุดกิจกรรม คือ ชุดที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ ชุดที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน ชุดที่ 3 เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ ชุดที่ 4 เรื่อง สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในระดับ 4.24 (ดังแสดงในตารางที่ ค-1 หน้า 129)

ชุดกิจกรรมแต่ละชุด ประกอบด้วย

1. คู่มือครู ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอน แบบทดสอบ บัตรเฉลยกิจกรรม บัตรเฉลยแบบทดสอบ

2. คู่มือนักเรียน ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม คำชี้แจงสำหรับนักเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม และแบบทดสอบ

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้น มีการดำเนินการตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) คือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และขั้นนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

การทดสอบ	*n*	$\overline{X}$	*SD*	$\sum D$	$\sum D^2$	*t*	*p*
ก่อนเรียน	42	16.88	3.12	136	894	6.31*	.000
หลังเรียน	42	20.12	2.45				

หมายเหตุ *t (.05, df = 41) = 2.020

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียน เท่ากับ 16.88 คะแนน และค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียน เท่ากับ 24.19 คะแนน แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย *t*-test dependent sample ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

การทดสอบ	*n*	$\overline{X}$	*SD*	$\sum D$	$\sum D^2$	*t*	*P*
ก่อนเรียน	42	45.07	9.53	841	22119	11.436*	.000
หลังเรียน	42	65.10	10.38				

หมายเหตุ *t (.05, df = 41) = 2.020

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน เท่ากับ 45.07 คะแนน และค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน เท่ากับ 65.10 คะแนน แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย *t*-test dependent sample ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การทดสอบ	*n*	$\overline{X}$	*SD*	$\sum D$	$\sum D^2$	*t*	*p*
ก่อนเรียน	42	66.81	5.88	354	3578	14.347*	.000
หลังเรียน	42	75.24	5.60				

หมายเหตุ *t (.05, df =41) = 2.020

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เท่ากับ 66.81 คะแนน และค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคตทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาตร์หลังเรียน เท่ากับ 75.24 คะแนน แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย *t*-test dependent sample ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experiments) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้วยค่าที (*t*-test dependent) การศึกษาครั้งนี้มีสมมติฐานในการวิจัยดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สูงกว่าก่อนเรียน
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สูงกว่าก่อนเรียน
3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM สูงกว่าก่อนเรียน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้า เรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สามารถสรุปผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สร้างขึ้นจำนวน 4 ชุดกิจกรรม คือ ชุดที่ 1 เรื่องอุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ ชุดที่ 2 เรื่องการถ่ายโอนความร้อน ชุดที่ 3 เรื่องการดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ ชุดที่ 4 สมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ มีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีค่าสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาวสถิติที่ระดับ .05

4. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังนี้

1. ผลการศึกษาการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 มีความเหมาะสมในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการคัดเลือกเนื้อหาสาระเรียงลำดับจากง่ายไปยาก เหมาะสมกับวัย ความถนัดและความสนใจของผู้เรียนในการนำมาทำเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลายอย่างมีขั้นตอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานเป็นขั้นตอนต่อเนื่องมากขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมและเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ การรวบรวมหลักฐานข้อมูล การทดลอง คิดสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาซึ่งแสดงถึงความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเป็นหลักสำคัญของการจัดการเรียนการสอนบูรณาการ STEM ซึ่งในชั่วโมงแรกของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนยังไม่เข้าใจกระบวนการเรียนการสอน ครูจึงจำเป็นต้องอธิบายและสร้างความเข้าใจในกระบวนการเรียนการสอนตามแนว STEM ให้เข้าใจตรงกันก่อน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน เป็นการนำความรู้เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

เช่น การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน มาใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เก็บอาหาร ซึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนได้บูรณาการความรู้มาใช้ในการคิดออกแบบการเลือกวัสดุในการสร้างอุปกรณ์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นหลักสำคัญของการจัดการเรียนการสอนบูรณาการ STEM ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะเน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ โดยการนำองค์ความรู้และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์มาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, et al (2010) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับกิจกรรม STEM สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรม Do it your self (DIY) เป็นกิจกรรม STEM ที่จำเป็นต่อการตัดสินใจและการออกแบบ ในกระบวนการทำกิจกรรม DIY ครูผู้สอนต้องจัดเตรียมประสบการณ์ใหม่ ผู้ให้คำปรึกษา การทดลอง หนังสือและอินเตอร์เนต ความรู้เดิม และการสืบสวน สื่อและวัสดุในการจัดการเรียนการสอน STEM ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนมีความพอใจในการเรียนและยังช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียน และจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจของผู้เรียน นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ท้าทายความสามารถในการค้นคว้า ออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wai, Lubinski, Benbow and Steiger (อ้างถึงใน Meyrick, 2011) ได้ศึกษาถึงการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ตามศักยภาพของตนเองทั้งการเรียนรู้แบบเร่งและการเรียนรู้เชิงลึก กิจกรรมการเรียนรู้ฝึกฝนให้นักเรียนบูรณาองค์ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหา การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM จะส่งผลต่อนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษโดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ และจูงใจให้นักเรียนที่สนใจในการสำรวจตรวจสอบ แสดงให้เห็นว่า การเรียนการสอนตามแนว STEM สามารถนำมาบูรณาการในการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กิจกรรมการเรียนการสอน ฝึกให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริง โดยการบูรณาการกิจกรรม STEM ร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) โดยเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ให้ความสำคัญกับความรู้เดิมของผู้เรียนซึ่งมีผลต่อการสร้างองค์ความรู้ใหม่และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อการสร้างนวัตกรรมหรือการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จ ทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้ ท้าทายความรู้อยากเห็นของนักเรียน ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ โดยนักเรียนจะร่วมกันศึกษาเทอร์มอมิเตอร์ การทำงานของเทอร์มอมิเตอร์ รวมทั้งหน่วยวัดอุณหภูมิจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จนสามารถสรุปความคิดรวบยอดของตนเองได้ จนนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทอร์มอมิเตอร์รูปแบบอื่น ๆ เพื่อนำมาพัฒนาเทอร์มอมิเตอร์ของตนเองและสามารถเปรียบเทียบหน่วยวัดอุณหภูมิได้ ซึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของตนเองจนสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน แต่มีนักเรียนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 23.81 ของนักเรียนทั้งหมดมีคะแนนผลสัมทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่แตกต่างและต่ำกว่าก่อนเรียน อาจเนื่องมาจาก ในระหว่างการเรียนการสอนนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมกลุ่มน้อย ทำให้ขาดการเชื่อมโยงความรู้เดิมของตนเองกับความรู้ใหม่ จึงส่งผลต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ceylan and Ozdilek (2014, p. 227) ได้ศึกษาการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้สะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 23.25 สามารถเพิ่มคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ด้วยการเพิ่มเติมกิจกรรมการเรียนรู้ STEM ได้แก่ กิจกรรมวิศวกรรมศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนสอนแบบโครงงานที่ตรงกับความสนใจของนักเรียน นอกจากนี้ Lantz (2009) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการขัดการเรียนการสอนที่ให้โอกาสนักเรียนเรียนรู้บนองค์รวม

โดยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ที่ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างโรงเรียน สังคม การทำงานร่วมกัน และสังคมโลก เพื่อเตรียมตัวสำหรับการประกอบอาชีพในอนาคต

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอน STEM พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง จากการค้นคว้า การวางแผน การทดลอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายได้อย่างอิสระ และผลการเรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ยังส่งเสริมให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์และการคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบการทดลอง การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ การเรียนการสอนตามแนว STEM เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดการสร้างสรรค์หรือดัดแปลงชิ้นงานอย่างได้อิสระ ทำให้นักเรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติ ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ดังตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง บ้านลูกนก นักเรียนบูรณาการความรู้เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ โดยนักเรียนสร้างองค์ความรู้เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น สีและพื้นผิวของวัตถุ จากการศึกษาชุดกิจกรรมมาคิดออกแบบและสร้างบ้านให้ลูกนก เพื่อช่วยชีวิตและให้ความอบอุ่นแก่ลูกนก ซึ่งในขั้นตอนการสร้างบ้าน เป็นการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยเฉพาะความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดละออเพื่อให้บ้านของตนให้ความอบอุ่นแก่ลูกนกจนสามารถมีชีวิตรอดได้ นอกจากนี้การกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนด้วยการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้โดยในบางชั่วโมงได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนภายนอกห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้ใช้แหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียนเป็นแรงจูงใจในการออกแบบชิ้นงานและไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สิรินภา กิจเกื้อกูล (2556) ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา มีกระบวนการหรือขั้นตอนคล้ายกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เพียงแต่จะเน้นการนำปัญหาที่มีอยู่จริงในชีวิตประจำวัน เช่น ปัญหาเชิงการผลิต ปัญหาสิ่งแวดล้อม หรือปัญหาที่กำลังเป็นประเด็นทางสังคม มาให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณ และสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น นอกจากนี้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนเพื่อคิดหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ อย่างมีเหตุผล โดยใช้กระบวนการเรียนเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้นักเรียน

ทำงานร่วมกับผู้อื่น ยอมรับและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลา โดยการเรียนการสอนตามแนว STEM เป็นการเรียนการสอนที่อยู่บนแนวคิดของการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชามาศ ดิษฐเจริญ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดละออ โดยมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 85.33 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

4. ผลการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM พบว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียนการสอนตามแนว STEM เป็นกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถของนักเรียนในการคิดแก้ปัญหา คิดหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น แรงจูงใจในการเรียน อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน การคิดค้นและสร้างชิ้นงานได้อย่างอิสระตามความสนใจของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527, หน้า 25) กล่าวว่า การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดกับนักเรียนส่วนมากจะเกิดจากการที่นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์ และเกิดจากการที่เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างจริงจัง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี การดำเนินการเรียนหรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำนงค์ ทองช่วย (2551) ได้ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การสอนรูปแบบซิปปาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งรูปแบบการสอนแบบซิปปามีพื้นฐานจากการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากการเข้าไปมีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยตนเองจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิต ประจำวันได้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีระดับเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.40 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานและเมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนตามรูปแบบซิปปาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามกับคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับงานวิจัย

1. จากผลการวิจัยพบว่า ในการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM จะให้ผลดีและประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ได้นั้น ครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนฝึกการคิดแก้ปัญหา การทำงานกลุ่ม เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ

2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน

3. การจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ครูผู้สอนควรวางแผนเนื้อหาและเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามขั้นตอนนั้น ๆ ตามศักยภาพของตนเอง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ในหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นการพัฒนาการเรียนการสอนและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย

2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ที่มีผลต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ การเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง เป็นต้น เพื่อพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงของนักเรียน

3. ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM ร่วมกับการสอนในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิผล

บรรณานุกรม

กนกวลี แสงวิจิตรประชา. (2551). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กมลทิน พรมประไพ และองอาจ พรมประไพ. (2557). จากงานในห้องเรียนสู่สะเต็มศึกษา. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, *20*, 66-69.

กรมวิชาการ. (2545). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กาญจนา เกียรติประวัติ. (ม.ป.ป.). วิธีการสอนและทักษะการสอน. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. (ม.ป.ท.)

กุญชรี ค้าขาย. (2540). *จิตวิทยาการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

เกษร โชตะนา. (2554). *การพัฒนาชุดการสอนสิ่งแวดล้อม เรื่อง ระบบนิเวศป่าชายคลอง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2553). แนวคิดคลาดเคลื่อนของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. *วารสารวิทยาลัยการฝึกหัดครู*, *2*(1), 115-131.

จำนงค์ ทองช่วย. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การสอนรูปแบบซิปปาโมเดลร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิทยบริการ*, *19*(3), 1-9.

จินดารัตน์ แก้วพิกุล. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงแนวคิดและการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (ม.ป.ป). *การรู้วิทยาศาสตร์.* นนทบุรี, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. เอกสารประกอบการสอน.

ฉวีวรรณ กินาวงศ์. (2527). *หลักการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.

เฉลิมลาภ ทองอาจ. (2555). ก้าวสู่ประชาคมอาเซียน: การจัดการศึกษาบนบริบทแห่งความท้าทาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *14*(3), 111-116.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากร ศึกษาศาสตร์วิจัย, 5*(1), 7-9

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพ: แดเน็กซ์อินเตอร์คอปเปอร์เรชัน.

ชาญณรงค์ พรรุ่โรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชามาศ ดิษฐเจริญ. (2556). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชั่นนิซึม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชุมพล ชารีแสน. (2557). การเรียนการสอนยุคใหม่ที่เกิดจากความร่วมมือจากชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่น. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, *20*, 78-83.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2544). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: เทพนิรมิตการพิมพ์.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). เทคโนโลยีการสอน: การออกแบบและการพัฒนา. กรุงเทพฯ: โอ เอ พริ้นติ้งเฮาส์.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.

ณัฐณิชา เติมสันวาณิช. (2550). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบร่วมมือ*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ณัฐวุฒิ จันละมุด. (2554). *การศึกษาผลสัมทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโมเดลซิปปาและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT*. วิทยานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ดวงเดือน พันธุมนาวิน. (2530). *การวัดและการวิจัยเจตคติที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษ.

เตือนใจ เกตุษา. (2540). *การสร้างแบบทดสอบ 1: แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ทอม คอร์คอแรน. (2555). *วิพากษ์ปรากฏการณ์ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพพร วิชาจารย์. (2553). *การสร้างชุดการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง กระบวนการในการดำรงชีวิตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยวิธีการแบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิตยา พัวรัตน์. (2541). *การพัฒนาชุดการสอนแบบวรรณี วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเศษส่วน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการประถมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นุชากร คำประดิษฐ์. (2556). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ด้วยรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

บำรุงศักดิ์ บูระสิทธิ์. (2548). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 2.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, วิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2545). นวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญส่ง แก้วนิล. (2541). *จิตวิทยาการศึกษา.* เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์, หาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข. (2553). *หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. กรุงเทพฯ: ซี.วี.แอล.การพิมพ์.

ประทุม อังกูรโลหิต. (2543). *ปรัชญาปฏิบัตินิยม: รากฐานปรัชญาการศึกษาในสังคมประชาธิปไตย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ*, *10*(4).

ประสาท อิศรปรีดา. (2538). *สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา.* กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, *33*(2), 49-55.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *9*(พิเศษ), 401-415

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2537). การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5 หน้า 237-322*. กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ตโปรดักชัน.

พัชราภรณ์ เมืองศรี. (2550). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นและกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิค.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ้ป แมเนจเม้นท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

เพราพรรณ เปลี่ยนภู่. (2542). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไพศาล หวังพานิช. (2530). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. เอกสารประกอบการอบรม.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2555). ครูสอนวิทย์วิกฤติหนัก-สสวท.จี้รัฐเร่งแก้ สอนนอกห้อง-พัฒนาครู-ปรับระบบวัดผล แนะนำสร้างแรงจูงใจ “เว้นภาษี-ให้สิทธิพิเศษ”. เข้าถึงได้จาก http://www.tcijthai.com/office-tcij/view.php?ids=1054.

มนตรี แย้มกสิกร. (2551). เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน: ความแตกต่าง 90/90 Standard และ E_1/E_2. *วารสารศึกษาศาสตร์*, *19*(1), 1-25.

ระพินทร์ โพศรี. (2547). *การสร้างและวิเคราะห์คุณภาพชุดการสอน*. คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. เอกสารประกอบการสอน.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). STEM Education. ใน *การอบรมเชิงปฏิบัติการ STEM Education* (1-24), ม.ป.ท.

รุจาภา ประถมวงษ์. (2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องสารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)* . วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

โรงเรียนชลกันยานุกูล. (2558). *หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชลกันยานุกูล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2558*. ชลบุรี: โรงเรียนชลกันยานุกูล.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

วราวุธ มัสพันธ์. (2556). *ปัจจัยทางจิตสังคมที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาจิตวิทยาพัฒนาการ, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วสันต์ อติศัพท์. (2534). *นวัตกรรมทางการศึกษา*. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

วันวิสาข์ ศรีวิไล. (2556). *การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พืช สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบผสมผสานระหว่างวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) กับการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2558). *กระบวนการทัศน์การโค้ชเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้แบบ Hands-on และ Mind-on*. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

ศรีสุรางค์ ทีนะกุล. (2542). *การคิดและตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ: เธิร์ดเวฟ เอ็ดดูเคชั่น.

ศักดิ์ไทย สุรกิจบวร. (2545). *จิตวิทยาสังคม*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). *คู่มือเครือข่ายสะเต็ม*. เข้าถึงได้จาก http://www.Stemdthailand.org/wp_content/uploads/2014/08/STEM_Manual.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2556). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2556*. เข้าถึงได้จาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3_2558.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2544). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สาโรจน์ โศภีรักข์. (2546). *นวัตกรรมการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: บุ๊ค พอยท์.

สำนักงานกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2555). *แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2556). สะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *17*(1).

สิรินภา กิจเอื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *17*(2), 201-207.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2551). *นวัตกรรมการเรียนการสอน (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรรณี สินธพานนท์. (2555). *พัฒนาทักษะการคิด ตามแนวการปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุดา ธนพิบูลกุล. (2551). การสร้างชุดการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์, 20*(1), 63-72.

สุดารัตน์ ไผ่วงศาวงศ์. (2543). *การพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA MODEL เรื่อง เส้นขนานและความคล้าย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, คณะศึกษาศาสตร์, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. (ม.ป.ป.). *การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. เอกสารประกอบการบรรยาย.

สุมาลี สมพงษ์ และเพลินพิศ คุณคำ. (2539). *การเขียนข้อคำถามวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย*. ม.ป.ท. เอกสารการสอน.

สุวารี พงศ์ธีระวรรณ. (2557). งานวิจัยที่มุ่งเน้นแก้ปัญหาให้ชุมชน. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, *20*, 70-73.

สุวิทย์ คำมูล และอรทัย คำมูล. (2545). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

เสาวรสธ์ พลโคตร. (2550). *การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นที่กำหนดและหมุนเวียนหน้าที่ของสมาชิก*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

แสงเดือน ทวีสิน. (2545). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ไทยเส็ง.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *วารสาร สสวท.*, *41*(185), 35-37.

อารี พันธ์มณี. (2537 ก). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: 1412.

อารี พันธ์มณี. (2537 ข). *ความคิดสร้างสรรค์กับการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

อารี รังสินันท์. (2532). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ข้าวฟ่าง.

อารี วชิรวราการ. (2542). *การวัดและประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ, สถาบันราชภัฏธนบุรี.

Anderson, L., & Krathwohl, D. E. (2001). A Taxonomy for learning teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Addison Wesley Longman.

Becker, K. & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subject on students learning: A Meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, *12*(5-6), 23.

Breiner, J. M., Johnson, C. C., Harkness, S. S., & Koethler, C. M. (2012). What is STEM ? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *Journal School Science and Mathematics*, *112*(1), 3-10.

Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Journal of Technology and Engineering Teacher*, *70*(6), 5.

Ceylan, S.,& Ozdilek, Z. (2013). Improving a sample lesson plan for secondary science courses within the STEM education. *Procedia social and behavioral science*, *177,* 223-225.

Collette, A. J. (1973). *Science teaching in secondary school: A guide for modernizing instruction*. Boston: Allyn and Bacon.

Cropley, A. J. (1966). *Creative and intelligence*. *The British Jounal of Educational Psychology*, *36*, 259-266.

Cronbach, L. J. (1970). Essentials of psychological testing. New York: Harper and Row .

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5-E model proposed 7-E model emphasizes transfer of learning and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher*, *70*(6), 56-59.

Fromm, E. S. (1963). *The creative and psychological health*. New York: D van nostand.

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

Guilford, J. P. (1947). The discovery of aptitude and achievement variable. *Science*, *106*(2752), 279-282.

Guilford, J. P. (1967). Traits of creativity in Creativity and Its cultivation. New York: Harper and Row.

Haney, R. E. (1964). The development of scientific attitudes. *The Science Teacher*, *31*(8), 33-35.

Henderson, C. & Dancy, M. H. (2011). Increasing the impact and diffusion of STEM education innovation. In *the characterizing the impact and diffusion of engineering education innovations forum* (pp. 1-11). n.p.

Hurlock E. D. (1997). *Child Development*. New York: Mcgraw-Hill.

Lantz, Jr., B. H. (2009). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education what from? What function?. Retrieved from http;//www.currtechintegration.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and development of thinking*. Belmont: wadsworth.

Ling, T. M. (n.d.). *Science Secondary 1* (2 nd ed.). Malaysia: Book Antique.

Lou, S. J., Chuang S. Y., Meng H. J., Yeh R. C., Tsengg K. H., & Chang C. C. (2010). *A Study of project-based STEM learning for senior high school students in Taiwan*. Retrieved from http://www.peer.asee.org/a-study-of-project-based-stem-learning-in-taiwan

Mataric, M. J., Koening, N., & Feil-Seifer, D. (2007). *Materials for enabling hands-on robotics and STEM education.* Retrieved from http://www.aaa.org./pepers/Symposia/Spring/2007/SS-07-09/SS07-09-022.pdf

Meyrick, K. M. (2011). How to STEM education improve student learning. *Computer Technology Journal*, *14*(1), 1-16.

Osborn, G. (1963). Applied imagination, principles, and procedures of creative problem solving. (3rd ed.). New York: Charles Scibers.

Piltz, A., & Sund, R. (1975). *Creative Teaching of Science in Elementary School.* (2nd ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Presley, L. (n.d.). *Developing an innovation workforce while increasing K-12 STEM engagement and learning: integrating innovation thinking skills with mandated content*. Retrieved from http://www.seadnetwork.wordpress.com/ white-paper-abstracts./final- white-papers

Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough ? investigation the impact of K-12 engineering standard on the implementation of STEM integration. *Journal School Science and Mathematics*, *112*(1), 31-43.

Ruthven, K., Howe C., Mercer N., Taber K., Luthman S., Hofmann R., & Riga F. (n.d.). *Effecting principled improvement in STEM education: research-based pedagogical development for student engagement and learning in Early secondary-school physical science and mathematics*. Retrieved from http://www.educ.ac.uk/people/staff/ruthven/RuthvenetalMCMEepiSTEM.pdf

Satchwell, R., & Loepp, F. L. (2008). Designing and implementing an integrated mathematics, science and technology curriculum for the middle school. Retrieved from http;//scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v39n3/satchwell.html

Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J. & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design education*, *23*(1), 87-102.

Thurstone, L. L. (1964). *Attitude theory and Measurement*. New York: John wiley and Son.

Torrance, E. P. (1962). *Guiding of Creative talent*. New Jersey: Prentice-Hall.

Wallach, M. A., & Kogan, N. (1965). Modes of thinking in young children. *Journal of Personality, 3*(3), 348-369.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

   อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์

   อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3. ดร.อุดม รัตนอัมพรโสภณ

   กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

4. นางสาวกิ่งกาญจน์ ภัทรพิศาล

   กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี

5. นายธนายุต จันทราเขต

   กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี

ภาคผนวก ข
หนังสือขอความอนุเคราะห์

๑๖-๑๒

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
ที่ ศธ ๖๖๒๑/ว. ๗๑๕๐ **วันที่** ๒๓ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

ด้วยนางสาวฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
ที่ ศธ ๖๖๒๑/ว. ๗๙๕๐ **วันที่** ๒๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์

ด้วยนางสาวฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
ที่ ศธ ๖๖๒๑/ว. ๓๑๕๐ **วันที่** ๒๓ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.อุดม รัตนอัมพรโสภณ

ด้วยนางสาวฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

13-15

ที่ ศธ ๖๖๒๑/ว. ๑๘๖๕

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๓ กันยายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธนายุทธ จันมราเข

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕
ผู้วิจัย ๐๘๒-๒๐๒๐๒๔๒

15-76

ที่ ศธ ๖๖๒๑/ว. ๑๙๖๕

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๓ กันยายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์กิ่งกาญจน์ ภัทรพิศาล

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕
ผู้วิจัย ๐๘๒-๒๐๒๐๒๔๒

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM จำนวน 4 ชุดกิจกรรม จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
- ตารางแสดงดัชนีความสอดคล้องของตัวชี้วัดกับแบบทดสอบรายข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ
- ตารางแสดงดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัด ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
- ตารางแสดงดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
- ตารางแสดงคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงคะแนนที่ได้จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตารางที่ ค-1 ค่าเฉลี่ยของการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM

ชุดกิจกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{X}$	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1	4.22	3.56	4.33	4.22	5.00	4.27	มาก
2	4.30	3.00	4.30	4.30	5.00	4.18	มาก
3	4.14	3.00	4.14	4.86	5.00	4.22	มาก
4	4.25	3.50	4.25	4.36	5.00	4.28	มาก
			$\overline{X}$			4.24	มาก

ตารางที่ ค - 2 แสดงดัชนีความสอดคล้องของตัวชี้วัดกับแบบทดสอบรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					*IOC*	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					*IOC*
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
1	+1	+1	+1	+1	+1	1	21	+1	+1	+1	+1	+1	1
2	+1	+1	+1	+1	+1	1	22	+1	+1	+1	+1	+1	1
3	+1	+1	+1	+1	+1	1	23	+1	+1	+1	+1	+1	1
4	+1	+1	+1	+1	0	0.8	24	+1	+1	+1	+1	+1	1
5	+1	+1	+1	+1	+1	1	25	+1	+1	+1	+1	+1	1
6	+1	+1	+1	+1	+1	1	26	+1	+1	+1	+1	+1	1
7	+1	+1	+1	+1	+1	1	27	+1	+1	+1	+1	+1	1
8	+1	+1	+1	+1	+1	1	28	+1	+1	+1	+1	+1	1
9	+1	+1	+1	+1	+1	1	29	+1	+1	+1	+1	+1	1
10	+1	+1	+1	+1	+1	1	30	+1	+1	+1	+1	+1	1

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
11	+1	+1	+1	+1	+1	1	31	+1	+1	+1	+1	+1	1
12	+1	+1	+1	+1	+1	1	32	+1	+1	+1	+1	+1	1
13	+1	+1	+1	+1	+1	1	33	+1	+1	+1	+1	+1	1
14	+1	+1	+1	+1	+1	1	34	+1	+1	+1	+1	+1	1
15	+1	+1	+1	+1	+1	1	35	+1	+1	+1	+1	+1	1
16	+1	+1	+1	+1	+1	1	36	+1	+1	+1	+1	+1	1
17	+1	+1	+1	+1	+1	1	37	+1	+1	+1	+1	+1	1
18	+1	+1	+1	+1	+1	1	38	+1	+1	+1	+1	+1	1
19	+1	+1	+1	+1	+1	1	39	+1	+1	+1	+1	+1	1
20	+1	+1	+1	+1	+1	1	40	+1	+1	+1	+1	+1	1

ตารางที่ ค-3 แสดงค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*r*)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*r*)
1	.79	.25	16	.79	.42
2	.71	.58	17	.42	.67
3	.50	.50	18	.75	.33
4	.50	.33	19	.67	.33
5	.54	.42	20	.46	.42
6	.79	.25	21	.50	.33
7	.71	.42	22	.42	.67

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*r*)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*r*)
8	.50	.50	23	.46	.92
9	.46	.75	24	.71	.42
10	.71	.25	25	.75	.33
11	.42	.33	26	.50	.67
12	.67	.33	27	.54	.58
13	.71	.42	28	.63	.42
14	.58	.33	29	.21	.42
15	.58	.50	30	.75	.50

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ .78

ตารางที่ ค-4 แสดงดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	1	2	3	4	5	
1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	.8
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีค่าเท่ากับ .73

ตารางที่ ค-5 แสดงดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					*IOC*	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					*IOC*
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
1	1	0	1	1	1	.8	11	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	12	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	0	1	.8	13	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	14	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	15	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1	.8	16	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	1	.8	17	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	0	1	.8	18	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	19	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	20	1	0	1	1	1	.8

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ .85

ตารางที่ ค-6 คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คนที่	**ก่อนเรียน (30 คะแนน)**	**หลังเรียน (30 คะแนน)**	**ผลต่าง (*D*)**	D^2
1	16	19	3	9
2	11	21	10	100
3	19	20	1	1
4	19	23	4	16
5	17	21	4	16
6	20	21	1	1
7	18	18	0	0
8	14	21	-7	49
9	15	22	7	49
10	17	21	4	16
11	19	18	-1	1
12	18	24	6	36
13	16	17	1	1
14	23	23	0	0
15	16	20	4	16
16	18	22	4	16
17	18	17	-1	1
18	11	15	4	16
19	16	21	5	4
20	18	16	2	4
21	15	20	5	25

ตารางที่ ค-6 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน (30 คะแนน)	หลังเรียน (30 คะแนน)	ผลต่าง (D)	D^2
22	19	23	4	16
23	18	20	2	4
24	13	20	7	49
25	16	20	4	16
26	13	15	2	4
27	22	24	2	4
28	15	21	6	36
29	16	19	3	9
30	15	24	9	81
31	18	18	0	0
32	19	21	2	4
33	17	20	3	9
34	15	20	5	25
35	21	25	4	16
36	20	22	2	4
37	19	19	0	0
38	16	18	-2	4
39	19	18	-1	1
40	19	22	3	9
41	19	16	-3	9
42	6	20	14	196
$\overline{X}$	16.88	20.12	-	-
$\sum D$	-	-	136	-
$\sum D^2$	-	-	-	894

ตารางที่ ค-7 คะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คนที่	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**ผลต่าง** (D)	D^2
1	33	63	30	900
2	37	62	25	625
3	41	63	22	484
4	40	64	24	576
5	37	60	23	529
6	47	77	30	900
7	42	58	16	256
8	57	75	18	324
9	31	65	34	1156
10	49	51	2	4
11	56	66	10	100
12	62	75	13	169
13	44	74	30	900
14	47	64	17	289
15	30	54	24	576
16	36	47	11	121
17	42	70	28	784
18	31	56	25	625
19	49	70	21	441
20	37	56	19	361
21	38	52	14	196
22	48	76	28	784
23	55	69	14	196

ตารางที่ ค–7 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง (D)	D^2
24	42	58	16	256
25	66	59	-7	49
26	24	59	35	1225
27	37	68	31	962
28	55	70	15	225
29	57	73	16	256
30	55	67	12	144
31	45	65	20	400
32	46	68	22	484
33	49	86	37	1369
34	47	72	25	625
35	45	70	25	625
36	56	59	3	9
37	49	29	-20	400
38	58	77	19	361
39	56	80	24	576
40	42	69	27	729
41	40	80	40	1600
42	35	58	23	529
$\overline{X}$	45.07	65.10	-	-
$\sum D$	-	-	841	-
$\sum D^2$	-	-	-	22119

ตารางที่ ค-8 คะแนนที่ได้จากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คนที่	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**ผลต่าง** (D)	D^2
1	68	76	8	64
2	64	69	5	25
3	60	67	7	49
4	64	69	5	25
5	64	69	5	25
6	65	72	7	49
7	80	82	2	4
8	76	81	5	25
9	71	80	9	81
10	67	74	7	49
11	62	74	12	144
12	62	68	6	36
13	68	76	8	64
14	68	80	12	144
15	62	74	12	144
16	62	66	4	16
17	61	65	4	16
18	72	75	3	9
19	66	70	4	16
20	69	72	3	9
21	64	72	8	64
22	60	71	11	121
23	69	82	13	169
24	65	74	9	81

ตารางที่ ค - 8 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง (D)	D^2
25	62	70	8	64
26	71	85	14	196
27	63	75	12	144
28	88	87	-1	1
29	62	73	11	121
30	65	76	11	121
31	66	79	13	169
32	80	87	7	49
33	62	70	8	64
34	63	73	10	100
35	65	80	15	225
36	66	78	12	144
37	75	85	10	100
38	67	79	12	144
39	68	75	7	49
40	66	75	9	81
41	62	78	16	256
42	66	77	11	121
$\overline{X}$	66.81	75.24	-	-
$\sum D$	-	-	354	-
$\sum D^2$	-	-	-	3578

ภาคผนวก ง

- ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM
- แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เรื่อง พลังงานความร้อน

ชุดที่ 1
อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ

คำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จัดทำขึ้นเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ด้วยกระบวนการเรียนการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เน้นให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริง ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ในสถานการณ์ที่กำหนดเพื่อนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้ดังนี้

สาระการเรียนรู้	เรื่อง	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1	พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ 1. เทอร์มอมิเตอร์ 2. เทอร์มอมิเตอร์ของฉัน	2
2	หน่วยวัดอุณหภูมิ	1
	รวม	3

คำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ชุดที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ เป็นชุดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนศึกษาความรู้ด้วยตนเอง ให้นักเรียนอ่านคำแนะนำให้เข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้รู้ว่าเมื่อเรียนจบแล้วนักเรียนสามารถเรียนรู้อะไรได้บ้าง
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดความรู้พื้นฐาน
3. ศึกษาเนื้อหาบทเรียนในบัตรกิจกรรมและทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรมที่กำหนดอย่างตั้งใจ
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจแล้วตรวจคำตอบเพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน
5. นักเรียนแต่ละคนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน และแบบเฉลยกิจกรรมทุกกิจกรรม

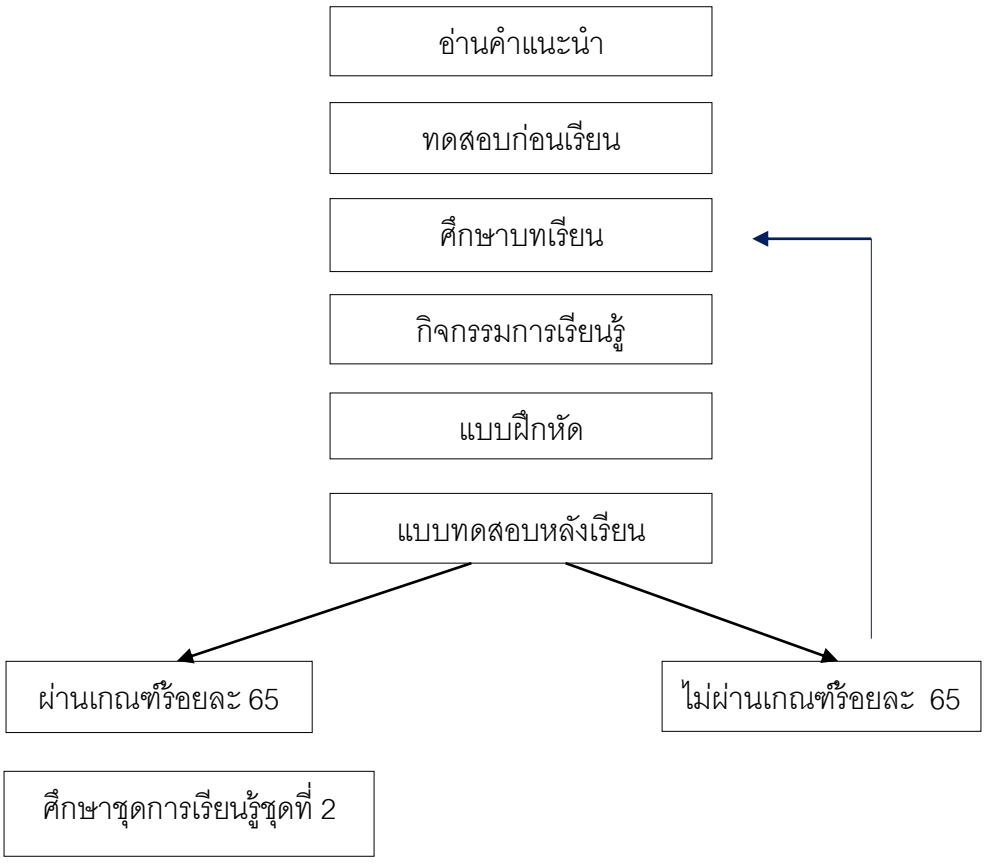
มาตรฐานการเรียนรู้

ว5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว5.1 ม1/1 ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ

ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้



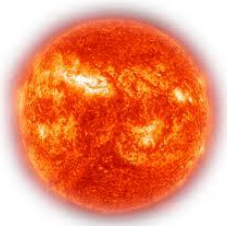
แบบทดสอบก่อนเรียน

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

1. อุปกรณ์ในข้อใด ใช้วัดระดับความร้อน – เย็นของวัตถุ
   ก. บารอมิเตอร์ ข. แอนนิมอมิเตอร์
   ค. เทอร์มอมิเตอร์ ง. ไฮโกรมิเตอร์
2. หน่วยวัดอุณหภูมิในระบบ SI คือข้อใด
   ก. เคลวิน ข. โรเมอร์
   ค. ฟาเรนไฮต์ ง. องศาเซลเซียส
3. การใช้เทอร์มอมิเตอร์ในข้อใด ไม่ถูกต้อง
   ก. วางเทอร์มอมิเตอร์ตั้งตรง สัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัด
   ข. อ่านค่าเทอร์มอมิเตอร์ ในระดับสายตา
   ค. วางเทอร์มอมิเตอร์เอนพิงปากภาชนะ
   ง. อ่านค่าอุณหภูมิ บริเวณส่วนเว้าต่ำสุดของของเหลว
4. ข้อใด กล่าว ไม่ ถูกต้อง
   ก. เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้สามารถนำมาใช้วัดอุณหภูมิวัตถุได้เช่นเดียวกับเทอร์มอมิเตอร์ธรรมดา
   ข. ของเหลวที่บรรจุภายในหลอดแก้วส่วนใหญ่เป็นแอลกอฮอล์และปรอท
   ค. เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้มีหลอดแก้วแคบบริเวณก่อนถึงกระเปาะ
   ง. เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำ
5. อุณหภูมิในข้อใด มีอุณหภูมิต่ำที่สุด
   ก. 25 องศาเซลเซียส
   ข. 299 เคลวิน
   ค. 68 ฟาเรนไฮต์
   ง. 303 เคลวิน

บัตรเนื้อหาที่ 1

ในชีวิตประจำวัน เรามีความเกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนเสมอ โดยต้นกำเนิดพลังงานความร้อนมาจาก ดวงอาทิตย์ เมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังผิวโลก โลกจะดูดกลืนพลังงานแสงจนมีอุณหภูมสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากแหล่งต่างๆด้วย เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงต่างๆ เป็นต้น

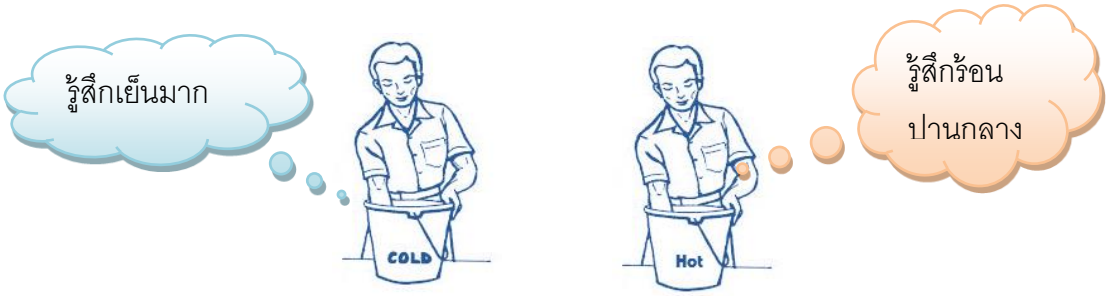


แหล่งพลังงานความร้อน

พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนของวัตถุ เป็นสิ่งที่บอกให้เราทราบว่าวัตถุนั้นร้อน หรือเย็น

เมื่อนักเรียนใช้มือสัมผัสกับน้ำเย็น และ น้ำอุ่น นักเรียนรู้สึกอย่างไร



การที่เราใช้มือสัมผัสกับวัตถุแล้วบอกระดับความร้อนหรือเย็นของวัตถุนั้น เป็นการวัดอุณหภูมิของสสาร ซึ่งเป็นค่าระดับความร้อนของสสาร แต่ข้อมูล ที่ได้จากการสัมผัสนั้นขาดความน่าเชื่อถือ เพราะแต่ละคนจะบอกระดับความร้อนเย็นของวัตถุนั้นได้แตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์จึงคิดค้นเครื่องมือที่ใช้บอกค่าอุณหภูมิได้ถูกต้องแม่นยำขึ้น เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer)

ลักษณะของเทอร์มอมิเตอร์

เทอร์มอมิเตอร์มีลักษณะเป็นหลอดแก้วยาวปลายปิด ปลายหลอดข้างหนึ่งเป็นกระเปาะ บรรจุของเหลว โดยของเหลวที่นิยมบรรจุในเทอร์มอมิเตอร์ คือ ปรอท และแอลกอฮอล์ ที่มีสมบัติขยายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน และ หดตัวได้ง่ายเมื่อได้ลดความร้อนลง

ประเภทของเทอร์มอมิเตอร์

เทอร์มอมิเตอร์ประเภทของเหลวบรรจุในหลอดแก้ว

เทอร์มอมิเตอร์ประเภทนี้ ได้แก่ เทอร์มอมิเตอร์ที่บรรจุด้วยของเหลวจำพวกปรอทไว้ในหลอดแก้วที่ใช้ในหลอดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั่วไป เทอร์มอมิเตอร์ประเภทนี้ใช้หลักการการขยายตัวและการหดตัวของของเหลว สำหรับวัดอุณหภูมิ

เมื่อนำเทอร์มอมิเตอร์มาวางสัมผัสกับวัตถุที่ร้อน ความร้อนจะเดินทางผ่านกระเปาะแก้ว แล้วทำให้ปรอทขยายตัว พร้อมกับเคลื่อนที่ไปตามหลอดแก้วเล็กๆ ซึ่งได้ที่ผิวของหลอดแก้วด้วย ช่วงความยาวของปรอทที่ขยายตัวทำมาตรวัดอุณหภูมิติดไว้นั้นจะเป็นตัวบ่งบอกอุณหภูมิของวัตถุตามมาตรวัดนั้นๆ

เทอร์มอมิเตอร์ที่บรรจุปรอทแบบอื่นๆ คือ เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้ (Clinical Thermometer) เป็นเทอร์มอมิเตอร์ที่ออกแบบมาใช้วัดอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ ช่วงกว้างของมาตรวัดอยู่ระหว่าง 35 – 42 องศาเซลเซียส แต่ละช่วงอ่านอุณหภูมิที่แท้จริงของร่างกายเท่ากับ 0.1 องศาเซลเซียส นอกจากนี้โครงสร้างของเทอร์มอมิเตอร์วัดไข้ จะทำให้หลอดแก้วที่บรรจุปรอทโค้งงอบีบให้เล็กลง เพื่อป้องกันไม่ให้ปรอทไหลกลับเข้าสู่กระเปาะทันที จะช่วยให้สามารถอ่านค่าอุณหภูมิของร่างกายคนไข้ได้ เมื่ออ่านอุณภูมิเสร็จเรียบร้อยจะเคาะหรือดีดหลอดเทอร์มอมิเตอร์เบาๆ ทิ้งระยะเวลาเล็กน้อยปรอทก็จะเคลื่อนที่กลับเข้าสู่กระเปาะเหมือนเดิม

เทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดา

เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้

เทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้ของเหลวบรรจุในหลอดแก้ว นอกจากจะใช้ของเหลวจำพวกปรอทแล้ว แอลกอฮอล์ก็เป็นของเหลวอีกประเภทหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติสามารถนำมาใช้บรรจุในเทอร์มอมิเตอร์หลอดแก้วได้ โดยจุดเดือดของแอลกอฮอล์อยู่ที่ 78 องศาเซลเซียส และจุดเยือกแข็งอยู่ที่ -115 องศาเซลเซียส เทอร์มอมิเตอร์ประเภทนี้จึงสามารถนำไปใช้วัดอุณหภูมิที่มีความเย็นมากๆ เช่น บริเวณขั้วโลกเหนือหรือขั้วโลกใต้ได้

เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้แบบตัวเลข (Digital Clinical Thermometer)

ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้สะดวก สามารถอ่านอุณหภูมิของร่างกายได้จากตัวเลขที่ปรากฏบริเวณหน้าปัดได้เลย

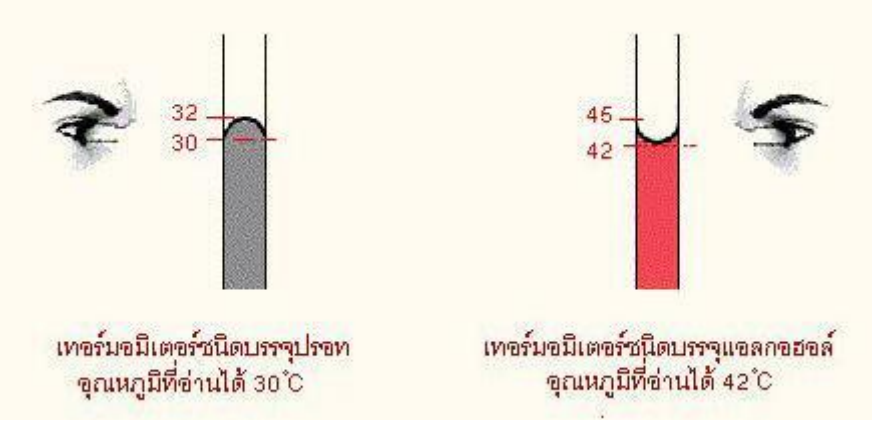
เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้แบบตัวเลข

นอกจากเทอร์มอมิเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ในปัจจุบันยังมีเทอร์มอมิเตอร์ประเภทอื่น ๆ อีก เพื่อช่วยให้เราสามารถใช้วัดอุณหภูมิได้สะดวก รวดเร็วและขอมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ได้แก่

อินฟาเรดเทอร์มอมิเตอร์ เทอร์มอมิเตอร์แบบกาลิเลโอ เป็นต้น

การใช้เทอร์มอมิเตอร์

1. ให้กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์จุ่มหรือสัมผัสอยู่ในสิ่งที่ต้องการวัด (ไม่สัมผัสภาชนะ)
2. ตั้งเทอร์มอมิเตอร์ให้ตั้งตรง
3. การอ่านเทอร์โมมิเตอร์ต้องให้ระดับของของเหลวในหลอดแก้วอยู่ในระดับสายตา ถ้าเป็นเทอร์โมมิเตอร์ชนิดบรรจุด้วยปรอท ให้อ่านตัวเลขบริเวณฐานของส่วนนูน ส่วนเทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์ ให้อ่านตัวเลขบริเวณส่วนที่เว้าที่สุด



บัตรกิจกรรมที่ 1
อุณหภูมิ

คำชี้แจง จงตอบคำถาม

1. อุณหภูมิ คืออะไร

.....

.....

2นักเรียนใช้อวัยวะรับสัมผัสใด ในการวัดอุณหภูมิ และข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากน้อย . เพียงใด

.....

3. เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้กับเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดา แตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

4นอกจากเทอร .์มอมิเตอร์ที่นักเรียนรู้จัก เช่น เทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดาและเทอร์มอมิเตอร์วัดไข้ นักเรียนเคยเห็นเทอร์มอมิเตอร์รูปแบบอื่นหรือไม่ และเทอร์มอมิเตอร์นั้นมีหลักการการทำงานอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บัตรกิจกรรมที่ 2
เทอร์มอมิเตอร์ของฉัน

นักเรียนต้องการวัดอุณหภูมิของน้ำต้มสุก แต่ไม่มีอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ นักเรียนจะทำอย่างไร

ลองดูสิว่า อุปกรณ์เหล่านี้สร้างเทอร์มอมิเตอร์ได้อย่างไร

ขวดแก้ว หลอดแก้วชนิดตรง แอลกอฮอล์ น้ำ สีผสมอาหาร
จุกยาง วาสลิน ไม้บรรทัด กระดาษ ปากกา
ขวดน้ำพลาสติก ดินน้ำมัน หลอดกาแฟ

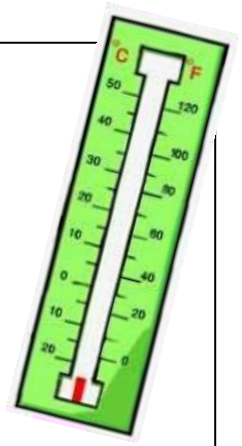
อุปกรณ์ที่ต้องการ

.....

.....

.....

ขั้นตอนการทำเทอร์มอมิเตอร์



ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเทอร์มอมิเตอร์
ที่นักเรียนสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับเทอร์มอมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

เทอร์มอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น วัดอุณหภูมิได้จริงหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

เมื่อนำเทอร์มอมิเตอร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นและเทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดาไปวัดอุณหภูมิของน้ำต้มสุก ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

ระหว่างการประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์ พบปัญหาอะไรบ้าง และมีวิธีแก้ไขปัญหาอย่างไร

.....

.....

บัตรเนื้อหาที่ 2
หน่วยวัดอุณหภูมิ

หน่วยวัดอุณหภูมิที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันมีอยู่หลายระบบ ได้แก่

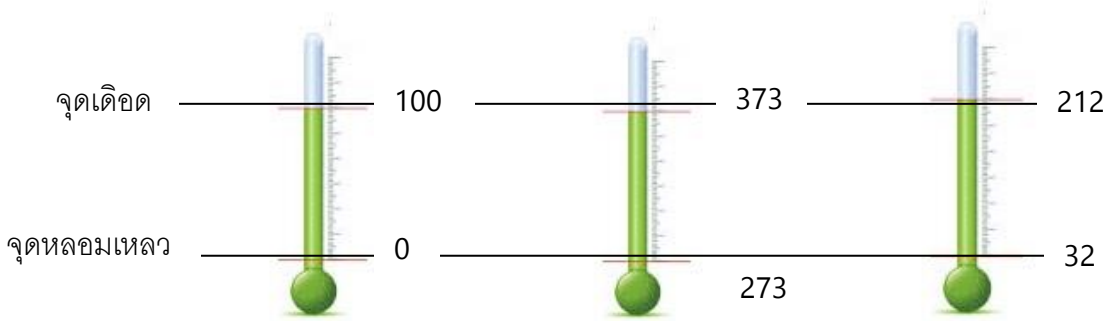
องศาเซลเซียส (Celsius) ใช้สัญลักษณ์ OC ค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน อันเดอรส์ เซลซิอัส (Anders Celsius) ซึ่งกำหนดจุดยือกแข็งอย่ที่ 0 องศาเซลเซียส จดเดือดอย่ที่ 100 องศาเซลเซียส

องศาฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit) เป็นหน่วยวัดในระบบอังกฤษ ใช้สัญลักษณ์ F ตามนักประดิษฐ์เครื่องมือวัดชาวเยอรมัน กาบริเอล ฟาเรนไฮต์ (Gabriel Fahrenheit) ซึ่งกำหนดจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ จุดเดือดอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

เคลวิน)Kelvin) เป็นหน่วยวัดในระบบ SI ใช้สัญลักษณ์ K ตามนักฟิสิกส์และวิศวกร ชาวอังกฤษ *วิลเลียม ทอมสัน บารอนเคลวินที่หนึ่ง) William Thomson, 1st Baron Kelvin)* ซึ่งกำหนดจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 273 เคลวิน จุดเดือดอยู่ที่ 373 เคลวิน

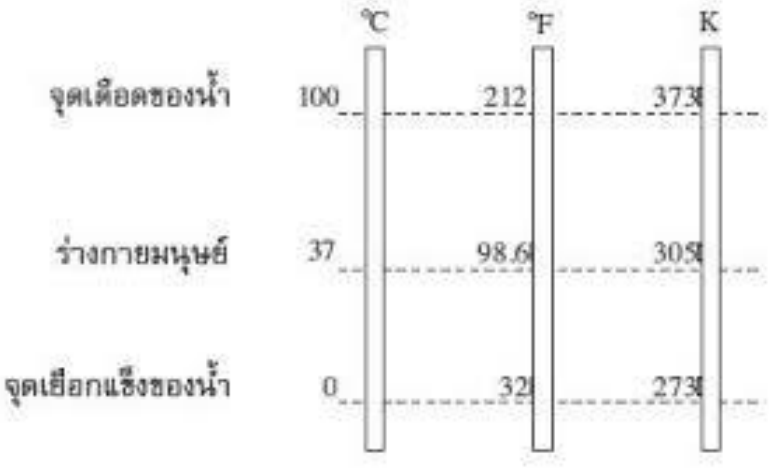
โดยในการสร้างมาตราส่วน หรือสเกลของเทอร์มอมิเตอร์ได้กำหนดจุดหลัก 2 จุด คือ

1. จุดเดือด (Boiling point) คือ อุณหภูมิของน้ำที่กำลังเดือด เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ
2. จุดหลอมเหลว (Freezing point) คือ จุดที่อุณหภูมิของน้ำแข็งกำลังเปลี่ยนสถานะกลายเป็นน้ำ



ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดอุณหภูมิ

เทอร์มอมิเตอร์แต่ละหน่วยอุณหภูมิ จะมีขีดบอกตัวเลขแสดงค่าอุณหภูมิของจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของน้ำ แตกต่างกัน เมื่อนำเทอร์มอมิเตอร์หน่วยองศาเซลเซียส เคลลวิน และองศาฟาเรนไฮต์ มาวัดอุณหภูมิของร่างกาย พบว่าระดับของของเหลวสูงขึ้นอยู่ที่ระดับเดียวกัน แต่ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ต่างกัน ซึ่งเมื่อนำค่าอุณหภูมิมาเทียบส่วนกันจะได้อัตราส่วน ดังสมการ



$$\frac{\text{อุณหภูมิที่อ่านได้ – จุดเยือกแข็ง}}{\text{จุดเดือด – จุดเยือกแข็ง}} \qquad \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{k-273}{5}$$

ตัวอย่างที่ 1

วัดอุณหภูมิน้ำได้50 **องศาเซลเซียส คิดเป็นกี่เคลวิน**

จากสูตร $K = 273 + {}^{\circ}C$

แทนค่า $K = 273 + 50$

$K = 323$

น้ำอุณหภูมิ 50 **องศาเซลเซียสคิดเป็น** 323 **เคลวิน**

ตัวอย่างที่ 2

วัดอุณหภูมิอากาศเช้านี้ได้35 **องศาเซลเซียส คิดเป็นกี่องศาฟาเรนไฮต์**

จากสูตร $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

แทนค่า $\frac{35}{5} = \frac{F-32}{9}$

$63 = F - 32$

$95 = F$

อุณหภูมิอากาศ 35 **องศาเซลเซียส คิดเป็น** 95 **องศาฟาเรนไฮต์**

บัตรกิจกรรมที่ 2
การเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ

1. หน่วยวัดอุณหภูมิในหน่วย SI คือ

.....

2. จงเติมคำตอบลงในช่องตาราง

หน่วยอุณหภูมิ	ตัวย่อ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด
องศาเซลเซียส			
องศาฟาเรนไฮต์			
เคลวิน			

3. วัดอุณหภูมิของน้ำได้ 50 องศาเซลเซียส คิดเป็นกี่เคลวิน

.....

.....

.....

.....

4. วัดอุณหภูมิบนยอดดอยอ่างขาง จ.เชียงราย ได้ 78 องศาฟาเรนไฮต์ คิดเป็นกี่องศาเซลเซียส

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนศึกษาอุณหภูมิของอากาศจังหวัดต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

จังหวัด	อุณหภูมิเฉลี่ย
เชียงใหม่	30 องศาเซลเซียส
นครราชสีมา	90 องศาฟาเรนไฮต์
ชลบุรี	305 เคลวิน
กาญจนบุรี	89.6 องศาฟาเรนไฮต์
กรุงเทพมหานคร	303 เคลวิน

5.1 จังหวัดใด มีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

.....

.....

5.2 จังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าจังหวัดชลบุรี กี่องศาเซลเซียส

.....

.....

5.3 จงเรียงลำดับจังหวัดที่มีอุณหภูมิต่ำสุดไปหาสูงสุด

.....

.....

.

แบบทดสอบหลังเรียน

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

1. การใช้เทอร์มอมิเตอร์ในข้อใด ไม่ถูกต้อง
   ก. อ่านค่าเทอร์มอมิเตอร์ ในระดับสายตา
   ข. วางเทอร์มอมิเตอร์เอนพิงปากภาชนะ
   ค. วางเทอร์มอมิเตอร์ตั้งตรง สัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัด
   ง. อ่านค่าอุณหภูมิ บริเวณส่วนเว้าต่ำสุดของของเหลว
2. หน่วยวัดอุณหภูมิในระบบ SI คือข้อใด
   ก. โรเมอร์ ข. เคลวิน
   ค. ฟาเรนไฮต์ ง. องศาเซลเซียส
3. อุปกรณ์ในข้อใด ใช้วัดระดับความร้อน – เย็นของวัตถุ
   ก. บารอมิเตอร์ ข. แอนนิมอมิเตอร์
   ค.เทอร์มอมิเตอร์ ง. ไฮโกรมิเตอร์
4. อุณหภูมิในข้อใด มีอุณหภูมิต่ำที่สุด
   ก. 25 องศาเซลเซียส
   ข. 299 เคลวิน
   ค. 68 ฟาเรนไฮต์
   ง. 303 เคลวิน
5. ข้อใด กล่าว ไม่ ถูกต้อง
   ก. เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำ
   ข. เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้มีหลอดแก้วแคบบริเวณก่อนถึงกระเปาะ
   ค. ของเหลวที่บรรจุภายในหลอดแก้วส่วนใหญ่เป็นแอลกอฮอล์และปรอท
   ง. เทอร์มอมิเตอร์วัดไข้สามารถนำมาใช้วัดอุณหภูมิวัตถุได้เช่นเดียวกับเทอร์มอมิเตอร์ธรรมดา

แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน **เรื่อง อุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ**
รายวิชา วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**
เวลา 2 ชั่วโมง **ผู้สอน นางสาวฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ**

มาตรฐานการเรียนรู้

ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและสามารถตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ม.1/1 ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ

ม.1-3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ม.1-3/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี

ม.1-3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัยโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ม.1-3/6 สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ม.1-3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้นี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. นักเรียนสามารถอธิบายอุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิได้
2. นักเรียนสร้างเครื่องมือในการวัดอุณหภูมิได้
3. นักเรียนมีทักษะในการทำงาน การสืบค้นข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูล และนำเสนอข้อมูลได้

สาระสำคัญ

อุณหภูมิ เป็นการบอกระดับความร้อนของวัตถุ เราสามารถใช้ประสาทสัมผัสของคนเราเป็นเครื่องมือในการวัดอุณหภูมิ แต่ไม่สามารถบอกค่าอุณหภูมิได้แน่นอน เชื่อถือไม่ได้ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิขึ้นมา เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์

สาระการเรียนรู้

1. อุณหภูมิ
2. การวัดอุณหภูมิ
3. เทอร์มอมิเตอร์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. ใฝ่เรียนรู้
4. มุ่งมั่นในการทำงาน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)

1. ครูให้นักเรียนสังเกตภาพของสถานที่แต่ละแห่งที่มีสภาพอากาศแตกต่างกัน เช่น
   - บริเวณขั้วโลก กับ ทะเลทราย
   - ห้างสรรพสินค้า กับ ตลาดสด
   - บริเวณใต้ต้นไม้ กับ บริเวณสนามกลางแจ้ง

แล้วให้นักเรียนอภิปรายว่าถ้านักเรียนไปอยู่ในบริเวณเหล่านั้น นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไร ครูเขียนคำตอบของนักเรียนบนกระดาน

ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase)

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ความรู้สึกของคนแต่ละคนเมื่อไปอยู่ในสถานที่เหล่านั้นเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แนวการตอบ ความรู้สึกของคนแต่ละคนในการสัมผัสกับความร้อนเย็นไม่เท่ากัน ทำให้ข้อมูลขาดความน่าเชื่อถือ)

3. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนระดมความคิดว่า " หากนักเรียนต้องการวัดอุณหภูมิของวัตถุ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง น่าเชื่อถือ จะต้องทำอย่างไร"

ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase)

4. แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติมจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิกับการวัดอุณหภูมิ

6. นักเรียนทำบัตรกิจกรรมที่ 2 เทอร์มอมิเตอร์ของฉัน

ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)

7. นักเรียนนำเสนอเทอร์มอมิเตอร์ที่ประดิษฐ์เสร็จเรียบร้อยแล้วหน้าชั้นเรียน

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำต้มสุก บันทึกผลการทดลอง

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบประสิทธิภาพของเทอร์มอมิเตอร์ที่ประดิษฐ์เปรียบเทียบกับเทอร์มอมิเตอร์ตามท้องตลาด โดยแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลอง บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองว่าเทอร์มอมิเตอร์ที่นักเรียนประดิษฐ์ขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถาม ดังนี้

- เทอร์มอมิเตอร์ ใช้สำหรับทำอะไร

(วัดอุณหภูมิของสาร)

-เทอร์มอมิเตอร์มีหลักการทำงานอย่างไร

(ของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์ขยายตัวเมื่อได้รับพลังงานความร้อน และหดตัวเมื่อลดพลังงานความร้อน)

11. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการใช้เทอร์มอมิเตอร์อย่างง่ายในการวัดอุณหภูมิของสาร รวมทั้งในระหว่างการประดิษฐ์เกิดปัญหาหรือไม่ ถ้าเกิดปัญหานักเรียนแก้ปัญหานั้นอย่างไร

ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extention Phase)

12. ครูให้นักเรียนค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้อินเทอร์เนตเกี่ยวกับเทอร์มอมิเตอร์ที่มีขายตามท้องตลาด ว่ามีแบบใดบ้าง เช่น แผ่นวัดไข้สำหรับเด็ก ว่ามีหลักการการทำงานอย่างไร

ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. บัตรกิจกรรมที่ 1 อุณหภูมิ
2. บัตรกิจกรรมที่ 2 เทอร์มมอมิเตอร์ของฉัน

การวัดและประเมินผล

วิธีการ

การสังเกตพฤติกรรมในการทำงานกลุ่ม

การตรวจบัตรกิจกรรมที่ 1 อุณหภูมิ

การตรวจบัตรกิจกรรมที่ 2 เทอร์มอมิเตอร์ของฉัน

เครื่องมือ

แบบสังเกตการทำงานกลุ่ม

แบบตรวจบัตรกิจกรรมที่ 1 และ 2

เกณฑ์

นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. รูปภาพสถานที่ที่มีภูมิอากาศแตกต่างกัน
2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ
3. อินเทอร์เน็ต
4. ห้องสมุดโรงเรียนชลกันยานุกูล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานความร้อน

1. การทำงานของเทอร์มอมิเตอร์ อาศัยหลักการใด
    ก. การพาความร้อนของของเหลว
    ข. การดูดกลืนพลังงานความร้อนของของเหลว
    ค. การขยายตัวและหดตัวของของเหลวเมื่อได้รับความร้อน
    ง. การถ่ายโอนความร้อนจากวัตถุไปสู่ของเหลว
2. นักเรียนคนหนึ่งนำเทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำได้ 68 °C อยากทราบว่าอุณหภูมิของน้ำจะมีค่าเท่าไรในหน่วยเคลวิน
    ก. 341 K
    ข. 312 K
    ค. 212 K
    ง. 205 K
3. ม้าไปเที่ยวดอยอินทนนท์ วัดอุณหภูมิบนยอดดอยได้ 9°C ช้างไปเที่ยวภูกระดึงวัดอุณหภูมิบนยอดภู ได้ 283 K และนกไปเที่ยวภูเรือวัดอุณหภูมิบนยอดภูได้ 48.2 °F ข้อใดกล่าวถูกต้อง
    ก. สถานที่ทั้งสามมีอุณหภูมิเท่ากัน
    ข. ยอดดอยอินทนนท์มีอุณหภูมิต่ำที่สุด
    ค. ยอดดอยอินทนนท์กับภูเรือมีอุณหภูมิเท่ากัน
    ง. ภูกระดึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าภูเรือ
4. หน่วยวัดอุณหภูมิในระบบ SI คือหน่วยใด
    ก. องศาเซลเซียส
    ข. ฟาเรนไฮต์
    ค. เคลวิน
    ง. โรเมอร์
5. เมื่อวัตถุได้รับพลังงานความร้อน วัตถุจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ยกเว้น ข้อใด
    ก. เปลี่ยนสถานะ
    ข. สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเปลี่ยน
    ค. เกิดปฏิกิริยาเคมี
    ง. วัตถุเกิดการขยายตัว

6. การถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีใดต้องอาศัยตัวกลาง

ก. การคายความร้อน การแผ่รังสีความร้อน

ข. การพาความร้อน การดูดกลืนความร้อน

ค. การนำความร้อน การพาความร้อน

ง. การดูดกลืนความร้อน การแผ่รังสีความร้อน

7. เจนทำการทดลอง โดยจัดเตรียมอุปกรณ์ ดังรูป นำอุปกรณ์ไปให้ความร้อน สังเกตจุกยาง ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

จากการทดลอง เจนต้องการตรวจสอบสมมติฐาน ใด

ก. วัตถุต่างชนิดกัน พาความร้อนได้ต่างกัน

ข. วัตถุต่างชนิดกัน ดูดกลืนความร้อนได้ต่างกัน

ค. วัตถุต่างชนิดกัน นำความร้อนได้ต่างกัน

ง. วัตถุต่างชนิดกัน มีสมบัติต่างกัน

8. การกระในข้อใด ไม่ได้ ใช้ประโยชน์จากการพาความร้อน

ก. การห่มผ้าห่มเพื่อให้ร่างกายอบอุ่น

ข. การสร้างปล่องควันไว้เหนือเตา

ค. การเกิดลม

ง. การติดเครื่องปรับอากาศ

9. การทำอาหารให้สุกด้วยไอน้ำ หรือ การนึ่ง เป็นการใช้ประโยชน์จากากรถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีใด

ก. การนำความร้อน

ข. การพาความร้อน

ค. การแผ่รังสีความร้อน

ง. การดูดกลืนความร้อน

10. ข้อใดกล่าวถึงสมดุลความร้อนได้

ก. น้ำร้อนใส่แก้ว ตั้งทิ้งไว้น้ำในแก้วมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

ข. อากาศเหนือพื้นน้ำพัดเข้ามาแทนที่อากาศเหนือพื้นดิน

ค. ทาสีบ้านด้วยสีอ่อน เพื่อลดอุณหภูมิในตัวบ้าน

ง. ของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์ขยายตัวจนกระทั่งหยุดนิ่ง

11. โตโน่ รู้สึกร้อนจึงไปอาบน้ำ จึงทำให้รู้สึกสดชื่น จากนั้นไปต้มน้ำเพื่อต้มบะหมี่ จากนั้นเดินถือชามบะหมี่ไปนั่งรับประทานนอกบ้านที่มีลมพัดโชยมา ข้อความที่ขีดเส้นใต้อาศัยหลักการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีใด ตามลำดับ

ก.	การนำความร้อน	การพาความร้อน	การแผ่รังสีความร้อน
ข.	การนำความร้อน	การนำความร้อน	การพาความร้อน
ค.	การพาความร้อน	การพาความร้อน	การพาความร้อน
ง.	การพาความร้อน	การพาความร้อน	การแผ่รังสีความร้อน

12. ในวิชาลูกเสือ นักเรียนต้องเดินทางไกลและอยู่ค่ายพักแรม หากนักเรียนต้องการประดิษฐ์กล่องเพื่อเก็บรักษาความสดของอาหาร นักเรียนควรเลือกอุปกรณ์ที่มีสมบัติอย่างไร

ก. วัสดุที่นำความร้อนได้ดี แต่พาความร้อนได้ไม่ดี

ข. วัสดุที่นำความร้อนและพาความร้อนได้

ค. วัสดุที่นำความร้อนได้ไม่ดีและลดการแผ่รังสีความร้อน

ง. วัสดุพาความร้อนได้ดีแต่นำความร้อนได้ไม่ดี

13. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการแผ่รังสีความร้อน

ก. เป็นการถ่ายโอนความร้อนที่ต้องอาศัยตัวกลาง

ข. ตัวกลางในการแผ่รังสีความร้อนมีสถานะเป็นของแข็งเท่านั้น

ค. อากาศเป็นตัวกลางในการแผ่รังสีความร้อนได้ดีที่สุด

ง. ความร้อนถูกถ่ายโอนโดยไม่อาศัยตัวกลาง

14. “การสร้างบ้านในสมัยก่อน มักจะตั้งอยู่ริมแม่น้ำ หรือพื้นบ้านยกใต้ถุนสูง เพื่อทำให้บ้านเย็นสบาย” จากคำกล่าวนี้ นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

ก. เห็นด้วย เพราะ ทำให้เกิดการพัดพาอากาศเย็นจากแม่น้ำมาทำให้ภายในบ้านเย็น

ข. เห็นด้วย เพราะ อากาศใต้ถุนบ้านที่ยกสูงจะถูกพัดพาได้ดีกว่าบ้านที่ไม่มีใต้ถุน

ค. ไม่เห็นด้วย เพราะ การสร้างบ้านสมัยก่อนมักคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยมากกว่า

ง. ไม่เห็นด้วย เพราะ การสร้างบ้านริมแม่น้ำ อาจทำให้บ้านเสียหายจากน้ำท่วมได้

15. สิ่งประดิษฐ์ในข้อใด อาศัยหลักการการดูดกลืนพลังงานแสง ไม่เหมาะสม

    ก. การใช้วัสดุสีดำ ผิวมันวาวในการทำเซลล์สุริยะ

    ข. การทาสีก้นหม้อหรือกะทะด้วยสีดำ

    ค. การทาสีรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยสีขาว

    ง. การฉาบสีดำภายในกาต้มน้ำไฟฟ้า

16. เมื่อนำภาชนะ 2 ใบ ใบแรกหุ้มด้วยกระดาษสีขาว ใบที่ 2 หุ้มด้วยกระดาษสีดำ นำไปวางไว้กลางแดดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำกลับมาวางไว้ที่ร่มอีก 15 นาที แล้วทำการบันทึกอุณหภูมิได้ ดังตาราง

ภาชนะ	อุณหภูมิก่อนการทดลอง	อุณหภูมิกลางแดด	อุณหภูมิในที่ร่ม
ภาชนะหุ้มด้วยกระดาษสีขาว	28 °C	34 °C	30 °C
ภาชนะหุ้มด้วยกระดาษสีดำ	28 °C	39 °C	33 °C

จากการทดลอง ควรสรุปผลการทดลองดังข้อใด

    ก. วัตถุที่มีสีต่างกันจะนำความร้อนได้แตกต่างกัน

    ข. วัตถุสีดำดูดกลืนและคายความร้อนได้ดี

    ค. วัตถุสีดำดูดกลืนความร้อนได้ดีแต่คายความร้อนได้ไม่ดี

    ง. วัตถุสีขาวดูดกลืนความร้อนได้ไม่ดีแต่คายความร้อนได้ดี

17. ใครเลือกสวมเสื้อผ้าได้เหมาะสมกับอากาศประเทศไทย

    ก. ปอ สวมเสื่อแขนกุด ที่คอเสื้อประดับด้วยขนสัตว์

    ข. ป่าน สวมเสื้อยืดสีดำกับกางเกงยีน

    ค. ปาย สวมเสื้อไหมพรมสีขาวกับกระโปรง

    ง. ปู สวมผ้าฝ้ายสีฟ้า ลายดอกกับกางเกง

18. นักเรียนคนหนึ่งออกแบบชุดนักผจญเพลิง โดยชุดและอุปกรณ์ป้องกันมักทำจากสีดำ มีผิวมันวาว นักเรียนคิดว่า ชุดนักผจญเพลิงนี้ เหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด
    ก. เหมาะสม เพราะ ชุดสีดำช่วยยรักษาอุณหภูมิของร่างกายขณะปฏิบัติงาน
    ข. เหมาะสม เพราะ ชุดมีผิวมันวาวช่วยทำให้สังเกตได้ง่ายในขณะปฏิบัติงาน
    ค. ไม่เหมาะสม เพราะ ชุดผิวมันวาวจะนำความร้อนได้ดีทำให้ภายในร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น
    ง. ไม่เหมาะสม เพราะ ชุดสีดำจะดูดกลืนความร้อนได้ดี อาจทำให้เกิดอันตรายในขณะปฏิบัติงาน
19. พลังงานรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เมื่อตกกระทบวัตถุจะทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น คือพลังงานรังสีความร้อน
    ก. รังสีอินฟาเรด
    ข. รังส์อัลตร้าไวโอเลต
    ค. รังสีไมโครเวฟ
    ง. รังสีเอ็กซเรย์
20. ชาวสวนต้องทำงานตากแดดเป็นเวลานาน ควรสวมเสื้อผ้าอย่างไร
    ก. สวมเสื้อคลุมและหมวกสีเข้ม
    ข. สวมเสื้อแขนยาวและกางเกงขายาวสีอ่อน
    ค. สวมเสื้อ หมวก และรองเท้ามิดชิดมีสีดำ
    ง. สวมเสื้อและกางเกงผ้าบางๆ สีอ่อน
21. ถ้าต้องการออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องเลือกวัสดุอย่างไรในการทำตู้อบ
    ก. ใช้กระจกผิวมัน ผิวขรุขระ
    ข. ใช้กระจกทาสีดำ ผิวเรียบ
    ค. ใช้โลหะผิวมัน ผิวเรียบ
    ง. ใช้โลหะทาสีดำ ผิวขรุขระ
22. ข้อใดกล่าวถึงการเกิดลมบก ลมทะเลไม่ถูกต้อง
    ก. การดูดกลืนความร้อนระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำได้แตกต่างกัน
    ข. การคายความร้อนพื้นดินและพื้นน้ำได้แตกต่างกัน
    ค. การพาความร้อนของอากาศเหนือพื้นดินและพื้นน้ำ
    ง. การนำความร้อนของพื้นดินและพื้นน้ำได้แตกต่างกัน

23. ข้อใดกล่าว ไม่ถูกต้อง

ก. ความร้อนไม่สามารถถ่ายโอนความร้อนในสุญญากาศได้

ข. ความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่มายังโลกได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง

ค. แก๊สเป็นตัวพาความร้อนได้ดีที่สุด

ง. ของแข็งนำความร้อนได้ดีกว่าแก๊สและของเหลว

24. เราใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อน ในชีวิตประจำวัน ยกเว้น ข้อใด

ก. การทำนาเกลือ

ข. การทำเซลล์

ค. การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก

ง. การถนอมอาหาร

25. วัตถุ ก มีอุณหภูมิ 60 °C และวัตถุ ข มีอุณหภูมิ 35 °C เมื่อนำวัตถุทั้งสองมาแตะกัน ความร้อนจะถูกถ่ายโอนอย่างไร

ก. วัตถุ ก ถ่ายเทความร้อนมายังวัตถุ ข

ข. วัตถุ ข ถ่ายเทความร้อนมายังวัตถุ ก

ค. ความร้อนจะถ่ายโอนจากวัตถุทั้งสอง

ง. วัตถุไม่เกิดการถ่ายโอนความร้อน

26. ต้นตักต้มจืดที่ทำเสร็จใหม่ ใส่ถ้วย วางไว้บนพื้นบ้านสักพัก ต้มจืดในถ้วยเย็นลง เนื่องจากอะไร

ก. เกิดการคายความร้อนจนต้มจืดเย็นลง

ข. ความร้อนจากต้มจืด ถ่ายโอนไปหาพื้นบ้าน

ค. พื้นบ้านดูดกลืนความร้อนจากต้มจืด ทำให้ต้มจืดเย็นลง

ง. ถ้วยต้มจืด คายความร้อนไปสู่อากาศโดยรอบ ทำให้ต้มจืดเย็นลง

27. นักเรียนเล่นปิงปอง จนลูกบุบเล่นไม่ได้ นักเรียนจึงนำลูกปิงปองไปต้มในน้ำเดือด ลูกปิงปองจึงพองเหมือนเดิม เพราะสาเหตุใด

ก. ลูกปิงปองขยายตัว เมื่อได้รับความร้อน

ข. ความดันอากาศอากาศภายในลูกปิงปองมากกว่าความดันอากาศภายนอกลูกปิงปอง

ค. อากาศภายในลูกปิงปองเกิดการขยายตัว เนื่องจากได้รับความร้อน

ง. ความร้อนทำให้ความหนาแน่นของลูกปิงปองเพิ่มมากขึ้น

28. จากความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน ยกเว้น ข้อใด
    ก. การทำเทอร์มอมิเตอร์
    ข. การสร้างทางรถไฟ
    ค. การสร้างตัวควบคุมอุณหภูมิในเตารีด
    ง. การสร้างแผงเซลล์สุริยะ
29. เมื่อวัตถุได้รับความร้อน ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง
    ก. เมื่อวัตถุได้รับความร้อนเท่ากัน ของแข็งจะขยายตัวได้ดีที่สุด
    ข. วัตถุต่างชนิดกันจะขยายตัวได้แตกต่างกัน
    ค. ของเหลวจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น
    ง. ของแข็งจะขยายขนาดขึ้น
30. เพชร สังเกตเห็นว่า ในฤดูหนาวสายไฟที่เสาไฟฟ้าจะตึง แต่พอถึงฤดูร้อนสายไฟจะหย่อน เป็นผลมาจากข้อใด
    ก. การนำความร้อนของฉนวนหุ้มสายไฟ
    ข. มวลและขนาดของสายไฟ
    ค. การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสายไฟกับอากาศโดยรอบ
    ง. การขยายตัวของสายไฟเมื่อได้รับความร้อน

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์
ฉบับที่ 1 ความคิดคล่อง

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนใช้เวลา 5 นาที คิดชื่อสัตว์ที่มีลักษณะคล้ายกับคำที่กำหนดให้ให้ได้มากที่สุด
2. พยายามคิดตั้งคำถามที่แปลก ไม่เหมือนใครและมีความหมาย
3. แบบทดสอบนี้ไม่มีคำตอบที่ผิด ดังนั้นนักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการคิดหาคำตอบ

1. ความซื่อสัตย์

.....

.....

.....

2. เป็นอาหาร

.....

.....

.....

3. เพื่อนเล่นยามเหงา

.....

.....

.....

4. ดุร้าย

.....

.....

.....

5. เชื่องช้า

.....

.....

.....

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์
ฉบับที่ 2 ความคิดยืดหยุ่น

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนคิดหาประโยชน์ของสิ่งของที่กำหนดให้ว่าสามารถทำประโยชน์อะไรได้บ้าง
2. พยายามคิดตั้งคำถามที่แปลก ไม่เหมือนใครและมีความหมาย
3. แบบทดสอบนี้ไม่มีคำตอบที่ผิด ดังนั้นนักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการคิดหาคำตอบ

1. ช้อน

.....

.....

.....

2. ขวดพลาสติก

.....

.....

.....

3. ผ้า

.....

.....

.....

4. กล่องกระดาษ

.....

.....

.....

5. ตะปู

.....

.....

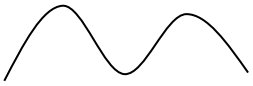
.....

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์

ฉบับที่ 3 ความคิดละเอียดละออ

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนวาดภาพต่อเติมจากเส้นหรือรูปร่างที่กำหนดให้ พร้อมตั้งชื่อภาพ
2. พยายามคิดตั้งคำถามที่แปลก ไม่เหมือนใครและมีความหมาย
3. แบบทดสอบนี้ไม่มีคำตอบที่ผิด ดังนั้นนักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการคิดหาคำตอบ

<table>
<tr>
<td>
ชื่อ
.....</td>
<td>
ชื่อ
.....</td>
<td>
ชื่อ.....</td>
</tr>
<tr>
<td> 
ชื่อ
.....</td>
<td>
ชื่อ
.....</td>
<td>
ชื่อ
.....</td>
</tr>
</table>

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์
ฉบับที่ 4 ความคิดริเริ่ม

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์จากภาพที่กำหนดให้ แล้วคาดเดาว่า ภาพที่ 4 น่าจะเกิดอะไรขึ้น
2. แบบทดสอบนี้ไม่มีคำตอบที่ผิด ดังนั้นนักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการคิดหาคำตอบ

1.

1	2
3	เหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้น 4

2

1	2
3	เหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้น 4

3.

1	2
3	เหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้น 4

4.

1	2
3	เหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้น 4

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1	เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แล้วสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
2	เรียนวิทยาศาสตร์ มักทำให้ข้าพเจ้ามีเหตุผลขึ้น					
3	เมื่อต้องตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้าพเจ้ามักจะตอบไม่ได้					
4	ข้าพเจ้ามักจะเข้าร่วมหรือเยี่ยมชมนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ					
5	เมื่อเรียนวิทยาศาสตร์ ทำให้เป็นคนช่างสังเกตและอยากรู้อยากเห็นมากขึ้น					
6	ข้าพเจ้าชอบอ่านหนังสือ นิยาย การ์ตูน ทางวิทยาศาสตร์					
7	ข้าพเจ้ามักติดตามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ					
8	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ได้ช่วยพัฒนาตนเองในการเรียนวิชาอื่นๆ ได้					
9	เมื่อผู้สอนให้ร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในชั่วโมงวิทยาศาสตร์ มักจะร่วม ทำด้วยความเต็มใจ					

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
10	การทดลองวิทยาศาสตร์ เมื่อผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ข้าพเจ้า จะบอกครูว่าได้ผล เพื่อจะได้ไม่ต้องทำการทดลองซ้ำ					
11	ข้าพเจ้าจะบอกครูว่าทำการทดลองเสร็จแล้วทั้งๆ ที่ยังไม่ได้ลงมือทำ					
12	เมื่อทำการทดลองวิทยาศาสตร์ จะบันทึกข้อมูลตามความเป็นจริง โดยไม่ ลงความคิดเห็นลงไป					
13	เมื่อทำการทดลองวิทยาศาสตร์ จะลงมือทำด้วยตนเองจนประสบผลสำเร็จ					
14	ข้าพเจ้ามักตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าวิชาอื่น					
15	ข้าพเจ้ารู้สึกตื่นเต้น เมื่อได้ทำการทดลองวิทยาศาสตร์					
16	วิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่ใช้เวลาเรียนมากเกินไป					
17	เมื่อทำการทดลองวิทยาศาสตร์ มักจะข้ามขั้นตอนบางขั้นตอน เพื่อให้การทดลองเสร็จเร็ว					
18	หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้ว จะตรวจความเรียบร้อยของอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการก่อนเสมอ					

แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
19	เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว ข้าพเจ้ามักจะรีบสรุปผลการทดลองทันที					
20	ข้าพเจ้ามักทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อตรวจสอบผลการทดลอง					