



ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

THE EFFECTS OF SCIENCE LEARNING USING ENGINEERING DESIGN PROCESS IN
THE TOPIC OF THERMAL ENERGY ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND LEARNING

ศิริินนาถ ทับทิมใส

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECTS OF SCIENCE LEARNING USING ENGINEERING DESIGN PROCESS IN
THE TOPIC OF THERMAL ENERGY ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND LEARNING
ACHIEVEMENT OF SEVENTH GRADE STUDENTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ

ศรินนาถ ทับทิมใส

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

ชื่อเรื่อง	ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ผู้วิจัย	ศรินนาถ ทับทิมใส
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พุกฤษประมุล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 35 คน โรงเรียนแห่งหนึ่งใน กรุงเทพมหานคร โดยการเลือกแบบตามสะดวก งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นตามแบบแผนการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($M=15.14$, $S.D.=2.26$) ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สูงกว่าก่อนเรียน ($M=9.60$, $S.D.=3.15$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = -24.150$, $p = .000$) 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($M = 35.02$, $S.D.=3.65$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M=27.14$, $S.D.=5.53$) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($t = -11.02$, $p = .000$) และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Title	THE EFFECTS OF SCIENCE LEARNING USING ENGINEERING DESIGN PROCESS IN THE TOPIC OF THERMAL ENERGY ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND LEARNING ACHIEVEMENT OF SEVENTH GRADE STUDENTS
Author	SIRINNART THABTHIMSAI
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Chaninan Pruekpramool , Ph.D.

This research aims to study the effects of science learning on the topic of thermal energy using engineering design process toward scientific creativity and learning achievement and study the satisfaction with learning among seventh-grade students. The samples consisted 35 seventh-grade students who studied in the first semester of the 2020 academic year in a school in Bangkok and used convenience sampling. This research is a pre-experimental research using a one group pre-test post-test design. The research instruments composed of the following: (1) the lesson plans applying the engineering design process; (2) the scientific creativity test; (3) a learning achievement test; and 4) the satisfaction of students on a learning evaluation form. The statistics employed for the analysis of data included mean, standard deviation and a t-test for dependent samples. The results of this study were as follows: (1) the scientific creativity posttest mean score of the students ($M=15.14$, $S.D.=2.26$) was higher than the pretest one ($M=9.60$, $S.D.=3.15$) at a .05 level of statistical significance ($t = -24.150$, $p= .000$); (2) the learning achievement post-test mean scores ($M= 35.02$, $S.D.=3.65$) was higher than the pre-test mean score ($M=27.14$, $S.D.=5.53$) at .05 level of statistical significance ($t = -11.020$, $p= .000$); and (3) the level of student satisfaction in terms of learning with the engineering design process was at a high level.

Keyword : Science Learning, Engineering Design Process, Scientific Creativity

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤษทรัพย์ประมูล ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาในการจัดทำวิจัย คอยตรวจสอบข้อบกพร่องของงานวิจัย โดยในการทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์จะคอยให้กำลังใจตลอด จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติเทพิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤษทรัพย์ประมูล และอาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ ที่ท่านให้ความกรุณาแนะนำ แนวทางและข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ในการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กรกมล ชูช่วย อาจารย์ ดร.อารยา ลิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทองที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมืองานวิจัย โดยได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคุณครูโรงเรียนดอนเมืองทหารอากาศบำรุง จังหวัด กรุงเทพมหานคร ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา คอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำงานวิจัยจนประสบความสำเร็จคุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันพึงบังเกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา-มารดา ครูอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศิริณนถ ทับทิมใส

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ	1
คำถามของงานวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ความสำคัญของงานวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย	7
ระยะเวลาที่ใช้ในงานวิจัย	8
กรอบแนวคิดของการวิจัย	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
สมมติฐานของงานวิจัย.....	12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์.....	15
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	23

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	39
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	49
5. ความพึงพอใจ	53
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	59
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	59
การพัฒนาเครื่องมือวิจัย.....	60
การศึกษานำร่อง	79
การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย	80
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์.....	86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	87
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	87
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	93
สรุปผลการวิจัย.....	95
อภิปรายผลการวิจัย	96
ข้อเสนอแนะ	100
บรรณานุกรม	103
ภาคผนวก.....	107
ประวัติผู้เขียน.....	158

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	21
ตาราง 2 วิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	25
ตาราง 3 แสดงบทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	47
ตาราง 4 แสดงแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของ สุรจิรา บุญเลิศ (2556)	56
ตาราง 5 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล	57
ตาราง 6 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้	61
ตาราง 7 วิเคราะห์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	66
ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	67
ตาราง 9 แสดงการวิเคราะห์ข้อสอบ	74
ตาราง 10 แสดงแบบแผนการวิจัย	80
ตาราง 11 แสดงผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรายด้าน	88
ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	89
ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	89
ตาราง 14 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	90

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย8

ภาพประกอบ 2 แบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด (Guilford)..... 27



บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นหนึ่งในทักษะการคิดที่จำเป็นต่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) บุคคลใดที่มีทักษะดังกล่าวจะทำให้สามารถมองสิ่งรอบตัวและนำสิ่งนั้นมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือนวัตกรรมได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ที่ควรมุ่งพัฒนาให้แก่เยาวชน (Partnership for 21st Century Skills, 2015) และบุคคลในชาติ ดังจะเห็นได้จากทุกประเทศล้วนต้องการพัฒนาคนให้มีความคิดสร้างสรรค์ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ต้องการคนที่มีความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมในการพัฒนาประเทศ นอกจากนี้ประเทศเกาหลีใต้ที่อยู่ในทวีปเอเชียยังเร่งพัฒนาคนในประเทศให้มีความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เพื่อแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนทั้งยังสามารถใช้ความรู้แบบบูรณาการในการแก้ปัญหาได้ (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์, 2563) โดยความคิดสร้างสรรค์สามารถช่วยแก้ปัญหาในการทำงานหรือในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ สามารถสร้างงานให้มีความใหม่และไม่ซ้ำใคร หากทำการส่งเสริมให้เยาวชนในชาติให้มีความคิดสร้างสรรค์แล้วจะทำให้ประเทศชาติเกิดการพัฒนาและเจริญก้าวหน้าได้ในทุก ๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สามารถสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ส่งขายทั้งในและนอกประเทศ หรือด้านสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยลดการใช้สิ่งของที่ทำลายสิ่งแวดล้อมได้ เป็นต้น (กรรณก พากิ่ง, 2558)

สำหรับประเทศไทยเองนั้นได้มุ่งเน้นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้กับเยาวชนเช่นเดียวกับนานาประเทศดังจะเห็นได้จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในทุกระดับชั้น นอกจากนี้จากนโยบาย Thailand 4.0 ซึ่งเป็นนโยบายการปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ได้เสนอระบบการเรียนรู้การสอนแบบใหม่ หรือที่เรียกว่า Education 4.0 โดยนโยบายนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมและพัฒนาเทคโนโลยี (ณัฐพร เห็นเจริญเลิศ, 2559) เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายในการปรับเปลี่ยนจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางสู่ประเทศที่มีรายได้สูง ซึ่งการสร้างนวัตกรรมนั้นต้องอาศัยพลเมืองในประเทศที่สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ มีจินตนาการ มีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถใช้สื่อเทคโนโลยีได้ อย่างไรก็ตาม นักเรียนไทยยังคงมีปัญหาทางด้านความคิด

สร้างสรรค์ ยังคงถนัดการคิดลอกเลียนแบบหรือยังเห็นครูเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ มากกว่าการพยายามคิดหรือค้นคว้าด้วยตนเอง (ศศิพิมล ประพินพงศกร, 2560)

สำหรับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าม้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในหลายรูปแบบและหลายสาระวิชา ดังเช่น กรรณฯ เสนอฤทธิ์ (2556) ได้ทำการสร้างแบบวัดความสามารถการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในรายวิชาภาษาไทย โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 3 ฉบับ ฉบับละ 6 ข้อ รวม 18 ข้อใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม พบว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ นอกจากนี้ จุฑามาศ ภู่นาค (2561) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามปลายเปิด ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดย วิวรรณ สารกิจปรีชา (2550) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ไม่เพียงเกิดขึ้นจากดนตรี การเขียน การคิดคำนวณ หรืองานศิลปะเท่านั้น แต่ความคิดสร้างสรรค์สามารถเกิดขึ้นในทุกสาขาวิชา รวมถึงรายวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย ดังเช่น จริญญา นาหัวหิน (2553) ที่ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) และการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วย วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกับ จินตนา เทศอม (2550) ที่ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นจากการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บูรณาการในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ 79.17 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 70

วิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาการคิด ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) เกี่ยวข้องกับทุกคนไม่ว่าจะเป็นการใช้ชีวิตประจำวัน การอุปโภคบริโภค การคมนาคม ตลอดจนด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เราใช้ในการอำนวยความสะดวกล้วนมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น อีกทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างสรรค์นวัตกรรมมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจให้สามารถแข่งขันกับประเทศต่าง ๆ ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) เมื่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์จะทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ อีกมากมาย (กรรณก พากิ่ง, 2558)

ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ที่ผนวกองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรืออาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยทั้งวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่ขาดจากกันไม่ได้ (Marzano, 1988) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาพบว่า มีองค์ประกอบไม่แตกต่างจากความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งทอแรนซ์ (Torrance, 1962) ได้ทำการแบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นต้องพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถผลิตหรือคิดนวัตกรรมเพื่อนำไปแก้ปัญหาหรือต่อยอดพัฒนาประเทศได้ในอนาคต

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35 คน โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของทอแรนซ์ (Torrance, 1962) เป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 4 องค์ประกอบตามที่กล่าวข้างต้น พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 63.66 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือร้อยละ 70 โดยเรียงลำดับคะแนนของความคิดสร้างสรรค์แต่ละด้านจากน้อยมากได้ดังนี้ ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 60.65 ด้านความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 61.55 ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 63.88 และด้านความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 68.50 จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มดังกล่าว มีคะแนนอยู่ในระดับที่ไม่ผ่านเกณฑ์จึงควรที่จะได้รับการส่งเสริมทั้งนี้จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนจะลอกเลียนแบบเพื่อนไม่กล้าคิด กล้าแสดงออกด้วยตนเองสอดคล้องกับ จินตนา เทศेम (2550) ที่ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บูรณาการ พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีพฤติกรรมที่แสดงว่ามีปัญหาทางด้านความคิดสร้างสรรค์ ในขณะที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนมีพฤติกรรมการลอกเลียนแบบผู้อื่น ไม่กล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองขณะทำกิจกรรมกลุ่มกับเพื่อน โดยพฤติกรรมเหล่านี้จะเกิดขึ้นจากนักเรียนยังมีความคิดสร้างสรรค์ที่น้อยจึงแสดงพฤติกรรมนั้นออกมา

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี ตัวอย่างเช่น การจัดกิจกรรมที่เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม (Torrance, 1962) หรือการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือทำด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูเป็นผู้สนับสนุนความคิดที่แปลกใหม่และต้องเป็นความคิดที่สามารถ

เป็นไปได้ (Blount & Klausmeier, 1968) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตัวเองนั้น จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนฝึกทักษะการวางแผนในการทำงานได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งส่งเสริมการคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร และสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย ดังจะเห็นได้จากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556)

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีจุดเริ่มต้นมาจากการได้รับฐานความคิดของขั้นตอนการทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผนของวิศวกรนำโดย John D. Runkle ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีประจำมลรัฐ Massachusetts ได้นำแนวคิดนี้มาฝึกให้กับวิศวกรโดยมีขั้นตอนการทำงาน 6 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งต่อมาขั้นตอนดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ดังงานวิจัยของ ภัสสร ติตมา (2558) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 48 คน พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ด้านที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุดคือ ความคิดริเริ่ม รองลงมาคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และน้อยที่สุดคือ ความคิดละเอียดลออ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้จะต้องอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรมมาใช้ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงานใหม่ ๆ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) อีกทั้งการจัดการกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีทักษะในการออกแบบ เน้นให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติได้ด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดสิ่งแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร โดยเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ควรเป็นเนื้อหาที่ใกล้ตัวนักเรียนสามารถ

นำความรู้ที่นำมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้วยการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน (วรรณารุ่งลักษณ์ศิริ, 2551)

เนื้อหาเรื่องพลังงานความร้อนเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันดังจะเห็นได้จากการนำความรู้เรื่อง พลังงานความร้อน มาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายเช่น ทางด้านอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการสร้างแผงผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (แผงโซลาร์เซลล์) การสร้างฉนวนป้องกันความร้อนภายในบ้าน เป็นต้น ทางด้านการเกษตร เช่น การสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบไข่ เป็นต้น ทางด้านความมั่นคงระหว่างประเทศ เช่น การสร้างกล้องอินฟราเรด ให้อสงความเคลื่อนไหวของฝ่ายตรงข้ามในเวลากลางคืน เป็นต้น (ประดับ นาคแก้ว, 2551) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า องค์ความรู้ เรื่องพลังงานความร้อน เป็นพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนหรือประชาชนควรรู้ โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้มีการบรรจุ เรื่องพลังงานความร้อน ไว้ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ในมาตรฐาน ว 2.3 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ถึงแม้ว่าแนวคิดเรื่อง พลังงานความร้อนจะมีความสำคัญ แต่จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่านักเรียนเป็นจำนวนมากประสบปัญหาการนำองค์ความรู้เรื่องพลังงานความร้อนไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับ Schachter (2012) ได้ทำการศึกษาให้นักเรียนในเกาหลีใต้ ที่มีอายุ 11 ปี ในการนำองค์ความรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน พบว่าในสถานการณ์จำลองการเก็บความเย็นของน้ำแข็งด้วยผ้าหนาและอะลูมิเนียมฟอยล์ ปรากฏว่านักเรียนเลือกที่จะใช้ผ้าหนาในการหุ้มน้ำแข็งแทนที่จะเลือกอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อน อีกทั้งจากงานวิจัยของ บุญสวน ศรีเชียงสา (2552) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยในเรื่อง พลังงานความร้อน อยู่ในเกณฑ์ต่ำ สาเหตุที่นักเรียนประสบปัญหาการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อน เนื่องจากการสอนของครูไม่ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541) จึงส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ไม่บรรลุผลตามจุดประสงค์ ซึ่งสอดคล้องกับ Bloom (1982) โดยระบุว่ากลไกสำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์ของการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดย

มุ่งหวังให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนานวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้และยังเป็นแนวทางในการวางรากฐานทางความคิดให้กับเยาวชน นำไปสู่การต่อยอดทางความคิดในอนาคต

คำถามของงานวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร
3. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่งผลต่อความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายในงานวิจัยไว้ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ความสำคัญของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งครูผู้สอนที่ใช้นี้นี้สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง หรือประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เรื่องอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 550 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 35 คน โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยการเลือกแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ทำการสอนในปีการศึกษา 2563 และด้วยบริบทของโรงเรียนจะกำหนดให้ครูผู้สอนสอนห้องเรียนเดิมตลอดปีการศึกษาซึ่งส่งผลให้นักเรียนดังกล่าวเป็นกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตัวแปรตาม

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย เป็นเนื้อหาเรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่อง ดังนี้

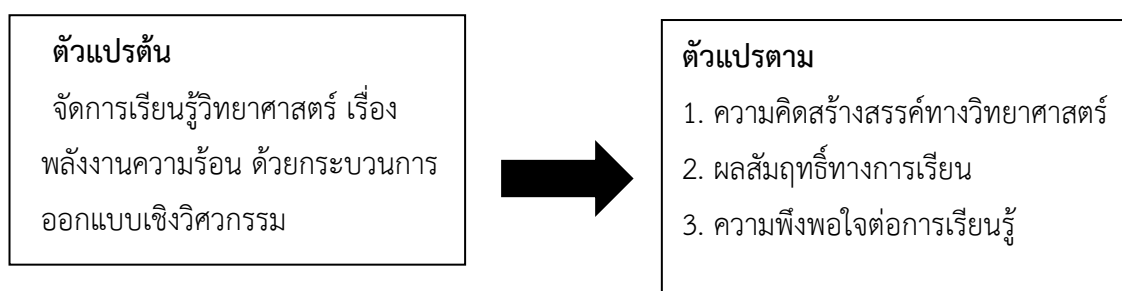
1. ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร (แบบจำลองอนุภาคของสสาร)
2. เทอร์โมมิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ
3. การถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการใช้ประโยชน์

ระยะเวลาที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษามูลค่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้ระยะเวลาในงานวิจัย 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง และประเมินผลก่อนและหลังเรียน 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 14 ชั่วโมง ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

กรอบแนวคิดของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษามูลค่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยจากการศึกษา การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ แสดงดังภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้การสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เนื้อหาเรื่องพลังงานความร้อนที่ปรากฏในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ 1) ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร (แบบจำลองอนุภาคของสสาร) 2) เทอร์โมมิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ 3) การถ่ายโอนพลังงาน ความร้อนและการใช้ประโยชน์ เพื่อต้องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้เรื่องละ 4 ชั่วโมง มีการประเมินก่อนและหลังเรียน 2 ชั่วโมง รวมใช้เวลา 14 ชั่วโมง โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจในปัญหาผ่านสถานการณ์เรื่องพลังงานความร้อนในชีวิตประจำวัน ที่ครูกำหนด เช่นการสร้างสถานการณ์ การชมสื่อวิดีโอ เป็นต้น โดยนักเรียนทำการวิเคราะห์ปัญหาและสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันรวบรวมข้อมูลแนวคิด และองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง พลังงานความร้อน ที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ หาข้อดีและข้อจำกัดของวิธีในการแก้ปัญหาแต่ละข้อ พร้อมทั้งตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหานั้น ๆ โดยจะต้องคำนึงถึงวัสดุและอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมให้ แล้วออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยเขียนเป็นแผนภาพหรือร่างภาพตามบริบทของปัญหานั้น ๆ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถวางแผนพร้อมทั้งเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา และระบุระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน อีกทั้งยังลงมือแก้ปัญหามาตามที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ได้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนนำชิ้นงานหรือวิธีการไปทดสอบ พร้อมทั้งประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาตั้งแต่แนวคิด ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการโดยนำเสนอให้เกิดความน่าสนใจต่อผู้ฟังและเข้าใจได้ง่าย โดยมีครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียนช่วยกันอภิปรายและเสนอแนะ

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงกระบวนการคิดหรือการกระทำในการแก้ปัญหาโดยสามารถคิดได้อย่างหลากหลาย ยืดหยุ่น ริเริ่ม และละเอียดลออ ทำให้เกิดสิ่งแปลกใหม่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้นโดยไม่ซ้ำแบบเดิมโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

2.1 ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Fluency) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดร่างแบบจำลอง อุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างคล่องแคล่ว ภายใน เวลาที่กำหนดโดยใช้อองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Flexibility) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบหรือทางเลือกที่หลากหลายไม่ซ้ำกันในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นเกี่ยวกับพลังงานความร้อนโดยสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับพลังงานความร้อนมาทำให้เกิดประโยชน์ได้

2.3 ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Originality) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อน มาวางแผนการคิด และอธิบายรูปแบบแปลกใหม่ คิดต่างจากผู้อื่น และการนำความรู้ประสบการณ์เดิมมาใช้ให้เกิดประโยชน์

2.4 ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Elaboration) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขผลงานให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถวางแผนและลงรายละเอียดในการคิดหรือประดิษฐ์แบบจำลองได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนโดยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้ด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของทอแรนซ์ (Torrance)

เป็นแบบวัดอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ข้อที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่วทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2 วัดความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 วัดความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และข้อ 4 วัดความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนแต่ละคนจะคิดจากผลบวกของคะแนนจากทั้ง 4 องค์ประกอบ แล้วนำมาเทียบเกณฑ์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางสมองของนักเรียนทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน จำนวน 40 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดความสามารถของนักเรียน 5 ด้าน ดังนี้

3.1 ด้านความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสมองในการ สะสมความรู้ กระบวนการ ความจริง หลักการ หรือประสบการณ์เดิมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจาก ครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

3.2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการ บรรยายหรือเขียนเรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการสรุป จับใจความ ขยายความ หรือการตีความ โดยใช้ถ้อยคำของตนเองแต่ยังคงมีความหมายคงเดิม โดยด้านความเข้าใจ

3.3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจต่าง ๆ ทั้งในเรื่องกฎหรือหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาใน ชีวิตประจำวันทั้งที่เคยพบเจอสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่เคยพบเจอสถานการณ์นั้น

3.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้สมอง แยกแยะ ไตร่ตรองเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถค้นหาความจริงที่อยู่ในเรื่องนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นส่วนย่อยได้ ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ มองเห็นเหตุและผลของ เรื่องราวนั้น

3.5 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประเมิน ค่า หรือตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อทางวิทยาศาสตร์ ทั้งกระบวนการ แนวคิด ข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งเหตุผลในการตัดสินคุณค่านั้น ๆ

4. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งวัดจาก แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนการสอน ด้านการใช้สื่อการเรียนการ

สอน และด้านการวัดผลและประเมินผล ด้านละ 5 ข้อ รวม 20 ข้อ โดยมีระดับความพึงใจ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

5. ผลการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ที่เกิดจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบ วิศวกรรม ที่สามารถวัดได้จาก ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ด้วยเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

สมมติฐานของงานวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ในระดับมากขึ้นไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดตามลำดับดังต่อไปนี้

1. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สาระสำคัญของหลักสูตร

1.2 คุณภาพของนักเรียน

1.3 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.4 แนวคิดเรื่อง พลังงานความร้อน

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

2.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.3 ความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.5 ทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.6 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.4 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.5 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.5.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.5.2 บทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

- 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
- 4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
- 4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

5. ความพึงพอใจ

- 5.1 ความหมายและความสำคัญของความพึงพอใจ
- 5.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
- 5.3 การวัดความพึงพอใจ



1. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สาระสำคัญของหลักสูตร

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นหลักสูตรที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับสภาพการณ์การเปลี่ยนแปลงของโลกได้เป็นอย่างดี (ชูจิตต์ เหล่าเจริญสุข, 2548) โดยมีจุดมุ่งหมายเมื่อนักเรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐานในระยะเวลา รวม 12 ปี จะมีคุณภาพของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ โดยได้แบ่งนักเรียนเป็น 4 ช่วงชั้นประกอบด้วย ช่วงชั้นที่ 1 คือระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 2 คือระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ช่วงชั้นที่ 3 คือระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และช่วงชั้นที่ 4 คือระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ซึ่งเป็นไปตามระดับพัฒนาการของนักเรียน โดยสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตร จะประกอบด้วย องค์ความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน (กรมวิชาการ, 2545) นอกจากนี้ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ซึ่งเป็นแผนหลักของการพัฒนาประเทศ ได้มีการระบุการเตรียมพร้อมด้านกำลังคนและการเสริมสร้างศักยภาพของประชากรในทุกช่วงวัย เพื่อให้เติบโตอย่างมีคุณภาพ และมุ่งเน้นพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ของคนในแต่ละช่วงวัยตามความเหมาะสม ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสอดคล้องกับ นโยบาย Thailand 4.0 ซึ่งเป็นนโยบายการปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ได้เสนอระบบการเรียนการสอนแบบใหม่ หรือที่เรียกว่า Education 4.0 โดยนโยบายนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมและพัฒนาเทคโนโลยี (ณัฐพร เห็นเจริญเลิศ, 2559) เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการปรับเปลี่ยนจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางสู่ประเทศที่มีรายได้สูง ซึ่งการสร้างนวัตกรรมนั้นต้องอาศัยกำลังของพลเมืองในประเทศที่สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ มีจินตนาการ มีความคิดสร้างสรรค์ และใช้สื่อเทคโนโลยีได้ (Boric, 2017: 28) โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ประกอบด้วย 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศ แต่ได้มีการมุ่งเน้นเนื้อหาให้มีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลง และความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาชนโลกได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการ

เรียนรู้อิทธิพลศาสตร์ได้มีการระบุสาระสำคัญของหลักสูตรที่มีการเน้นย้ำให้สอดคล้องกับ Thailand 4.0 คือกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ดังนี้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

1.1 จัดกลุ่มความรู้ใหม่และนำทักษะกระบวนการไปบูรณาการกับตัวชี้วัด เพื่อเน้นให้นักเรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21

1.2 กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดสำหรับนักเรียนให้เป็นพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และการศึกษาต่อระดับที่สูงขึ้น

1.3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กำหนดตัวชี้วัดเป็นขั้นบันได เพื่อเป็นแนวทางให้สถานศึกษาจัดตามลำดับการเรียนรู้

2. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มสาระเทคโนโลยี โดยประกอบด้วยเนื้อหาการออกแบบ และเทคโนโลยี และวิทยาการคำนวณ ทั้งนี้ ยังสามารถบูรณาการสาระทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี กับกระบวนการเชิงวิศวกรรม ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้อีกด้วย

3. สาระภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ได้ปรับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดให้มีความชัดเจนสอดคล้องกับพัฒนาการตามช่วงวัย มีองค์ความรู้ที่เป็นสากล เพิ่มความสามารถ ทักษะ และกระบวนการทางภูมิศาสตร์ที่ชัดเจนขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ถึงความสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มุ่งเน้นการปรับเนื้อหาให้มีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลก และความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ สามารถเกิดทักษะทางการคิดซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 รวมถึงการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย

1.2 คุณภาพนักเรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 สาระ วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ

ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยองค์ประกอบของหลักสูตรไม่ว่าจะเป็นเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดประเมินผล การเรียนรู้ล้วนมีความสำคัญในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีความเชื่อมโยงกันทั้งสิ้น จึงได้มีการกำหนดคุณภาพของนักเรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 3 กล่าวคือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ควรมีความรู้ทักษะรวมถึงกระบวนการและจิตวิทยาศาสตร์ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.2.1 เข้าใจลักษณะองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์ทั้งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม และตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงทางพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพรวมถึงเข้าใจปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนิเวศ และการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

1.2.2 เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสารการเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม

1.2.3 เข้าใจการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ โมเมนต์ของแรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน สนามของแรง ความสัมพันธ์ของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ของปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.2.4 เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ แสง การสะท้อน การหักเหของแสงและทัศนอุปกรณ์

1.2.5 เข้าใจการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การเกิดฤดู การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศและความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ

1.2.6 เข้าใจลักษณะของชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบปัจจัยที่มีต่อลมฟ้าอากาศ การเกิดและผลกระทบของพายุคะนอง พายุหมุนเขตร้อน การพยากรณ์อากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก กระบวนการเกิดเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และการใช้ประโยชน์ พลังงาน

ทดแทนและการใช้ประโยชน์ ลักษณะโครงสร้างภายในโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก ลักษณะชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน กระบวนการเกิดและผลกระทบของภัยธรรมชาติและธรณีพิบัติภัย

1.2.7 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

1.2.8 นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

1.2.9 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุ และเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

1.2.10 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบจากพยานหลักฐานโดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมาย และลงข้อสรุปและสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

1.2.11 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม

1.2.12 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

1.2.13 แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการดูแลรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

จะเห็นได้ว่าหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งส่งเสริมคุณภาพนักเรียน ทั้งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะต่าง ๆ รวมถึงกระบวนการและจิตวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทักษะกระบวนการที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นพลเมืองที่สามารถร่วมกันพัฒนาประเทศไทยแลนด์ 4.0 ในการสร้างนวัตกรรมและพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการปรับเปลี่ยนจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางสู่ประเทศที่มีรายได้สูงได้อีกด้วย

1.3 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากการกำหนดคุณภาพของนักเรียนในตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ยังได้มีการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จึงได้มีการกำหนดเป้าหมายที่สำคัญดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.3.1 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

1.3.2 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

1.3.3 เพื่อให้นักเรียนมีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

1.3.4 เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

1.3.5 เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

1.3.6 เพื่อให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

1.3.7 เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่ายังคงประกอบด้วย 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศเช่นเดิม แต่ได้มีการปรับเปลี่ยน 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คือกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม และเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนพัฒนาความคิด ทั้งคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ และยังมีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาชนโลกได้ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างมาก ในการมุ่งพัฒนาคนให้สามารถสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ได้ จึงได้นำสาระการเรียนรู้มาศึกษาเพื่อให้สามารถนำมาพัฒนานักเรียนได้ ซึ่งสาระที่เป็นพื้นฐานขององค์ความรู้ในการนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันมากที่สุดคือ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ผู้วิจัยจึงได้นำสาระการเรียนรู้ที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

1.4 แนวคิดเรื่อง พลังงานความร้อน

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 สาระ วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยสาระสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้ง 4 สาระต่างมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดการ

เชื่อมโยงความรู้อีกกับกระบวนการ อีกทั้งยังใช้กระบวนการในการค้นคว้าหรือสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นสามารถลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้เหมาะสมกับระดับชั้นนั้น ๆ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2551: 11-15) นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นระดับชั้นในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) ถือได้ว่าเป็นระดับชั้น ที่นักเรียนจะต้องมีองค์ความรู้พื้นฐานที่ดีเพื่อสามารถต่อยอดหรือเชื่อมโยงองค์ความรู้ในระดับชั้นที่สูงขึ้นได้ (พวงเพชร อาษาราช. 2556) กล่าวคือหากนักเรียนมีความรู้ทักษะและกระบวนการของสาระสำคัญทั้ง 4 สาระที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใกล้ตัวของนักเรียนแล้วนั้นจะยิ่งทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้กับชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี โดยสาระที่นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันอีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของความรู้เรื่องอื่น ๆ ได้คือ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ (เกษศิรินทร์ วรณวงศ์. 2556: 14) โดยผู้วิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้กำหนดมาตรฐานและตัวชี้วัดของสาระที่ 2 ดังนี้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปฏิกิริยาการแผ่รังสีเกี่ยวกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังตาราง ตาราง 1 ตารางแสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$ (ว 2.3 ม.1/1)	- เมื่อสสารได้รับหรือสูญเสียความร้อนอาจทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ เปลี่ยนสถานะ หรือเปลี่ยนรูปร่าง - ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิขึ้นกับมวล ความร้อนจำเพาะ และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป - ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะขึ้นกับมวล
2. ใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสสาร (ว 2.3 ม.1/2)	และความร้อนแฝงจำเพาะ โดยขณะที่สสารเปลี่ยนสถานะ อุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง

ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
3. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน (ว 2.3 ม.1/3)	- ความร้อนทำให้สสารขยายตัวหรือหดตัวได้เนื่องจากเมื่อสสารได้รับความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้เกิดการขยายตัว แต่เมื่อสสารคายความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้เกิดการหดตัว
4. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (ว 2.3 ม.1/4)	- ความรู้เรื่องการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนนำไปใช้ประโยชน์ได้ด้านต่าง ๆ เช่น การสร้างถนน การสร้างรางรถไฟ การทำเทอร์มอมิเตอร์
5. วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนโดยใช้สมการ $Q_{\text{สูญเสีย}} = Q_{\text{ได้รับ}}$ (ว 2.3 ม.1/5)	- ความร้อนถ่ายโอนจากสสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจนกระทั่งอุณหภูมิของสสารทั้งสองเท่ากัน เรียกว่า สมดุลความร้อน 5.2 เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนจากสสารที่มีอุณหภูมิต่างกันจนเกิดสมดุลความร้อน ความร้อนที่เพิ่มขึ้นของสสาร
6. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน (ว 2.3 ม.1/6)	- การถ่ายโอนพลังงานความร้อนมี 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนที่อาศัยตัวกลาง โดย
7. ออกแบบ เลือกใช้ และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน (ว 2.3 ม.1/7)	ที่ตัวกลางเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง - ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน สามารถใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การเลือกใช้อัฒมาหาชนะบรรจุอาหาร หรือการออกแบบระบบระบายความร้อนในอาคาร

จากตาราง 1 แสดงสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เป็นสาระที่ใกล้ตัวนักเรียน เป็นอย่างมาก กล่าวคือสามารถส่งผลให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ ใน มาตรฐาน 2.3 มุ่งเน้นการทำความเข้าใจพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน โดยมีการมุ่งเน้นให้นักเรียน สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปปรับใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ดังจะเห็นได้ในตัวชี้วัดที่ 3, 6 และ 7

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักการศึกษาและนักวิจัยได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity Thinking) หมายถึง ความสามารถของสมองที่มีอยู่ในตัวบุคคลในการคิดหาคำตอบ (สุวิทย์ มูลคำ, 2547: 9) กล่าวคือเป็นกระบวนการทางความคิดที่ไวต่อปัญหาของบุคคลหรือไวต่อการจำแนกสิ่งต่าง ๆ (Torrance, 1962) โดยสมองจะมีความสามารถในการคิดที่ไวต่อการแก้ปัญหา กล่าวคือสามารถแยกความคิดย่อยออกจากความคิดหลักได้เพื่อใช้เป็นวิธีในการแก้ปัญหา (Guilford, 1967) ซึ่งการแก้ปัญหาก็ต้องอาศัยจินตนาการ เพื่อประดิษฐ์คิดค้นหรือรังสรรค์ชิ้นงานอีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ เมื่อระลึกถึงสิ่งใดก็สามารถเชื่อมโยงให้ระลึกถึงสิ่งอื่นได้ เช่น เมื่อนึกถึงดินสอก็สามารถนึกถึงปากกา ยางลบ ไม้บรรทัด ได้ เป็นต้น (Osborn, 1963) อย่างไรก็ตาม ความคิดสร้างสรรค์ยังเป็นความคิดที่เป็นอเนกนัย กล่าวคือ เป็นความคิดที่สามารถคิดได้หลายทิศทาง และหลายแง่มุม สามารถนำความคิดนั้นมาบูรณาการกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวได้ ความคิดอเนกนัยมีองค์ประกอบคือ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) (Guilford, 1967)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์หมายถึง กระบวนการคิดในการแก้ปัญหาที่ทำให้เกิดสิ่งใหม่ผสมผสานกับประสบการณ์เดิม จนเกิดองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ได้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) ได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีความหมายเช่นเดียวกับความคิดสร้างสรรค์ กล่าวคือ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็น กระบวนการคิดหรือการกระทำของบุคคลในการแก้ปัญหาให้เกิดผลผลิตต่าง ๆ (สมสุข ธีระไพจิตร. 2537) โดยสามารถคิดได้อย่างหลากหลาย ทำให้เกิดสิ่งแปลกใหม่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้นโดยไม่ซ้ำแบบเดิม (สมพาน พรหมโสภา. 2548: 16) แต่อย่างไรก็ตามความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา คำนวณ รวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือความรู้ใหม่ อีกทั้งยังมุ่งเน้นให้เกิดความรู้เริ่มทางความคิดและมุ่งพัฒนาความคิดให้ได้มาซึ่งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์โดยสามารถจำแนกลักษณะออกเป็น 2 ประการ คือ ความใหม่ (Originality) และความสวยงามหรือด้านศิลปะ (Artistic) (Pitz and Sund, 1974) องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามแนวคิดของ Guilford ประกอบด้วย ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (Guilford, 1967): Pilg & Sund. 1974: 1; ทศนิยมบุญเดิม. 2526: 3; อัคริย์ วินิจัยกุล. 2549: 35)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงกระบวนการคิดหรือการกระทำในการแก้ปัญหาโดยสามารถคิดได้อย่างหลากหลาย ยืดหยุ่น ริเริ่ม และละเอียดลออ ทำให้เกิดสิ่งแปลกใหม่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้นโดยไม่ซ้ำแบบเดิมโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหานั้น ๆ

2.3 ความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังตารางที่ 2 ((Torrance, 1962) 16; Guilford. 1967: 470; Wallach & K Sund. 1974: 1; ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. 2545: 16; ทศนิยม บุญเดิม. 2526: 3; อารี พันธุ์มณี. 2540: 6; อัคริย์ วินิจัยกุล. 2549: 35)

ตาราง 2 วิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความเหมือน	ความต่าง
1.เป็นกระบวนการคิดของสมองที่มีอยู่ในตัวบุคคล อย่างน้อยแตกต่างกัน	1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักเหตุและผลในการคิดแก้ปัญหา
2.สามารถคิดได้อย่างหลากหลายหรือคิดได้อย่างเป็นอเนกนัยคือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ	2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องคิดโดยอาศัยหลักการทางหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเกี่ยวข้องในการแก้ปัญหานั้น ๆ
3.กระบวนการคิดทำให้เกิดผลผลิตได้แก่องค์ความรู้หรือชิ้นงานใหม่ๆเกิดขึ้น	3. องค์ความรู้หรือชิ้นงานที่เกิดขึ้นมีประโยชน์ใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องตามหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
4.เป็นการคิดที่ต้องอาศัยจินตนาการ	4. เกิดผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตทางความคิดหรือผลผลิตทางสิ่งประดิษฐ์
5.เป็นการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ หลักการนำไปสู่การแก้ปัญหาที่แตกต่างจากผู้อื่น	

จากตารางที่ 2 วิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นการขยายความจากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการเพิ่มสาระสำคัญคือการใช้องค์ความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือความรู้ใหม่ที่มีประสิทธิภาพ มาผนวกเข้าไป โดยผลผลิตที่เกิดขึ้นเป็นผลผลิตทางความคิด หรือสิ่งประดิษฐ์

2.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ที่ควรมุ่งพัฒนาให้แก่เยาวชน และบุคคลในชาติ (Partnership for 21st Century Skills, 2015) ดังจะเห็นได้จากทุกประเทศล้วนต้องการพัฒนาคนให้มีความคิดสร้างสรรค์ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ต้องการคนที่มีความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมในการพัฒนาประเทศ (Land. 2013: 547) นอกจากนี้

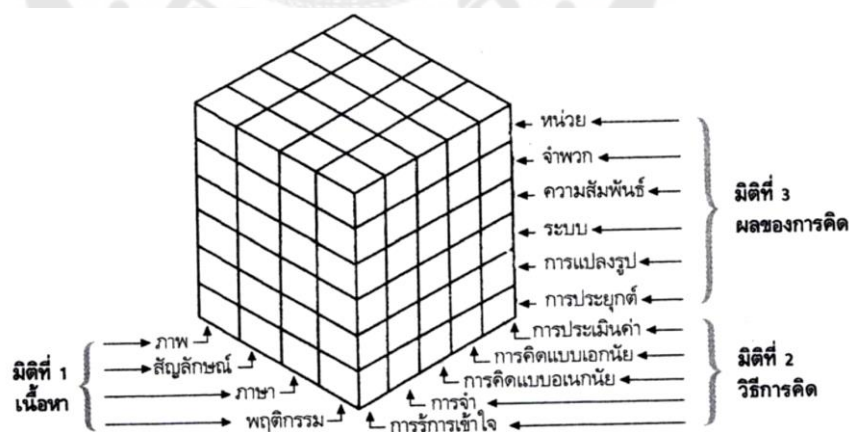
ประเทศเกาหลีใต้ได้เร่งพัฒนาคนในประเทศให้มีความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เพื่อแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนและสามารถใช้ความรู้แบบบูรณาการในการแก้ปัญหาได้ (Kim, 2016) โดยความคิดสร้างสรรค์สามารถช่วยแก้ปัญหาในการทำงานหรือในชีวิตประจำวันได้ กล่าวคือ สามารถสร้างงานให้มีความใหม่และไม่ซ้ำใคร (Sternberg and Lubart, 1995: 89) หากทำการส่งเสริมให้เยาวชนในชาติมีความคิดสร้างสรรค์แล้วจะทำให้ประเทศชาติเกิดการพัฒนาและเจริญก้าวหน้าได้ในทุก ๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ สามารถสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ส่งขายทั้งในและนอกประเทศ หรือทางด้านสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยลดการใช้สิ่งของที่ทำลายสิ่งแวดล้อมได้ เป็นต้น (กรกนก พากิ่ง, 2558) อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้ระบุความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของนักเรียน นอกจากนี้จากนโยบาย Thailand 4.0 ซึ่งเป็นนโยบายการปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ได้เสนอระบบการเรียนการสอนแบบใหม่ หรือที่เรียกว่า Education 4.0 โดยนโยบายนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมและพัฒนาเทคโนโลยี (ณัฐพร เทนเจริญเลิศ, 2559) เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการปรับเปลี่ยนจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางสู่ประเทศที่มีรายได้สูง ซึ่งการสร้างนวัตกรรมนั้นต้องอาศัยกำลังของพลเมืองในประเทศที่สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ มีจินตนาการ มีความคิดสร้างสรรค์ และใช้สื่อเทคโนโลยีได้ (Boric, 2017: 28) โดยความคิดสร้างสรรค์จะสามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบได้นั้นจะต้องอาศัยองค์ความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา (อัษฎิณี วิณิชชัยกุล, 2549: 35) จะเห็นได้ว่าทั้งวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่ขาดกันไม่ได้ (Marzano, 1988) ดังนั้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นทักษะที่จำเป็นต้องพัฒนาให้นักเรียนสามารถผลิตหรือคิดนวัตกรรมเพื่อนำไปแก้ปัญหาหรือต่อยอดพัฒนาประเทศได้ในอนาคต กล่าวคือ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะสามารถรังสรรค์ตนเองและสิ่งที่อยู่รอบข้างให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม จากจินตนาการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกทั้งจะช่วยให้บุคคลนั้นประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ การส่งเสริมหรือช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้บุคคลนั้นใช้ความสามารถของตนในการพัฒนาองค์ความรู้หรือชิ้นงานให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ และส่งเสริมภาวะทางสุขภาพจิตที่ดีอีกด้วย โดยเฉพาะในวัยเด็กหากสุขภาพจิตดีย่อมส่งผลถึงการมีสติสัมปชัญญะและความสามารถในการใช้ปัญญาในการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์ในทางที่ดีต่อตนเองและสังคมส่วนรวมได้อย่างเต็มที่ (Bill, 1971: 417 – 421; ประพนธ์ศิริ สุเสารัจ, 2552: 186; อารี พันธุ์มณี, 2557)

ดังนั้นหากบุคคลใดมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะถือเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมส่วนรวมเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุผลดังกล่าวความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงควรที่จะได้รับการพัฒนา ให้ความสนใจและสนับสนุนเพื่อให้บุคคลนั้นสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและเป็นบุคคลที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมต่อไป

2.5 ทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรมและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะคล้ายกับความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นแนวคิดทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงมีลักษณะเช่นเดียวกับทฤษฎีของความคิดสร้างสรรค์ โดยสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการที่ได้รับความนิยมจำนวน 3 ท่าน คือทฤษฎีโครงสร้างสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford) ทฤษฎีของทอร์เรนซ์ (Torrance) และทฤษฎีของวอลลาซ และโคแกน (Wallach & Kogan) โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Guilford. 1998: 46; Torrance.1973: 91-95; Wallach and Kogan. 1965; ญัฐพงษ์ เจริญทิพย์. 2542: 117

1. ทฤษฎีโครงสร้างของกิลฟอร์ด (Guilford. 1998: 46) นักจิตวิทยาชาวอเมริกา ที่มีชื่อเสียงด้านการศึกษาสติปัญญาของมนุษย์ได้อธิบายโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองไว้ 3 มิติ ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบ 2 แบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด (Guilford)

ที่มา : อารี พันธุ์มณี (2547: 30)

จากแบบจำลองโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ทำให้ทราบการแบ่งสมรรถภาพทางสมองออกเป็น 3 มิติ คือ มิติของเนื้อหา มิติของวิธีการคิด และมิติผลของการคิด โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Guilford. 1998: 46)

มิติที่ 1 เนื้อหา (Contents) หมายถึง มิติที่แทนด้วยเนื้อหา ข้อมูลต่าง ๆ หรือสิ่งเร้า ที่สมองรับเข้าไป แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ ภาพ สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม

มิติที่ 2 วิธีการคิด (Operation) หมายถึง กระบวนการคิด หรือกระบวนการทำงานของสมอง แบ่งเป็น 5 ลักษณะดังนี้ การเรียนรู้การเข้าใจ การจำ การคิดแบบอนैनัย (กระบวนการคิดตอบสนองได้หลายรูปแบบ) การคิดแบบเอกนัย (กระบวนการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุด) และการประเมินค่า

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Product) หมายถึง ผลผลิตที่ได้จากการคิดจากมิติที่ 1 และมิติที่ 2 จะได้ผลออกมาในมิติที่ 3 แบ่งออกเป็น 6 ลักษณะ คือ หน่วย (คุณสมบัติเฉพาะตัว) จำพวก (จำแนกเป็นกลุ่ม) ความสัมพันธ์ (ผลการเชื่อมโยงหน่วยหรือกลุ่ม) ระบบ (การจัดประเภทให้เป็นแบบแผน) การแปลงรูป (การจัดองค์ประกอบใหม่) การประยุกต์ (นำข้อมูลไปขยาย)

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด ได้อธิบายองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถในการคิดได้หลายทิศทาง ที่เรียกว่า คิดอเนกนัย (Divergent Thinking) ได้อธิบายองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 องค์ประกอบดังนี้ (Guilford. 1998: 53)

1. ความคิดคล่อง (Fluency Thinking) หมายถึงความสามารถในการสร้างความคิดที่แตกต่างและหลากหลาย ได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณมากภายในระยะเวลาที่กำหนดซึ่งเป็นการคิดที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างมีคุณภาพ วัดได้จากคะแนนการนับจำนวนของคำตอบทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย

1.1 ความคิดคล่องแคล่วในด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำสามารถสื่อความคิดได้อย่างคล่องแคล่วและรวดเร็ว

1.2 ความคล่องแคล่วทางด้านการโยงความสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถในการคิดสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ภายในเวลาที่กำหนด เช่น พูดถึงปากกาสามารถคิดเชื่อมโยงสิ่งที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้ ดินสอ ยางลบ ไม้บรรทัด เป็นต้น

1.3 ความคิดคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการคิดใช้วลี หรือประโยค แล้วนำคำหรือประโยคนั้นมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เช่น

มีคำห้ำหำ (ไต่ะ ของแข็ง มี เป็น สถานะ) ให้เรียงคำดังกล่าวเป็นประโยคที่สมบูรณ์และมีความหมาย เมื่อเรียงใหม่จะได้ว่า ไต่ะมีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งเป็นประโยคที่สมบูรณ์และมีความหมายชัดเจน

1.4 ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด ความคิดคล่องแคล่วในการคิดมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กล่าวคือปัญหาทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีการตั้งสมมติฐานหลายข้อและทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น ๆ ว่าสมมติฐานใดสามารถแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility Thinking) หมายถึงความสามารถในการคิดหาคำตอบที่หลากหลายไม่ซ้ำกัน สามารถปรับความคิดให้เข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์เดิมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ความคิดยืดหยุ่นเป็นตัวช่วยให้ความคิดคล่องมีความแปลก ไม่ซ้ำซาก ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการคิดให้มากขึ้น วัดได้จากการนับจำนวนคำตอบที่ไม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน หรือคำตอบที่อยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน โดยความคิดยืดหยุ่นแบ่งออกเป็น

2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่าง เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ เช่นเมื่อมองเห็นขวดน้ำนักเรียนจะระบุประโยชน์ของขวดน้ำให้ได้มากที่สุด บุคคลที่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถคิดได้ว่าประโยชน์ของขวดน้ำมีอะไรบ้าง โดยสามารถคิดได้หลายอย่าง และหลากหลายทิศทาง ซึ่งหากบุคคลใดที่ไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถคิดได้เพียงหนึ่งหรือสองอย่างเท่านั้น

2.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถในการคิดได้อย่างหลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ เช่น เมื่อท่านเห็นขวดน้ำ ท่านสามารถจะใช้ขวดน้ำทำอะไรได้บ้างให้เวลา 5 นาที บุคคลที่มีความคิดยืดหยุ่นสามารถตอบได้อย่างหลากหลายและหลายทิศทาง แนวคำตอบ เครื่องกรองน้ำอย่างง่าย โคมไฟประหยัดพลังงาน แจกันรดโลกร้อน แก้วต้มน้ำพร้อมฝาปิด กระถางต้นไม้รดน้ำอัตโนมัติ แก้วที่ทนแรงกด ไต่ะฝาขวดน้ำ กล้องดินสอพร้อมฝาปิด ต่างหุฝาขวดน้ำ กีบติดผมพลั่วแรงลม นำคำตอบดังกล่าวมาจัดเป็นประเภทสามารถจัดได้ทั้งหมด 4 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 เฟอริเจอร์และของตกแต่งบ้าน คือ แจกันรดโลกร้อน กระถางต้นไม้รดน้ำอัตโนมัติ แก้วที่ทนแรงกด ไต่ะฝาขวดน้ำ

ประเภทที่ 2 เครื่องใช้ คือ เครื่องกรองน้ำอย่างง่าย โคมไฟประหยัดพลังงาน แก้วต้มน้ำพร้อมฝาปิด

ประเภทที่ 3 เครื่องประดับ คือ ต่างหูฝาขวดน้ำ กีบติดผมพลั่วแรงลม

ประเภทที่ 4 เครื่องเขียน คือ กล้องดินสอพริ้นท์

3. ความคิดริเริ่ม (Originality Thinking) หมายถึงความสามารถในการคิดที่แปลกและใหม่ เกิดจากการนำความรู้เดิมมาดัดแปลงวางแผนการคิดให้เกิดสิ่งใหม่เช่น การคิดประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ได้สำเร็จซึ่งได้แนวคิดมาจากการนำเลนส์ 2 เลนส์มาประกอบเป็นกล้อง เป็นต้น ความคิดริเริ่ม เป็นความคิดที่แปลก และแตกต่างต้องอาศัยการกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของบุคคลนั้น ๆ วัดได้จากความถี่ของคำตอบ

4. ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (Elaboration Thinking) หมายถึงความสามารถในการคิดให้เห็นถึงรายละเอียดซึ่งสามารถขยายความคิดหลักได้ สามารถวัดได้จากการขยายคำตอบของความคิดคล่อง จากทฤษฎีโครงสร้างและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกิลฟอร์ด จะอธิบายโครงสร้างกระบวนการทำงานของสมองออกเป็น 3 มิติ คือ มิติของเนื้อหา มิติของวิธีคิด และมิติผลของการคิด และองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

2. ทฤษฎีของทอร์เรนซ์ (Torrance.1973: 91-95) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็น กระบวนการ ของความรู้สึกที่ไวต่อปัญหา โดยสมองจะพยายามที่จะหาคำตอบในการแก้ไขปัญหา อีกทั้งยังพยายามที่จะสื่อความหมายนั้นให้ผู้อื่นเข้าใจ ทอเรนซ์ได้แบ่งกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ 5 ขั้น ดังนี้

- ขั้นที่ 1 การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) การค้นหาที่มาของปัญหา
- ขั้นที่ 2 การค้นพบปัญหา (Problem Finding) สามารถระบุปัญหาได้
- ขั้นที่ 3 การค้นพบแนวคิด (Idea Finding) การคิดตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบความคิด
- ขั้นที่ 4 การค้นพบคำตอบ (Solution Finding) ทดสอบสมมติฐาน
- ขั้นที่ 5 การยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance Finding) ยอมรับคำตอบที่ค้นพบ

โดยทอร์เรนซ์ (Torrance) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ ได้แบ่งองค์ประกอบไว้ 4 องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียดองค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency Thinking) คือความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย ทั้งความคิดทางภาษาการพูดและท่าทาง วัดได้จากปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility Thinking) คือความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย โดยการคิดได้หลายแง่มุม ฝึกละความรู้ และประสบการณ์เดิมให้เกิดประโยชน์ วัดได้จากการจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบ

3. ความคิดริเริ่ม (Originality Thinking) คือความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดเดิม และแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น วัดได้จากความถี่ของคำตอบ

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration Thinking) คือ ความสามารถที่จะใส่รายละเอียด หรือปรับปรุงพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น วัดได้จากรายละเอียดของคำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความชัดเจนของคำตอบมากยิ่งขึ้น

จากทฤษฎีโครงสร้างและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ ทอเรนซ์ (Torrance) ซึ่งได้กล่าวถึงความไวของสมองต่อการแก้ปัญหา ซึ่งได้แบ่งกระบวนการคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 5 ขั้นตอน คือการค้นหาข้อเท็จจริง การค้นพบปัญหา การค้นพบแนวคิด การค้นพบคำตอบ และการยอมรับผลจากการ และองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

3. ทฤษฎีของวอลลาซ และโคแกน (Wallach & Kogan)

เป็นการค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ ว่าเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากสิ่งหนึ่งไปอีกสิ่งหนึ่ง โดยจำแนกกระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (Wallach & Kogan. 1965: 19)

ขั้นที่ 1. ขั้นเตรียม (Preparation) การเตรียมข้อมูลที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นข้อมูลดิบที่ยังไม่มีการจัดระบบของข้อมูล

ขั้นที่ 3. ขั้นความคิดกระจ่าง (Illumination) เป็นขั้นที่ข้อมูลได้ถูกจัดระบบเรียบร้อยแล้ว

ขั้นที่ 4. ขั้นทดสอบความคิด (Verification) เป็นขั้นสุดท้ายของความคิดที่จะพิสูจน์ความคิดเหล่านั้นว่าถูกต้องหรือไม่

ทฤษฎีของวอลลาซ และโคแกน (Wallach & Kogan) ได้มีการระบุเพียงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นเตรียม ขั้นการฟักตัว ขั้นความคิดกระจ่าง และขั้นทดสอบความคิด แต่ไม่ได้มีการอธิบายหรือจำแนกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้

จากทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ได้ 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องมีความเชื่อมโยงระหว่างกัน ไม่เน้นความคิดเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น โดยงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน ตามแนวคิดของ ทอร์เรนซ์ เนื่องจาก ทั้งทฤษฎีและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ มีความครอบคลุมเข้ากับบริบทการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ สามารถนำไปใช้ได้ง่ายมากกว่าของ กิลฟอร์ด เนื่องจากมีแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เพียง 3 ด้านคือ ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม และความคิดยืดหยุ่นเท่านั้น ส่วนความคิดละเอียดลออ กิลฟอร์ด เห็นว่าสามารถวัดได้จากความคิดคล่องแล้ว ซึ่งในการนำไปใช้จริงในห้องเรียนจะวัดได้ค่อนข้างยากจึงได้เลือกใช้แนวคิดของ ทอร์เรนซ์

ถ้านำความคิดสร้างสรรค์มาผสานกับวิทยาศาสตร์ก็จะมีองค์ประกอบไม่ต่างจากความคิดสร้างสรรค์แบบธรรมดา ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Fluency) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดร่างแบบจำลอง อุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างคล่องแคล่ว ภายใน เวลาที่กำหนดโดยใช้ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Flexibility) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบหรือทางเลือกที่หลากหลายไม่ซ้ำกันในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นเกี่ยวกับพลังงานความร้อนโดยสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับพลังงานความร้อนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Originality) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อน มาวางแผนการคิด และอธิบายรูปแบบแปลกใหม่ คิดต่างจากผู้อื่น และการนำความรู้ ประสบการณ์เดิมมาใช้ให้เกิดประโยชน์

4. ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Elaboration) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขผลงานให้มี

ความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถวางแผนและลงรายละเอียดในการคิดหรือประดิษฐ์แบบจำลองได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

2.6 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ครูผู้สอนต้องจัดสภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศในการเรียนการสอนให้เหมาะสม ไม่ปิดกั้นความคิดของนักเรียน กล่าวคือการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับนักเรียนจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นอีกทั้งสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบไม่กำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมได้ด้วยตนเอง (ยงยุทธ สายคง. 2527: 45; ศิริอร ไข่มุกพิรัตน์. 2527: 7) โดยครูผู้สอนจะต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยให้โอกาสแสดงความคิด การกระทำ และมีอิสระที่จะเรียนรู้ด้วยตนเอง (นิธิดา สีทองคำ. 2549: 43) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จะมีหลักการเช่นเดียวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่มุ่งในแนวทางที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยมีข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ (Torrance. 1946: 87; อารี พันธุ์มณี .2557: 46; ญัฐนิชา เต็มสินวานิช. 2550: 37-38; วณิดา สีทองคำ. 2549: 42; สุคนธ์ สินธพา. 2551: 34-35; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. 2556: 224-226)

2.6.1 ปลูกฝังให้เด็กมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ หรือมีความชอบและเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทนมุ่งมั่น การมีใจกว้างและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัย กระตือรือร้น หาคำตอบ และยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือมีเหตุผลเพียงพอซึ่งคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ดังกล่าว สอดคล้องกับลักษณะของผู้มีความคิดสร้างสรรค์

2.6.2 สร้างลักษณะนิสัยความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ตั้งแต่วัยเด็ก เช่นสังเกตเกี่ยวกับบรรยากาศรอบ ๆ ตัว การพูดคุยกับเด็กถึงเรื่องราวต่าง ๆ ทั้งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

2.6.3 จัดหาสื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อย่างง่าย และปลอดภัยสำหรับเด็กเพื่อทดลองศึกษาในสิ่งที่เด็กสนใจ โดยอาจเป็นของเล่นที่สามารถถอดประกอบได้ หรือเอกสารหนังสือที่เกี่ยวข้องกับชีวประวัติและการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงความพยายาม จินตนาการ และความสามารถในการประดิษฐ์สิ่งที่ไม่ถึง หรือไม่ซ้ำใคร

2.6.4 สนับสนุนให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ค่ายวิทยาศาสตร์ ชุมนุมวิทยาศาสตร์ หรือทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการคิดที่กว้างขวางไม่ยึดติดกับความคิดเดิมหรือประสบการณ์เดิม

2.6.5 ให้นักเรียนได้เห็นตัวอย่างการปรับปรุง หรือดัดแปลงวัสดุต่าง ๆ จากผู้ใหญ่อาจเป็นวัสดุเหลือใช้นำมาดัดแปลง และควรให้มีส่วนร่วมในการทำงานเพื่อให้ได้เกิดความรู้ภาคภูมิใจในผลงานที่สำเร็จของตนเอง

2.6.6 ฝึกให้นักเรียนได้ลองสร้าง ปรับปรุง หรือดัดแปลงสิ่งของที่อยู่รอบตัวเพื่อแก้ปัญหา มาผลิตเป็นชิ้นงานของตนเอง

2.6.7 จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าคิด กล้าทำ อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์กับสิ่งของที่อยู่รอบตัว

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลากหลาย โดยเริ่มจากการที่ให้นักเรียนมองสิ่งที่อยู่รอบตัวให้มีความแปลกใหม่ เพื่อจุดประกายให้เกิดการพัฒนา จัดสภาพแวดล้อมให้มีความน่าสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม สนับสนุนให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง จัดกิจกรรมที่เป็นกลุ่มส่งเสริมการระดมความคิดเป็นกลุ่มจะทำให้นักเรียนเกิดความสุขสนุกสนานและสามารถเกิดความคิดที่สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้

2.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะใกล้เคียงกับความคิดสร้างสรรค์ กล่าวคือเป็นกระบวนการทางสมองที่ซับซ้อนเป็นเรื่องที่วัดได้ค่อนข้างยาก (จรินยา นาหัวหิน, 2553) อย่างไรก็ตามการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากผู้ถูกประเมินมีความคิดสร้างสรรค์แล้วนั้นจะต้องมีความถูกต้องในองค์ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ดังนั้นการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีของความคิดสร้างสรรค์โดยมีนักวิชาการและนักจิตวิทยาหลายท่านที่ศึกษาวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ (จรินยา นาหัวหิน, 2553) โดยการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะหรือรูปแบบเดียวกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีรูปแบบการวัด 3 แบบ คือ การสังเกตพฤติกรรม การใช้แบบทดสอบ และการตรวจคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงาน โดยผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดดังนี้ (อารี พันธุ์มณี, 2540: 199-202)

2.7.1 การสังเกต คือ การสังเกตพฤติกรรมของผู้ถูกประเมินที่แสดงออกในเชิงสร้างสรรค์

2.7.2 แบบทดสอบ คือ ให้ผู้รับการประเมินทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีทั้งใช้ภาษาและภาพเป็นสื่อ โดยแบบทดสอบจะมีการกำหนดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์ เป็นต้น (อารี รังสินันท์ 2532 : 173) ดังงานวิจัยของ มัยสุรี หยิมะเหรีม (2555) ที่ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ชุดกิจกรรมฝึกสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้โดยการใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ คือข้อที่ 1 นักคิด ข้อที่ 2 นักประดิษฐ์ ข้อที่ 3 นักพิชิตปัญหา ข้อที่ 4 นักพยากรณ์ สอดคล้องกับ สุมาลี กาญจนชาติ (2525) ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอายุระหว่าง 11 -15 ปี โดยเป็นแบบทดสอบ 3 ข้อ ข้อที่ 1 การใช้ประโยชน์ ข้อที่ 2 นักประดิษฐ์ ข้อที่ 3 นักค้นคว้า โดยสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์จากแบบทดสอบได้ 3 วิธี คือ การสังเกตพฤติกรรม การวัดโดยใช้แบบทดสอบ และการตรวจคุณภาพของผลงาน ได้ระบุรายละเอียดดังนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์. 2541: 61-67; ศศิพิมล พิกุลทอง. 2550: 25)

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่ง ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นระบบซึ่งอาจใช้ควบคู่กับแบบสำรวจพฤติกรรมจะยิ่งช่วยให้ข้อมูลใกล้เคียงและถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะดำเนินการสร้างขึ้น ซึ่งเนื้อหาของแบบทดสอบมีทั้งภาษาและรูปภาพที่ใช้เป็นสื่อเพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกในเชิงความคิดสร้างสรรค์ให้มากที่สุด(จรินยา นาหัวหิน, 2553) การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยาก ดังนั้นการแสดงความคิดสร้างสรรค์นั้นไม่ต้องถึงขั้นตั้งทฤษฎีใหม่หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่เสมอไป แต่ผู้ถูกประเมินสามารถคิดแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ทัศนีย์ พฤษชลธาร 2517 : 19 ;อารี รังสินันท์. 2532) โดยแบบทดสอบที่นิยมใช้กันมากและเป็นการเริ่มต้นให้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง คือแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Wallach and Kogan (Torrance. 1962: 16; Guilford. 1967:470; Wallach&kogan. 1965: 34)

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของรูปแบบการวัด เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด ดำเนินการก่อนการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอน และหลังการเรียนการสอนตามรูปแบบ ประกอบด้วย

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 3 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความคล่องแคล่วในการคิด แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่นในการคิด และแบบทดสอบวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความคล่องแคล่วในการคิด (Guilford, 1967)

1. แบบทดสอบที่ให้ผู้รับการประเมินคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด แล้วตอบออกมาเป็นหน่วยที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากสิ่งอื่น
2. แบบทดสอบที่ให้ผู้รับการประเมินคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด แล้วตอบออกมาเป็นกลุ่มต่าง ๆ ที่มีลักษณะร่วมกัน

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่นในการคิด

1. แบบทดสอบที่ให้ผู้รับการประเมินคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด แล้วตอบออกมาในรูปของความสัมพันธ์ อาศัยลักษณะบางอย่างเป็นเกณฑ์
2. แบบทดสอบที่ให้ผู้รับการประเมินคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด แล้วตอบออกมาในรูปของความคิดที่สามารถจัดระบบได้

ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1. แบบทดสอบที่ให้ผู้รับการประเมินคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด แล้วตอบออกมาโดยเกิดการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความคิดใหม่หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ
2. แบบทดสอบที่ให้ผู้รับการประเมินคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด แล้วตอบออกมาในรูปของการประยุกต์เป็นแนวคิดหรือสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกแตกต่างจากเดิม

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1962) เรียกว่า Minnesota Test of Creative Thinking หรือ MTCT ต่อมาใช้ชื่อว่า Torrance Test of Creative Thinking หรือ TTCT เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบในแต่ละข้อให้ได้มากที่สุด โดยข้อสอบแต่ละชุดจะกำหนดสถานการณ์ให้แตกต่างกัน โดยจะใช้สถานการณ์ของสิ่งที่ใกล้ตัวผู้ถูกประเมินเพื่อเป็นสิ่งที่เร้าให้ผู้ถูกประเมินใช้ความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตอบคำถามให้ได้มากที่สุดในระยะเวลาที่จำกัด โดยคำตอบของนักเรียน 1 คำตอบ อาจจะสามารถวัดได้หลายด้าน ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (สมพาน พรมใสภา 2548 : 55 ; Torrance .1965 : p.355-370)

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ได้หลายระดับอายุ ประกอบด้วยการวัดกิจกรรม 3 อย่าง คือ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking creatively with picture) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking creatively with words) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking creatively with sounds and images) การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่

จะกล่าวถึงได้แก่ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking creatively with words) มี 2 แบบ คือ แบบ A และแบบ B เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา

ลักษณะของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมชุดที่ 1 การตั้งคำถาม เป็นการตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุดเพื่อให้รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นมากที่สุด และคำถามที่ตั้งขึ้นนั้นต้องไม่เป็นคำถามที่สามารถตอบได้เพียงแค่เหลือบดูภาพเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากการใช้ความคิด

กิจกรรมชุดที่ 2 การเดาสาเหตุ เป็นการเขียนสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของรูปภาพในกิจกรรมที่ 1 ให้มากที่สุด

กิจกรรมที่ 3 การเดาผลที่จะเกิดตามมา เป็นการเขียนผลที่อาจจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ในภาพที่กำหนดให้ในรูปภาพของกิจกรรมที่ 1

กิจกรรมที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น เป็นการดัดแปลงสิ่งของในภาพที่กำหนดให้และมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

กิจกรรมที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ เป็นการเขียนรายชื่อหรือบอกรายการของสิ่งของที่น่าสนใจและแปลกที่ทำมาจากสิ่งของที่กำหนดให้

กิจกรรมที่ 6 ตั้งคำถามที่แปลกแตกต่าง เป็นการตั้งคำถามแปลกเกี่ยวกับสิ่งของต่าง ๆ ที่กำหนดให้

กิจกรรมที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผล เป็นการเขียนสิ่งที่คิดหรือคาดเดาถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้ที่กำหนดให้ (Torrance, 1962) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประดิษฐ์ สนั่นเชื้อ (2527) ที่ใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวคิดของ ทอแรนซ์ (Torrance) ใช้วัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ คือนิยามไพร นักพยากรณ์ นักเทคโนโลยี และนักทดลอง โดยแบบทดสอบนี้มีค่าความเที่ยง 0.73 ด้านความคิดคล่อง 0.71 ด้านความคิดยืดหยุ่น 0.56 และด้านความคิดริเริ่ม 0.47

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา Torrance ได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 4 ด้าน คือ

1. คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถามโดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน โดยตรวจแยกเป็นรายบุคคลเช่น สมใจเขียนตอบมา 10 ข้อ เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดจะได้คะแนนความคิดคล่อง 10 คะแนน สมศรีเขียนตอบมา 12 ข้อ แต่เป็นตามเงื่อนไขเพียง 10 ข้อ จะได้คะแนนเพียง 10 คะแนน

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน เช่น สมใจเขียนตอบข้อแรกมา 6 ข้อ สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือกลุ่มแรก 2 ข้อ กลุ่มสอง 2 ข้อ กลุ่มสาม 2 ข้อ สมใจจะได้คะแนนด้านความคิดยืดหยุ่น 3 คะแนน แต่หากคำตอบของผู้ประเมินบางคนที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มได้จะได้คำตอบละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลกแตกต่างไปจากคำตอบทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างมีสาระ เนื้อหา หรือรูปแบบที่ใกล้เคียง จากนั้นจึงให้คะแนนคำตอบที่มีความซ้ำซ้อนมากจะได้คะแนนน้อย ส่วนคำตอบที่ซ้ำซ้อนน้อยจะได้คะแนนมาก โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 1	ให้ 5 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 2	ให้ 4 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 3	ให้ 3 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 4	ให้ 2 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่เท่ากับ 5	ให้ 1 คะแนน
คำตอบที่มีความถี่เกิน 5 ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน

4. คะแนนความคิดละเอียดลออ พิจารณาจากคำตอบโดยให้คำตอบหลักละ 1 คะแนน ส่วนขยายหรือรายละเอียดของคำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความชัดเจนของคำตอบมากยิ่งขึ้น จะให้คะแนนอีก 1 คะแนน โดยส่วนขยายจะต้องเป็นข้อความที่สื่อถึงความเป็นไปได้ มีความสมบูรณ์ คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคิดได้จากผลบวกของคะแนน ความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ (Torrance .1965; อารี พันธุ์มณี. 2540; ญัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2541: 331-335; สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ, 2541: 40; วณิช สุธารัตน์, 2547: 225-226;)

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Wallach and Kogan เป็นแบบทดสอบที่แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือแบบทดสอบที่เป็นภาษาและแบบทดสอบที่เป็นรูปภาพ ทั้งหมด 5 ฉบับ คือ

ชนิดพวกเดียวกัน มีทั้งหมด 4 ข้อ ให้ผู้รับประเมินคิดหาคำตอบที่แปลกใหม่มาให้ได้มากที่สุด จากสิ่งที่กำหนดให้ เช่น ให้บอกชื่อของสิ่งของที่ทำมาจากธรรมชาติ เป็นต้น

ชนิดประโยชน์ของสิ่งของ มีทั้งหมด 8 ข้อ ให้ผู้รับประเมินบอกประโยชน์ของสิ่งของที่กำหนดให้ให้มากที่สุด เช่น ให้บอกประโยชน์ของผักตบชวา

ชนิดความเหมือน มีทั้งหมด 10 ข้อ ให้ผู้รับประเมินบอกลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายกันระหว่างของสองสิ่ง เช่น ผักบุ้งกับผักตบชวา

ชนิดความหมายของภาพ มีทั้งหมด 8 ข้อ ให้ผู้รับประเมินมองรูปภาพแล้วบอกสิ่งที่เห็นให้ได้มากที่สุด (Wallach and Kogan, 1965 : 267-268)

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถจำแนกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ได้เป็น 3 รูปแบบ คือการสังเกตพฤติกรรม การใช้แบบทดสอบ และการตรวจคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงาน โดยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับความนิยมและสามารถทำได้ง่ายในชั้นเรียนคือการใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ที่มีการวัดความคิดสร้างสรรค์ครบทั้ง 4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ กล่าวคือ ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ดไม่ได้มีแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลอออย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการวัดความคิดละเอียดลออจะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้กล่าวคือการคิดอย่างละเอียดลออจะมีส่วนช่วยให้ตรวจสอบความถูกต้องของความคิดได้ผู้วิจัยจึงได้เรื่องแนวคิดแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในครั้งนี้

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการเรียนการสอนที่นำกระบวนการทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน (วรรณา รุ่งลักษมีศรี, 2551) โดยมีนักศึกษาได้ให้ความหมายไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) หมายถึง กระบวนการที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ (Transferable Integrated Design Engineering Education. 2010) เป็นระบบ สามารถแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ (Dym et al. 2006) ใช้การออกแบบหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรม (Stacey. 2004) โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสร้างหรือออกแบบสิ่งที่เป็นประโยชน์ (Elmadany and Al-Bahakli. 2004) สอดคล้องกับสภาพปัญหาในชีวิตจริง และสนองต่อความต้องการของมนุษย์ (เฉลิมวุฒิ ศุภสุข. 2555) สิ่งทีออกแบบหรือสิ่งประดิษฐ์นั้นอาจเป็นสิ่งที่ไม่เคยมีมาก่อนหรือสามารถพัฒนาต่อยอดสิ่งที่มีอยู่ให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนได้ (Khandani. 2005)

3.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตลาดแรงงานในปัจจุบันต้องการแรงงานและวิศวกรที่มีคุณภาพสามารถคิดสร้างสรรค์และทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนได้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะและสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงและก้าวหน้าเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง อีกทั้งยังสามารถพัฒนาผลผลิตหรือนวัตกรรมใหม่ที่ก่อประโยชน์อย่างสูงสุด กล่าวคือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้ในการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมต่าง ๆ (กฤษดา ชูสินคุณวุฒิ. 2557, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นหนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้รับฐานคิดมาจากขั้นตอนการทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผนของวิศวกรนำโดย John D. Runkle ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีประจำมลรัฐ Massachusetts ได้นำแนวคิดนี้มาฝึกให้กับวิศวกร โดยมีขั้นตอนการทำงาน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งคำถาม (Ask) ขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา (Imagine) ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) และขั้นปรับปรุง (Improve) (Smith and Wicklein. 2007: 12) ซึ่งต่อมาได้มีการนำเอาขั้นตอนดังกล่าวมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น ภัสสร ติดมา (2558) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรม ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องระบบร่างกายมนุษย์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 48 คน พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ด้านที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุดคือ ความคิดริเริ่ม รองลงมาคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และน้อยที่สุด

คือ ความคิดละเอียดลออ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้จะต้องอาศัยกระบวนการทางวิศวกรรม นำมาใช้ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงานใหม่ ๆ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) อีกทั้งการจัดการกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีทักษะในการออกแบบ เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติได้ด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดสิ่งที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558: 201) โดยเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ควรเป็นเนื้อหาที่ใกล้ตัวนักเรียนสามารถนำความรู้ที่นำมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้วยการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน (วรรณ รุ่งลักษณ์ศรี, 2551)

3.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (เฉลิม วุฒิ ศุภสุข: 2555) โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะต้องมีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถประยุกต์องค์ความรู้กับเครื่องมือทางเทคโนโลยีได้ (Sneider: 2011) ดังนั้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ ทฤษฎีสรคณิยม (Constructivism) และ ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructionism) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ทฤษฎีสรคณิยม (Constructivism)

ทฤษฎีสรคณิยม หรือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) คือทฤษฎีทางการศึกษาที่กล่าวถึงการเรียนรู้เป็นกระบวนการของสติปัญญาของแต่ละบุคคลในการสร้างความรู้และความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ (จินดา โพธิ์นอก, 2558) โดยจะต้องนำองค์ความรู้ใหม่ผสมผสานกับประสบการณ์เดิม (Swan: 2005) เนื่องจากทฤษฎีสรคณิยม ไม่ใช่วิธีสอนจึงใช้การตีความทฤษฎีสรคณิยมแล้วจึงนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสรคณิยม จึงมีหลากหลาย สามารถสรุปได้ดังนี้ (Osborne&Wittrock. 1983: 489-508, Wilson&Cole. 1991: 59-61, Murphy . 1977, วิทยุพัชน ปลูกัดทอง. 2551: 82, ทิศนา แหมมณี. 2554)

3.3.1.1 เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้สามารถแสดงความรู้ที่ตนมีด้วยตนเอง เริ่มจากกระบวนการสังเกต อภิปราย สรุปผล และเพิ่มเติมองค์ความรู้ให้สมบูรณ์

3.3.1.2 การเรียนรู้จะต้องผสมผสานความรู้เดิม แรงจูงใจ และอารมณ์ของนักเรียน กล่าวคืออิทธิพลเหล่านี้สามารถช่วยกระตุ้นรับสิ่งเร้าต่าง ๆ อีกทั้งยังผสมผสานกับความรู้เดิมที่ช่วยให้นักเรียนเลือกเรียนที่สิ่งที่ตนเคยสนใจและมีความรู้เดิมมาก่อน

3.3.1.3 การเรียนรู้ที่จะต้องให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง ค้นคว้าด้วยตนเอง วิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ความรู้ด้วยตนเอง

3.3.1.4 การเรียนรู้ที่เกิดการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคม เมื่อมีการร่วมมือทำงานเป็นกลุ่มย่อมเกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เกิดการแลกเปลี่ยนและสะท้อนความคิดเห็นให้เห็นแก่กันและกัน

3.3.2 ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructionism)

ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructionism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีผ่านการสร้างผลงาน กล่าวคือนักเรียนจะต้องสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาเอง ไม่ใช่ว่ารับข้อมูลภายนอกเพียงอย่างเดียว (Seymour Papert.) สามารถสรุปเป็นหลักการสำคัญของทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ ได้ดังนี้ (Bers. 2001: 9, Papert&Harel. 2002)

3.3.2.1 หลักการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3.3.2.2 หลักการยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลางเรียนรู้

3.3.2.3 หลักการเรียนรู้จากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมเดิม

3.3.2.4 หลักการใช้เทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้

3.3.2.5 หลักการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ

3.3.2.6 หลักการเรียนรู้จากสิ่งที่ผิดพลาด เพื่อเข้าใจในสิ่งที่ถูกต้อง

การเกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructionism) จะเกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติเมื่อมีสิ่งเร้าคอยกระตุ้น ดังนั้นผู้สอนควรกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการเริ่มต้นคิด เปิดความคิด เปิดใจเพื่อสัมผัสกับเรื่องราวใหม่ๆ โดยอาศัยหลักการของ ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructionism)

3.4 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่า ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเมื่อจัดประเภทตามความถี่จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นนักการศึกษาในปีคศ. 2004-2009 ได้มีการระบุขั้นตอนไว้ทั้งหมด 9 ขั้นตอน ดังนี้ (Stacey. 2004; Khandani. 2005; Cejika & Rogers. 2005; Asunda & Hill. 2007; Foundation. 2009)

ขั้นที่ 1 ระบุสภาพปัญหา

ขั้นที่ 2 สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

- ขั้นที่ 3 ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- ขั้นที่ 4 กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 5 ออกแบบแผนการดำเนินงาน
- ขั้นที่ 6 สร้างสิ่งประดิษฐ์
- ขั้นที่ 7 ทดสอบนำชิ้นงานไปใช้ประโยชน์
- ขั้นที่ 8 อภิปรายผลการดำเนินงาน
- ขั้นที่ 9 สรุปผลการดำเนินงาน

กลุ่มที่ 2 เป็นนักการศึกษาในปี คศ. 2010-2018 ได้มีการระบุขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้ (V – Neun. 2010; Kelly. 2010; Ron Schachter. 2012; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2561:149)

- ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา
- ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 5 ทดสอบ
- ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 2 กลุ่ม มีลำดับขั้นตอนใกล้เคียงกัน โดยขั้นตอนในกลุ่มที่ 1 มีขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 9 ขั้นตอน ซึ่งจะแยกขั้นตอนของการ สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหามาจากกัน ซึ่งจะต่างจากกลุ่มที่ 2 ที่รวมขั้นตอนนี้เข้าด้วยกันซึ่งเรียกว่า ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเพิ่มเติมการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาพร้อมทั้งผลของการแก้ปัญหานั้นเข้าไปด้วย ซึ่งลำดับขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 6 ขั้นตอนจะสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ที่ได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ไว้ในแบบเรียนเทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยระบุไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ ขั้นตอนการทำความเข้าใจในปัญหาผ่านสถานการณ์ที่นักเรียนเจอ โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและสามารถสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) คือ ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลแนวคิด และองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือศาสตร์อื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญา (Solution Design) คือ ขั้นตอนของการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ หาจุดดีและจุดจำกัดของวิธีในการแก้ปัญาแต่ละข้อ พร้อมทั้งตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญา นั้น ๆ โดยจะต้องคำนึงถึงปริมาณของทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แล้วออกแบบแนวทางการแก้ปัญาโดยเขียนเป็นแผนภาพหรือร่างภาพตามบริบทของปัญา นั้น ๆ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญา (Planning and Development) คือ ขั้นตอนของการวางแผนพร้อมทั้งการเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญา และระบุระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน อีกทั้งยังลงมือแก้ปัญาตามที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) คือ ขั้นตอนของการทดสอบพร้อมทั้งประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่ใช้แก้ปัญา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญา ผลการแก้ปัญาหรือชิ้นงาน (Presentation) คือ ขั้นตอนการนำเสนอวิธีการแก้ปัญาตั้งแต่แนวคิด ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการโดยนำเสนอให้เกิดความน่าสนใจต่อผู้ฟังและเข้าใจได้ง่าย

โดยผู้วิจัยได้นำขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถลำดับขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้่ายเมื่อนักเรียนลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561)ที่เป็นหน่วยงานหลักในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้ระบุขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ 6 ขั้นตอนที่ใช้ในงานวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจในปัญหาผ่านสถานการณ์เรื่องพลังงานความร้อนในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนสามารถ

วิเคราะห์ปัญหาและสามารถสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันรวบรวมข้อมูลแนวคิด และองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือศาสตร์อื่น ๆ เกี่ยวกับเรื่อง พลังงานความร้อน ที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ หาจุดดีและจุดจำกัดของวิธีในการแก้ปัญหาแต่ละข้อ พร้อมทั้งตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหานั้น ๆ โดยจะต้องคำนึงถึงปริมาณของทรัพยากรที่ครูมีให้อย่างจำกัด แล้วออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยเขียนเป็นแผนภาพหรือร่างภาพตามบริบทของปัญหานั้น ๆ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถวางแผนพร้อมทั้งเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา และระบุระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน อีกทั้งยังลงมือแก้ปัญหามาตามที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ได้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนนำชิ้นงานหรือวิธีการไปทดสอบพร้อมทั้งประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาดังแต่แนวคิด ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการโดยนำเสนอให้เกิดความน่าสนใจต่อผู้ฟังและเข้าใจได้ง่าย โดยมีครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียนช่วยกันอภิปรายและเสนอแนะ

3.5 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นการลงมือทำด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูเป็นผู้สนับสนุนความคิดที่แปลกใหม่และต้องเป็นความคิดที่สามารถเป็นไปได้ (Blount and Klausmeir. 1968) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นหนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้รับฐานคิดมาจากขั้นตอนการทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผนของวิศวกรนำโดย John D. Runkle ผู้อำนวยการสถาบัน

เทคโนโลยีประจำมลรัฐ Massachusetts ได้นำแนวคิดนี้มาฝึกให้กับวิศวกร โดยมีขั้นตอนการทำงาน 6 ขั้น คือ ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2561:149; V – Neun. 2010; Kelly. 2010; Ron Schachter. 2012; Smith and Wicklein. 2007: 12)

3.5.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Massachusetts State Department of Education เป็นสถานที่แรกที้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการศึกษาทุกระดับชั้น มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hayne, et al: 2011) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทั้งข้อดีและข้อจำกัด กล่าวคือ ข้อดีของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จัดบรรยากาศการเรียนรู้ของการทำงานที่แท้จริง นักเรียนเข้าใจการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพิ่มความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น เพิ่มการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มความสนใจในการประกอบอาชีพวิศวกร รวมถึงนักประดิษฐ์ได้ในอนาคต นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ตนเองสนใจ แต่มีข้อจำกัดทางด้านค่าใช้จ่ายประมาณที่ค่อนข้างสูง (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. 2557:38; ภิญญาพัชน์ ปลากัดทอง. 2551: 82; ทิศนา เขมมณี. 2554: 45)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการทำงานที่เป็นระบบ ส่งเสริมให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาและทำงานได้อย่างเป็นขั้นตอนแต่จะมีข้อจำกัดของงบประมาณในการท

3.5.2 บทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ตาราง 3 แสดงบทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอนกระบวนการ ทางวิศวกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ระบุปัญหา (Problem Identification)	1. เป็นผู้กำหนดสถานการณ์ ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความ สนใจ 2. เป็นผู้จัดบรรยายภาคที่เอื้อต่อ การเรียนรู้	1. สังเกตปัญหาต่างๆ ที่ครูสร้าง สถานการณ์ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ทาง วิทยาศาสตร์กับสถานการณ์นั้นๆ 2. สามารถกำหนดตัวแปรที่ต้องการ ศึกษาผ่านสถานการณ์นั้นๆ
2. รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	1. ตรวจสอบตัวแปรที่นักเรียน ระบุเพื่อให้สอดคล้องกับ สถานการณ์หากไม่สอดคล้องครู เป็นผู้ชี้แนะแหล่งข้อมูลในการ สืบค้นเพิ่มเติม 2. ตรวจสอบความถูกต้องของ ข้อมูล	1. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยน ประสบการณ์ความรู้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ ถูกต้องและครบถ้วนที่สุด 2. กำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่ หลากหลายและร่วมกันอภิปรายเพื่อ เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
3. ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา (Solution Design)	1. ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละ กลุ่ม 2. ร่วมกันหาความเป็นไปได้ใน การแก้ปัญหาตามวิธีที่นักเรียน แต่ละกลุ่มเลือก	1. นักเรียนร่วมกันวางแผนในการ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนตามแนว ทางการออกแบบทางวิศวกรรม 2. นักเรียนเลือกแผนการในการ แก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้และ เหมาะสมที่สุด
4. วางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	1. สังเกตลักษณะการทำงานของ นักเรียนรายบุคคลพร้อมทั้งให้ คำปรึกษา 2. กระตุ้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม ต่อการทำกิจกรรม	1. นักเรียนร่วมกันวางแผนการทำงาน จากวิธีที่เลือกในการแก้ปัญหา 2. นักเรียนสร้างสิ่งประดิษฐ์ตาม ขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ 3. ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนกระบวนการ ทางวิศวกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ทดลองใช้ชิ้นงานหรือวิธีการใน การแก้ปัญหา 2. ประเมินผลการออกแบบและ สร้างสิ่งประดิษฐ์ของแต่ละกลุ่ม ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ได้ 3. เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถ ประเมินสิ่งประดิษฐ์ทั้งกลุ่มของ ตนเองและกลุ่มอื่นๆ ได้ 4. เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถ แก้ไขสิ่งประดิษฐ์และทดสอบ ประสิทธิภาพจนได้สิ่งประดิษฐ์ที่ สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด	1. นักเรียนร่วมกันทดลองใช้ชิ้นงานหรือ วิธีการในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งจุดเด่น จุดด้วย 2. ร่วมกันหาแนวทางในการปรับปรุง ชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา 3. ประเมินชิ้นงานหรือวิธีการในการ แก้ปัญหาในประเด็นต่างๆ ได้ 4. สามารถปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือ วิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ ประสิทธิภาพมากที่สุด
6. นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Presentation)	1. อภิปรายการนำเสนอ สิ่งประดิษฐ์ของแต่ละกลุ่มและ แยกเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้	1. นักเรียนสามารถนำเสนอและอธิบาย ลักษณะวิธีการใช้งานและประโยชน์ของ สิ่งประดิษฐ์ได้ 2. ร่วมกันหาแนวทางในการปรับปรุง สิ่งประดิษฐ์ 3. ประเมินสิ่งประดิษฐ์ในประเด็นต่างๆ ได้

จากตารางสรุปบทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเห็นว่าการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้น ครูและนักเรียนมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกล่าวคือครูผู้สอนมีบทบาทหลักในการจัดบรรยากาศให้น่าสนใจเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนอีกทั้งยังเป็นที่ปรึกษาที่ดีแก่นักเรียน โดยนักเรียนเอง

จะต้องเปิดใจและมีส่วนรวมที่สำคัญในการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อให้สามารถแก้ปัญหา ดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้หลายท่าน ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ระดับความรู้ ความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ อาจจะเป็นพฤติกรรมหรือประสบการณ์ (ไพศาล หวังพานิช. 2526: 89) ที่ได้เรียนรู้ฝึกฝนอบรมสั่งสอนในสถานศึกษา (เผียน ไชยสร. 2531: 321) ในการกระทำสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือความรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่ง ที่ได้กำหนดไว้ในหลักสูตร (กระทรวงศึกษาธิการ. 2521: 13; กัญญา ลินทรัตนศิริกุล. 2546: 286) โดยสามารถวัดตามวัตถุประสงค์ของ Bloom ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ส่งผลให้นักเรียนและผู้สอนทราบว่านักเรียนได้รับความรู้หลังการจัดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 29-32)

จากความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ระดับความรู้ ความสามารถที่นักเรียนได้รับหลังจากการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนว่าอยู่ในระดับใด โดยสามารถวัดตามวัตถุประสงค์ของ Bloom ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์ 1 (ว21101) เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์ เป็นการประเมินผลนักเรียนโดยการพิจารณาที่ผลจากการเรียนรู้ในภาพรวม โดยประเมินตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (กระทรวงศึกษาธิการ. 2545: 46-50) โดยมีแนวทางการวัดและประเมินผล 2 แนวทาง คือ การวัดประเมินผลตามคู่มือ Taxonomy of educational objectives (Bloom. 1956) และการวัดผลประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic assessment)

Bloom (1956) ได้เสนอการวัดและประเมินผล โดยจำแนกตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นการแสดงออกทางด้านสติปัญญา และความรู้ เช่น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน โดยเริ่มจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม หรือเริ่มจากสิ่งที่ง่ายไปสู่สิ่งที่ยาก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ด้านความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสมองในการสะสมความรู้ กระบวนการ ความจริง หลักการ หรือประสบการณ์เดิมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากครูผู้สอนในรายวิชาต่าง ๆ หรือจากการเรียนรู้ด้วยวิธีการอื่น ๆ ทั้งการบอกเล่า การบรรยาย การฟังวิทยุ หรือการดูโทรทัศน์ เป็นต้น โดยด้านความรู้ความจำ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ความรู้ในเรื่องนั้นโดยตรง (Knowledge of specifics) ความรู้ในด้านวิธีดำเนินการ (Knowledge of ways and means of dealing with specifics) และความรู้ในการรวบยอด (Knowledge of the universal and abstraction in a field)

ตัวอย่างเช่น การนำภาพถ่ายของเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายภาพให้นักเรียนบอกชื่อของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นให้ได้

ขั้นที่ 2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการบรรยายหรือเขียนเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้จากการสรุป จับใจความ ขยายความ หรือการตีความ โดยใช้ถ้อยคำของตนเองแต่ยังคงมีความหมายคงเดิม โดยด้านความเข้าใจ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การตีความ (Interpretation) การแปลความ (Translation) และการขยายความ (Extrapolation)

ตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนอธิบายข่าวการเกิดภาวะโลกร้อนพร้อมทั้งเขียนแผนภาพปัจจัยของการเกิดภาวะโลกร้อน

ขั้นที่ 3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และความเข้าใจต่าง ๆ ทั้งในเรื่องกฎหรือหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทั้งที่เคยพบเจอสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่เคยพบเจอสถานการณ์นั้น เช่น นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อนสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในการตากผ้าได้ เป็นต้น

ตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนเรียนรู้การถ่ายโอนพลังงานความร้อนจากครูแล้วนั้น นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งการตากผ้าในเวลาที่มีแสงจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้สมองแยกแยะ ไตร่ตรองเรื่องราวต่าง ๆ โดยสามารถค้นหาความจริงที่อยู่ในเรื่องนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นส่วนย่อยได้ ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ มองเห็นเหตุและผลของเรื่องราวนั้น โดยการวิเคราะห์สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organization principles) และการวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of elements)

ตัวอย่างเช่น ในชีวิตประจำวันนักเรียนเห็นคุณแม่กำลังทำซูบข้าวโพดนักเรียนสามารถระบุการถ่ายโอนพลังงานความร้อนทั้ง 3 รูปแบบได้ ทั้งการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

ขั้นที่ 5 การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ย่อยมารวบรวม เพื่อสร้างเรื่องราวใหม่ หรือสิ่งใหม่ ให้มีความสำคัญ คุณลักษณะ โครงสร้าง และความหมายที่แตกต่างไปจากเดิม ไม่ทำการคัดลอกหรือทำซ้ำจากผู้อื่น โดยการสังเคราะห์สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การสังเคราะห์ข้อความ (Production of unique communication) การสังเคราะห์แผนงาน (Production of plan) และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ (Derivation of a set abstract relation)

ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถจัดประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยยึดการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานต่าง ๆ ตามกลุ่มที่ได้จัด

ขั้นที่ 6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประเมินค่า หรือตัดสินคุณค่าของสิ่งหนึ่งสิ่งใด ทั้งกระบวนการ แนวคิด ข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งเหตุผลในการตัดสินคุณค่านั้น ๆ โดยการประเมินค่าสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์ภายใน (Judgment in terms of internal evidence) และการประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก (Judgment in terms of external evidence)

ตัวอย่างเช่น การช่วยพ่อแม่เลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยระบุเกณฑ์ทั้งราคา ความแข็งแรงคงทน รวมถึงประสิทธิภาพเมื่อทดลองใช้งาน เป็นต้น

2. ด้านจิตพิสัย (Affective domain) คือการแสดงออกของเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการวัดประเมินผลจากการสังเกตของครูผู้สอนทั้งการพูดหรือการแสดงท่าทางของนักเรียน โดยสามารถระบุได้ทั้งเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) คือทักษะที่ใช้ในการทดลองทั้งการใช้เครื่องมือและการลงมือทดลองเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ทดลอง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัยพบว่าเป็นการวัดประเมินผลของการแสดงออกด้านสติปัญญาที่สามารถแบ่งออกเป็น 6 ชั้น คือ ชั้นความรู้ ความจำ ชั้นความเข้าใจ ชั้นการนำไปใช้ ชั้นการวิเคราะห์ ชั้นการสังเคราะห์ และชั้นการประเมินค่า (เยาวดี ราชย์กุล วิบูลย์ศรี. 2552: 190-191; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 128-151; สุพรรณษา หอมฤทธิ์. 2559: 31; Adams and Torgerson. 1964: 364-366; Bloom. 1979: 61-207)

โดยผู้วิจัยจะประเมินผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งวัดได้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดความสามารถของนักเรียน 6 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสมองในการสะสมความรู้ กระบวนการ ความจริง หลักการ หรือประสบการณ์เดิมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการบรรยายหรือเขียนเรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการสรุป จับใจความ ขยายความ หรือการตีความ โดยใช้ถ้อยคำของตนเองแต่ยังคงมีความหมายคงเดิม โดยด้านความเข้าใจ

3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจต่าง ๆ ทั้งในเรื่องกฎหรือหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันทั้งที่เคยพบเจอสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่เคยพบเจอสถานการณ์นั้น

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้สมองแยกแยะ ไตร่ตรองเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถค้นหาความจริงที่อยู่ในเรื่องนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นส่วนย่อยได้ ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ มองเห็นเหตุและผลของเรื่องราวนั้น

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ย่อยเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มารวบรวม เพื่อสร้างเรื่องราวใหม่ หรือสิ่งใหม่ ให้มี

ความสำคัญ คุณลักษณะ โครงสร้าง และความหมายที่แตกต่างไปจากเดิม ไม่ทำการคัดลอกหรือทำซ้ำจากผู้ใด

6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประเมินค่า หรือตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อย่างวิทยาศาสตร์ ทั้งกระบวนการแนวคิด ข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งเหตุผลในการตัดสินคุณค่านั้น ๆ

4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สามารถใช้วัดระดับความรู้ความสามารถรวมถึงทักษะต่าง ๆ ทางวิชาการที่ได้จากการเรียนรู้ของตัวนักเรียนเอง (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2534: 44; วรณวดี ม้าลำพอง. 2520: 68) อีกทั้งยังใช้วัดผลการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน ทั้งทางด้านเนื้อหาวิชา และทักษะต่าง ๆ ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ทั้งการสอบข้อเขียนและภาคปฏิบัติ (เยาวดี วิบูลศรี. 2540: 16; กระทรวงศึกษาธิการ. 2545: 58) โดยเครื่องมือที่ใช้วัดทางด้านพุทธิพิสัยหรือที่ใช้วัดสติปัญญาตามคู่มือ Taxonomy of educational objectives ของ Bloom นิยมใช้ทั้งข้อสอบอัตนัย และปรนัย (Bloom. 1956) เครื่องมือที่ใช้วัดทางด้านจิตพิสัย ทั้งแบบวัดเจตคติ แบบวัดความพึงพอใจ เป็นต้น และเครื่องมือที่ใช้วัดทางด้านทักษะพิสัยส่วนใหญ่จะเป็นการสังเกตทักษะขณะทดลองหรือปฏิบัติการต่าง ๆ ของนักเรียน (ปวีณา เพ็งแก้ว. 2546: 138; อัมพิกา ตะคานู. 2546: 85)

5. ความพึงพอใจ

5.1 ความหมายและความสำคัญของความพึงพอใจ

ราชบัณฑิตยสถาน (2542 : 21) ได้ให้ความหมายของคำว่า ความพึงพอใจ สนใจ ชอบใจ ว่า ความพึงพอใจเป็นคำนามของกิริยาที่บ่งบอกให้รู้ถึงสภาวะของความรู้สึกพอใจ โดยคำว่า พอใจ หมายถึง การได้บรรลุความต้องการ ความคาดหวัง ความปรารถนา ความอยากของบุคคล การได้บรรลุหรือการได้ตอบสนองบางสิ่งที่เรียกร้องหรือเป็นข้อแม้ การยอมตาม การมีอิสระจากความสงสัยอย่างเพียงพอ หรือทำให้คล้อยตาม

Laurence (1969) ให้ความหมายว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกชอบในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือบุคคลใดบุคคลหนึ่งหรือการกำหนดสิ่งที่ทำให้พอใจ

Wolman (1973) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า หมายถึง ความรู้สึกที่มีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมายของความต้องการ

ไคลทิพย์ จารุภูมิ (2534) ได้กล่าว ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดี มีความสุข หรือทัศนคติที่ดีของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

มณี โพธิเสน (2543 : 11) ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า เป็นความรู้สึกยินดี เจตคติที่ดีของบุคคล เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตนทำให้เกิดความรู้สึกดีในสิ่งนั้นๆ

ดิเรก (อ้างถึงใน เสกสรรค์ ธรรมวงศ์, 2541) กล่าวว่าไว้ว่าความพึงพอใจ หมายถึง ทัศนคติในทางบวก ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นความพอใจในการปฏิบัติต่อสิ่งนั้น

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร (2526:74) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นการให้ค่า ความรู้สึกของคนเราที่สัมพันธ์กับโลกทัศน์ ที่เกี่ยวกับความหมายของสภาพแวดล้อม ค่าความรู้สึก ของบุคคลที่มีต่อสภาพแวดล้อมจะแตกต่างกัน เช่น ความรู้สึก ดี – เลว พอใจ – ไม่พอใจ สนใจ – ไม่สนใจ เป็นต้น

จากข้างต้น ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกและความคิดเห็นของ นักเรียนที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดจากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มี ต่อหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็นด้านกระบวนการจัดการ เรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ ด้านบรรยากาศการเรียนการสอน จำนวน 5 ข้อ ด้านการใช้สื่อการเรียนการ สอน จำนวน 5 ข้อ และด้านการวัดผลและประเมินผล อีก 5 ข้อ โดยมีระดับความพึงใจ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

5.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้งานประสบผลสำเร็จ (สาโรช ไสยสมบัติ, 2534) โดยเป็นความรู้สึกของบุคคลในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ แล้วประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ (นฤมล บุญเกษม, 2558) ซึ่งในวงการศึกษาความพึงพอใจเป็นส่วนที่ช่วยให้ ผู้เรียนมีความสนใจที่จะปฏิบัติงานให้สำเร็จได้ โดยผู้สอนจะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ โดยการสนับสนุนผู้เรียนอย่างเต็มกำลังความสามารถและเต็มประสิทธิภาพ โดย สุจิรา บุญเลิศ (2556) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของแรงจูงใจ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับแรงจูงใจในการ เรียนรู้ต่างกัน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างกันไป โดยจากการที่ผู้วิจัยทำการศึกษา ทฤษฎีแรงจูงใจ สามารถสรุปได้ดังนี้

ทฤษฎีแรงจูงใจมาสโลว์ (Maslow's General Theory of Human Motivation) พบว่า การจูงใจจะสามารถทำให้เกิดความสำเร็จของบุคคลได้ โดยได้อธิบายความต้องการของมนุษย์ใน การแสดงพฤติกรรม (Maslow, 1970) ตามลำดับดังนี้

1. ร่างกาย (ความต้องการทางด้านร่างกาย) โดยเป็นความต้องการพื้นฐานที่ช่วยให้การดำรงชีวิตของมนุษย์สามารถดำเนินต่อไปได้

2. ความปลอดภัย (ความต้องการด้านความปลอดภัย) โดยเป็นความต้องการที่มนุษย์ต้องการหลีกเลี่ยงภัยอันตราย สร้างความรู้สึกปลอดภัยให้กับตนเอง

3. สังคม (ความต้องการทางด้านสังคม) โดยเป็นความต้องการของมนุษย์ที่จะดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่น สร้างสัมพันธภาพที่ดีกับผู้อื่น

4. การยอมรับนับถือ (ความต้องการด้านการยอมรับนับถือ) โดยเป็นความต้องการของมนุษย์ในการยอมรับนับถือจากผู้อื่น

5. ความสำเร็จในชีวิต (ความต้องการด้านความสำเร็จในชีวิต) โดยเป็นความต้องการที่จะให้ทุกอย่างทุกเรื่องราบรื่นไปตามเป้าหมายที่ตนเองได้วางไว้

ทฤษฎีแรงจูงใจแมคคลีแลนซ์ (McClelland's Achievement Motivation Theory) ระบุว่า มนุษย์ต้องการการเสริมแรงทางบวกที่เรียกว่า แรงจูงใจ เพื่อให้สามารถดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมาย อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดการทำงานอื่น ๆ ได้อีกด้วย โดยแรงจูงใจจะสำเร็จได้ ต้องอาศัย ความต้องการความสำเร็จ ดังที่ได้กล่าวไว้ด้านบนเกี่ยวกับ ทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ ที่ว่าด้วยเรื่องความต้องการทั้ง 5 ด้าน (McClelland, 1987)

จะเห็นได้ว่า แรงจูงใจ สามารถกระตุ้นให้มนุษย์มีความพึงพอใจได้ (Good, 1973) อีกทั้งยังเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้มนุษย์เกิดการเรียนรู้ โดยนักจิตวิทยาสามารถแบ่งแรงจูงใจออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ 1) แรงจูงใจภายนอก เป็นแรงจูงใจจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมาเป็นตัวกระตุ้น เช่น เทคนิคการสอน สภาพแวดล้อม วิธีการสอน เป็นต้น 2) แรงจูงใจภายใน เป็นแรงจูงใจจากการกระตุ้นภายในตัวของผู้เรียน จะแสดงออกผ่านพฤติกรรมของผู้เรียน โดยผู้สอนจะต้องกระตุ้นผู้เรียนจากแรงจูงใจภายนอกเป็นอันดับแรกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการอยากที่จะเรียนรู้ (สุรจิรา บุญเลิศ, 2556)

ดังนั้น ผู้สอนจะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ และทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากที่จะเรียนรู้ มีส่วนร่วมต่อกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย โดยความพึงพอใจดังกล่าวจะต้องมีการสร้างแรงจูงใจ โดยผู้เรียนจะมีความต้องการตามลำดับขั้นตอนที่แตกต่างกันตามทฤษฎีของมาสโลว์ (Maslow) ซึ่งเป้าหมายคือความต้องการด้านความสำเร็จ ฉะนั้นผู้สอนจะต้องมีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเสริมแรงทั้งภายในและภายนอก เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อการเรียนรู้และเกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการจัดการเรียน

5.3 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจ ด้านจิตพิสัยเป็นการวัดที่สะท้อนความรู้สึกและไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง จึงจะต้องใช้การวัดความคิดเห็นของบุคคล สอดคล้องกับ สุรจิรา บุญเลิศ (2556) ที่กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจมีวิธีที่หลากหลายทั้งการสังเกต แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ (ภณิดา ชัยปัญญา, 2541) ซึ่งแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจที่นิยมใช้ในวงการการศึกษา (สุรจิรา บุญเลิศ, 2556) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภณิดา ชัยปัญญา (2545) ที่ผู้สอนได้ดำเนินการสร้างข้อคำถาม ในการทราบระดับความพึงพอใจจากการเลือกคำตอบ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ สุรจิรา บุญเลิศ (2556) ที่กล่าวถึงการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ โดยได้สร้างข้อคำถามให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจ จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่า การวัดความพึงพอใจมีการพัฒนา 3 รูปแบบสามารถอธิบายได้ดังนี้

5.3.1 แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert Rating Scale)

แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) เป็นแบบสอบถามที่สามารถตรวจสอบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามได้ซึ่งจะสามารถระบุระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ หากเรียงจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ ระดับเห็นด้วยมากที่สุด ระดับเห็นด้วยมาก ระดับเห็นด้วย ระดับปานกลาง ระดับไม่เห็นด้วยมาก และระดับไม่เห็นด้วยมากที่สุด (จตุรพรรณ เทวกุล, 2555) โดยจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถระบุการจัดทำแบบสอบถามในรูปแบบต่าง ๆ ได้ดังนี้

สุรจิรา บุญเลิศ (2556) จากการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติการทดลองในเรื่อง สารละลายกรดและสารละลายเบส ใช้ลักษณะแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท จำนวน 15 ข้อ ซึ่งประกอบด้าน 4 ด้าน ดังนี้

ตาราง 4 แสดงแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของ สุรจิรา บุญเลิศ (2556)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1. ด้านเนื้อหาของการจัดการเรียนรู้					
ข้อ (1) การจัดการเรียนรู้มีเนื้อหาที่น่าสนใจ					

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
2. ด้านภาษา					
ข้อ (11) การจัดการเรียนรู้มีภาษาที่เข้าใจง่าย					
3. ด้านความรู้สึกรู้สึกต่อการจัดการเรียนรู้					
ข้อ (111) การจัดการเรียนรู้มีการปฏิบัติได้ง่าย					
4. ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้					
ข้อ (111) การจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน					

5.3.2 แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล

(Semantic Differential Rating Scale)

แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล (Semantic Differential Rating Scale) เป็นแบบสอบถามที่มีชุดคำถามแสดงถึงพฤติกรรมและความพึงพอใจ โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องประเมินคุณลักษณะในระดับต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย 7 ระดับ โดยใช้ตัวเลขแสดงระดับความพึงพอใจ ดังนี้ ตัวเลข 1-3 แทนระดับของความพึงพอใจที่เริ่มตั้งแต่ระดับต่ำที่สุดไปยังระดับสูงที่สุด จะถูกระบุไว้ด้านขวา มีตัวเลข 0 แทนความคิดเห็นที่ไม่สามารถตัดสินได้ และมีตัวเลขด้านซ้ายแสดงความคิดเห็นที่เป็นลบ (กาญจนา วัฒนสุนทร, 2550) ดังตารางที่ 5 แสดงแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล

ตาราง 5 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล

ระบุ คำคุณศัพท์	ระดับพฤติกรรม							ระบุ คำคุณศัพท์
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ตัดสินไม่ได้	น้อย	ปานกลาง	มาก	
ยาก	3	2	1	0	1	2	3	ง่าย

จากการศึกษา แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบซีแมนติก ดิฟเฟอเรนเชียล (Semantic Differential Rating Scale) พบว่า การใช้แบบสอบถามแบบดังกล่าวจะต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้วัด โดยถ้าผู้วัดระบุความคิดเห็นไม่เป็นไปตามความรู้สึกที่แท้จริง จะส่งผลต่อผลของการวัดความพึงพอใจได้ (นภา หลิมธรัตน์, 2544)

ดังนั้น จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความพึงใจ ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) เนื่องจากเป็นวัดความพึงพอใจที่ง่ายต่อการใช้งานและง่ายต่อการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียน อีกทั้งยังสามารถระบุข้อความได้ชัดเจน ซึ่งมีการระบุระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ และมีการระบุข้อความที่สำคัญแสดงถึงความพึงพอใจของผู้เรียนได้



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

การศึกษานำร่อง

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2563 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้อง นักเรียนทั้งหมด 550 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 35 คน โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยการเลือกแบบ ตามสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยได้รับ มอบหมายให้ทำการสอนในปีการศึกษา 2563 และด้วยบริบทของโรงเรียนที่กำหนดให้ครูผู้สอน รับผิดชอบสอนห้องเรียนเดิมตลอดปีการศึกษาซึ่งส่งผลให้นักเรียนดังกล่าวเป็นกลุ่มตัวอย่าง

การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรูปแบบของ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้มีการพัฒนาเครื่องมือโดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาเครื่องมือวิจัย ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นปี มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น และสาระการเรียนรู้ ได้ทราบการกำหนด สาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษา ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ซึ่งเป็นสาระที่ใกล้ตัว สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยเฉพาะในมาตรฐาน 2.3 มุ่งเน้นการทำความเข้าใจพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปปรับใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา ได้ทราบการกำหนดหลักสูตรสถานศึกษา ซึ่งเป็นหลักสูตรที่อิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แตกต่างที่ครูแต่ละระดับชั้นจะเป็นผู้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามบริบทของนักเรียนเอง โดยมีการแบ่งนักเรียน ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ นักเรียนห้องเรียนพิเศษภาษาอังกฤษ และนักเรียนห้องเรียนปกติ

1.3 ศึกษา ทฤษฎี และหลักการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากลำดับขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความง่ายเมื่อนักเรียนลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.3.1 ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Identification)

1.3.2 ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

1.3.3 ขั้นวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

1.3.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

1.3.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)

1.3.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

1.4 การกำหนดโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน แสดงดังตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ (คาบ)
1	ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร (แบบจำลองอนุภาคของสสาร)	4
2	เทอร์มิอมิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ	4
3	การถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการนำไปใช้ประโยชน์	4
รวมจำนวนคาบ		12

1.5 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยแต่ละแผนประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สมรรถนะสำคัญ สาระการเรียนรู้ จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน ทักษะศตวรรษที่ 21 ชิ้นงานหรือภาระงาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สื่อการสอน แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การบูรณาการกับกลุ่มสาระอื่น ๆ คุณธรรมและค่านิยม 12 ประการที่สอดแทรก และใบกิจกรรม

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่พัฒนาขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความถูกต้องเนื้อหาและความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและการนำไปใช้ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะดังนี้

1.6.1 ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ ควรเน้นพฤติกรรมของผู้เรียนที่จะแสดงออกด้วยตัวของผู้เรียนเองไม่ควรนำด้วย ครูผู้สอนสร้างความสนใจของผู้เรียน เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ครูผู้สอนถามว่าน้ำทั้ง 3 สถานะแตกต่างกันอย่างไร เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ปรับเป็น ให้นักเรียนสังเกตและสัมผัสน้ำทั้ง 3 สถานะหน้าชั้นเรียน จากนั้นผู้สอนถามนักเรียนว่า น้ำทั้ง 3 แก้วแตกต่างกันอย่างไร เป็นต้น

1.6.2 ขั้นการกำหนดปัญหา ปัญหาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ยังไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากจะแก้ปัญหานั้นเท่าที่ควร จากการเปิดวิดีโอให้นักเรียนดูวิธีการถนอมอาหาร ปรับเป็นการให้นักเรียนได้สังเกตกล้วยสุกและกล้วยที่ตากแดดโดยให้สังเกตในประเด็นของรูปร่าง ลักษณะ รสชาติ และระยะเวลาของการเก็บรักษา เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสร้างแบบจำลองได้

1.6.3 ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ควรปรับกิจกรรมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผู้สอนให้นักเรียนดูสื่อวิดีโอ ปรับเป็นกิจกรรม “รักกันในหนังสือพิมพ์” เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสืบเสาะรวบรวมข้อมูลจากการทำกิจกรรม เป็นต้น

1.6.4. ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ควรมีการให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายข้อดี ข้อจำกัดของชิ้นงานแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาชิ้นงานของกลุ่มตนเอง

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ด้าน วิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบหาความ สอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) พิจารณาที่ค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ล่วน สายยศ, 2543) และพิจารณาความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน
- 0 หมายถึง ไม่แนใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณาไม่มีความถูกต้องสอดคล้องกัน

ความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนด เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลด้านความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการ เรียนรู้

- 4.21-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 3.41-4.20 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 2.61-3.40 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 1.81-2.60 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1.00-1.80 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ ของความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และด้านความเหมาะสมของภาษาและการ นำไปใช้โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.33-4.52 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องและ พร้อมที่จะนำไปใช้ได้ ทั้งความเหมาะสมด้านภาษา และการนำไปใช้ในระดับปานกลางถึงมาก ที่สุด ซึ่งรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้องกับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และการวัดประเมินผล

สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

1. ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ควรระบุกิจกรรมการทดสอบให้ชัดเจน ผู้วิจัยได้มีการเพิ่มเติมเกณฑ์การประเมิน
2. ควรระบุที่เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นใดบ้าง ผู้วิจัยได้มีการเพิ่มเติมการระบุความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น เช่น ขั้นการกำหนดปัญหา นักเรียนเกิดความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ขั้นวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนเกิดความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

1. ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา สื่อการเรียนรู้ยังไม่สามารถกระตุ้นการกำหนดปัญหาของนักเรียน โดยผู้วิจัยมีการปรับแก้จากการให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอการย่างเนื้อ เป็นครูสาธิตการย่างเนื้อหน้าชั้นเรียน
2. ขั้นที่ 3 ขั้นวิธีการแก้ปัญหา คำถามนำยังไม่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนลงมือออกแบบการสร้างเทอร์มอมิเตอร์อย่างง่ายได้ โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแก้จาก การถามนักเรียนว่าเทอร์มอมิเตอร์ภายในบรรจุอะไร เป็นนักเรียนเคยเห็นเทอร์มอมิเตอร์ที่ใดบ้าง และให้นักเรียนสืบค้นการสร้างเทอร์มอมิเตอร์พร้อมระบุเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

1. ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา การระบุปัญหายังไม่ชัดเจน โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแก้จากการให้นักเรียนอธิบายวิธีตากกล้วย เป็น ให้นักเรียนระบุข้อดี และข้อจำกัดของการใช้แสดงอาทิตย์ในการถนอมอาหาร
2. ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำแผนผังมโนทัศน์ (concept mapping) ต้องการแสดงอะไรบ้าง โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแก้ให้ชัดเจนว่าให้นักเรียนระบุความหมาย วัตถุประสงค์ และตัวอย่างการใช้ประโยชน์

1.8 เมื่อดำเนินการปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาอีกครั้ง

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน

จำนวน 35 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ภาษาที่ใช้ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม พบว่า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา คำถามยังไม่ชัดเจน สังเกตได้จากที่นักเรียนยังต้องถามว่าต้องสังเกตน้ำทั้ง 3 แก้ว ในประเด็นใดบ้าง และในขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล เกณฑ์การประเมินผลยังไม่ชัดเจน สังเกตได้จากที่นักเรียน ในขณะที่ทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานนักเรียนยังสอบถามครูว่าต้องทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ด้วยหรือไม่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นวิธีการแก้ปัญหา คำถามยังไม่กระตุ้นให้นักเรียนลงมือออกแบบ สังเกตได้จากที่นักเรียนยังไม่มีคามกระตือรือร้นที่จะสร้างชิ้นงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล เวลาน้อย สังเกตได้จากนักเรียนยังไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานได้สำเร็จแต่หมดเวลาก่อน

1.10 ปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้อีกครั้ง และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้วิจัยได้ปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา คำถามยังไม่ชัดเจน ผู้วิจัยได้ปรับแก้จาก ให้นักเรียนสังเกตน้ำทั้ง 3 แก้ว แต่ไม่ได้ระบุประเด็นการสังเกต เป็นระบุประเด็นการสังเกต คือ สถานะ รูปร่าง การเคลื่อนไหวของสาร เป็นต้น และในขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล เกณฑ์การประเมินผลยังไม่ชัดเจน ผู้วิจัยได้ปรับแก้จาก การที่นักเรียนทดสอบชิ้นงาน เป็นการระบุเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจนก่อนที่นักเรียนจะทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นวิธีการแก้ปัญหา คำถามยังไม่กระตุ้นให้นักเรียนลงมือออกแบบ ผู้วิจัยได้ปรับแก้จากครูย่นย่อเนื้อหาชั้นเรียนและถามคำถามนักเรียน เป็นเมื่อครูย่นย่อเนื้อหาชั้นเรียนจนสนุกให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ชิมก่อนการนำเข้าสู่อคำถามว่าจะมีการสังเกตได้อย่างไรว่าเนื้อสุกแล้ว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล เวลาน้อย ยังไม่สามารถได้ผลการจัดกิจกรรมเท่าที่ควร ผู้วิจัยได้ปรับแก้จากให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพแค่ในคาบเรียน เป็นให้นักเรียนตากกล้วยไว้ทั้งวันแล้วหลังเลิกเรียนมาช่วยกันสรุปผลการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ โดยประกอบด้วยแบบวัด 4 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และด้านความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การวัดประเมินผล ได้ทราบวิธีการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้แนวทางจัดทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็น แบบวัดอัตนัย 4 ข้อ ดังตารางที่ 7

ตาราง 7 วิเคราะห์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	องค์ประกอบ	จำนวนข้อ	คะแนน
1	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	5
2	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	5
3	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	5
4	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์	1	5
รวม		4	20

1.2 ดำเนินการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยแนวทางของทอแรนซ์ (Torrance, 1962) ซึ่งเป็นแบบทดสอบประเภทอัตนัย ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือด้านความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และด้านความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาในการทำข้อละ 5 นาที รวมเวลาทั้งหมด 20 นาที โดยสร้างเกณฑ์การให้คะแนนตามสภาพจริงของนักเรียน Rubric scoring ดังตาราง 8

ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	อธิบายสิ่งที่ทำให้	ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด	0
	เกิดการเปลี่ยนแปลง	เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ 1 – 3	1
	ได้ในเรื่องของสภาพอากาศ และการกระทำของมนุษย์ (เช่น น้ำแข็งขั้วโลกละลาย คุณภูมิของโลกสูงขึ้น มนุษย์ปล่อยสาร CFC เกิดรูโหว่ของโอโซน เผาป่า โรงงานอุตสาหกรรมและมนุษย์ปล่อย CO ₂ สู่บรรยากาศ เป็นต้น)	รายการ รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์	
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้มากกว่า 4	2
		รายการ รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์	
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้มากกว่า 8	3
		รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์	
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้มากกว่า 11 รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์	4

ตาราง 8 (ต่อ)

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
2. ความคิด	เขียนวิธีการในการ	ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด	0
ยึดหยุ่นทาง	ช่วยลดปัญหาจาก	เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน	1
วิทยาศาสตร์	การเปลี่ยนแปลง	สมบูรณ์ มีการตัดแปลงความรู้เดิมให้เกิด	
	คุณ ภูมิข ของโลก	ประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทาง	
	โดยนำความรู้หรือ	วิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้	
	หลัก การ ท าง	1 ประเภทขึ้นไป	
	วิทยาศาสตร์มา	เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน	2
	อธิบายวิธีต่าง ๆ	สมบูรณ์ มีการตัดแปลงความรู้เดิมให้เกิด	
	โดยแบ่งแยกจัดกลุ่ม	ประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทาง	
	เป็นประเภท (เช่น	วิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้	
	วิธีการช่วยลดขยะ	2 ประเภทขึ้นไป	
	วิธีการช่วยลดการ	เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน	3
	ปล่อย CO2 วิธีการ	สมบูรณ์ มีการตัดแปลงความรู้เดิมให้เกิด	
	ช่วยเพิ่มปริมาณ O2	ประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทาง	
	วิธีการใช้พลังงาน	วิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้	
	ทางเลือก วิธีการใช้	3 ประเภทขึ้นไป	
	วัสดุที่ย่อยสลายง่าย	เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน	4
	เป็นต้น)	สมบูรณ์ มีการตัดแปลงความรู้เดิมให้เกิด	
		ประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทาง	
		วิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้	
		4 ประเภทขึ้นไป	

ตาราง 8 (ต่อ)

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	เขียนเหตุการณ์และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว โดยดูความแปลกใหม่ (เช่น น้ำท่วมทุกพื้นที่ การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก อุณหภูมิโลกสูงขึ้น)	ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด	0
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ แต่ซ้ำกันไม่เกิน 3 คน	1
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ แต่ซ้ำกันไม่เกิน 2 คน	2
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ แต่ซ้ำกันไม่เกิน 1 คน	3
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร	4

ตาราง 8 (ต่อ)

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
4. ความคิด ละเอียดลออ ทาง วิทยาศาสตร์	เขียนอธิบายอย่าง	ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด	0
	เป็นขั้นตอนพร้อม	เขียนตอบอธิบายรายละเอียด แต่ไม่มีการ	1
	วาดภาพสิ่งประดิษฐ์	อธิบายอย่างเป็นขั้นตอน ไม่มีการวาดภาพ สิ่งประดิษฐ์ และไม่มีการอธิบายหลักการ และเหตุผลทางวิทยาศาสตร์	
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียด แต่ไม่มีการ อธิบายอย่างเป็นขั้นตอน มีการวาดภาพ สิ่งประดิษฐ์แต่ไม่สอดคล้องกับรายละเอียด ไม่น่าสนใจ มีการอธิบายหลักการและ เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนในบาง ประเด็น	2
		เขียนตอบอธิบายรายละเอียด มีการลง รายละเอียดในการอธิบายอย่างเป็น ขั้นตอน แต่ไม่สมบูรณ์ มีการวาดภาพ สิ่งประดิษฐ์ได้สอดคล้องกับรายละเอียด มี ความเป็นไปได้ และน่าสนใจ มีการอธิบาย หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนในบางประเด็น แต่ไม่สมบูรณ์	3
		อธิบายรายละเอียด มีการลง รายละเอียดในการอธิบายอย่างเป็น ขั้นตอน ง่ายต่อการเข้าใจ มีการวาดภาพ สิ่งประดิษฐ์ได้สอดคล้องกับรายละเอียด ประณีต มีความเป็นไปได้ และน่าสนใจ มี การอธิบายหลักการและเหตุผลทาง วิทยาศาสตร์เหมาะสม ชัดเจน	4

1.3 เสนอแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ต่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้

1.4 ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท โดยปรับแก้
ดังนี้

1.4.1 ปรับสถานการณ์ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยได้เพิ่มรูปภาพ
ในข้อคำถามที่ 1 เป็นภาพธารน้ำแข็งที่ละลายเป็นทะเลน้ำแข็งแทนการบรรยายอย่างเดียว

1.4.2 ปรับข้อความเพื่อให้ชัดเจนของจุดประสงค์การวัดความคิดสร้างสรรค์
ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ความคิดสร้างสรรค์ปกติ เช่น ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในข้อที่ 1
ได้ให้ผู้เรียนเขียนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากการละลายของธารน้ำแข็ง ปรับเป็นให้นักเรียนนำความรู้
ทางวิทยาศาสตร์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมาตอบคำถาม เป็นต้น

1.5 เสนอแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ต่อผู้เชี่ยวชาญด้าน
วิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบหาความ
สอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) พิจารณาที่ค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ล้วน
สายยศ, 2543) และพิจารณาความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้และพิจารณาความ
เหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้โดยมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินและการแปลความหมาย
ของเกณฑ์ ดังนี้

ความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน
ดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ เฉพาะของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ เฉพาะของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
-1	หมายถึง	ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ ของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5	หมายถึง	ข้อคำถามมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	ข้อคำถามมีความเหมาะสมในระดับมาก
3	หมายถึง	ข้อคำถามมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ข้อคำถามมีความเหมาะสมในระดับน้อย
1	หมายถึง	ข้อคำถามมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลด้านความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.21-5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
3.41-4.20	หมายถึง	มีความเหมาะสมในระดับมาก
2.61-3.40	หมายถึง	มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
1.81-2.60	หมายถึง	มีความเหมาะสมในระดับน้อย
1.00-1.80	หมายถึง	มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จำนวน 3 ข้อ และข้อคำถามที่ไม่สอดคล้อง จำนวน 1 ข้อ คือข้อที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.33 และด้านความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้อยู่ระหว่าง 3.41- 4.70 (เกณฑ์ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมที่ใช้ตั้งแต่ 3.41 ขึ้นไป) จำนวน 3 ข้อ และข้อคำถามที่มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.33 จำนวน 1 ข้อ คือข้อที่ 1 โดยข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญลงความคิดเห็นร่วมกันว่า ควรมีการปรับภาษาในข้อคำถามและเพิ่มรูปภาพเพื่อขยายความเข้าใจของคำถามให้มากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม และเพิ่มรูปภาพ

1.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 35 คน พบว่า

1.6.1 ข้อคำถามที่ 1 นักเรียนยังมองภาพไม่ชัดเจนเนื่องจากถ่ายเอกสารสีดำแล้วหมึกจะดำไปหมด ผู้วิจัยจึงทำการปรับแก้สีของภาพเป็นสีเทาเพื่อให้ภาพชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.6.2 ข้อคำถามที่ 4 นักเรียนใช้เวลาในการทำค่อนข้างมากเนื่องจากผู้วิจัยระบุให้ระบายสีด้วย ผู้วิจัยจึงปรับไม่ให้นักเรียนระบายสีเพียงแค่วาดภาพให้เห็นสิ่งประดิษฐ์

1.7 ทำการวิเคราะห์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดย นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์เป็นรายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และ อำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค โดยควรมี ความยากง่ายอยู่ที่ระดับ 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าระหว่าง .20 ถึง 1.00 ค่าความเชื่อมั่น มีค่าสูงกว่า 0.70 (ล้วน สายยศ, 2538) ซึ่งพบว่าค่าความยากง่ายของแบบวัดรายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง 0.38-0.48 โดยข้อสอบข้อที่ 1 มีค่าความยาก 0.38 และข้อที่เหลือมีค่าความยากง่ายรายข้ออยู่ที่ 0.48 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดรายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.72 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เป็นแบบวัดที่ใช้ทดสอบก่อนและหลังเรียนของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี วิธีการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ที่ดี จากการศึกษาผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบปรนัยชนิด

2.2 ทำการวิเคราะห์ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และดำเนินการสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบแบ่งแยกตามพฤติกรรมตามหลักทฤษฎีของบลูม โดยประกอบด้วย ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านประเมินค่า และการกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการวิเคราะห์ข้อสอบ

เนื้อหา	สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม					รวม
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	
1.	ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร(แบบจำลองอนุภาคของสสาร) - การจัดเรียงอนุภาคของสสาร -เปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะต่างกัน	3	3	1	3	-	10
2.	เทอร์โมมิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ -ความหมายของสมดุลความร้อน -พลังงานความร้อนกับการขยายตัวของวัตถุ -ประโยชน์จากการนำสมบัติการขยายตัว-หดตัวของวัตถุ	2	4	3	3	3	15

ตาราง 9 (ต่อ)

เนื้อหา	สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า
3.	การถ่ายโอนพลังงานความร้อน	-	2	5	5	3
	และการนำไปใช้ประโยชน์					
	-ความหมายของการถ่ายโอนพลังงานความร้อน					
	-ประเภทของการถ่ายโอนพลังงานความร้อน					
รวม (ข้อ)		5	9	9	11	6
						40

2.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ตามการจัดตารางวิเคราะห์เนื้อหา โดยใช้เป็นแนวในการออกข้อสอบ เพื่อแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัด จำนวน 40 ข้อ โดยเรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร จำนวน 10 ข้อ เรื่องเทอร์โมมิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ จำนวน 15 ข้อ และเรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 15 ข้อ แบ่งเป็นด้านความรู้ความจำ จำนวน 5 ข้อ ด้านความเข้าใจ จำนวน 9 ข้อ ด้านการนำไปใช้ จำนวน 9 ข้อ ด้านการวิเคราะห์ จำนวน 11 ข้อ และด้านการประเมินค่า จำนวน 6 ข้อ

2.4 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามกับจุดประสงค์ในการประเมิน โดยอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทได้ให้ข้อเสนอแนะในประเด็นต่อไปนี้

2.4.1 ปรับคำให้มีความถูกต้องชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน เช่น คำถามข้อที่ 4 ที่ถามว่า สารชนิดหนึ่ง เปลี่ยนแปลงตามภาวะ แต่ไม่ได้ระบุข้ออธิบายเพิ่มเติม ปรับเป็นคุณสมบัติของสารในสถานะใด ปรับเป็น สารชนิดหนึ่ง มีรูปร่างไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตามภาวะ เป็นคุณสมบัติของสารในสถานะใด

2.4.2 เพิ่มรูปภาพในข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น คำถามข้อที่ 10 ที่ถามว่าสถานะของแข็งมีการจัดเรียงอนุภาคอย่างไร ปรับเป็น ใช้ภาพน้ำแข็ง และปรับตัวเลือกเป็นภาพเช่นกัน

2.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามกับจุดประสงค์ในการประเมิน อีกทั้งปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยการประเมินเป็นแบบสอบถามที่มีมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ความสอดคล้อง

+1	หมายถึง	แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน
-1	หมายถึง	แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณาไม่มีความถูกต้องสอดคล้องกัน

2.6 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 มีค่าสูงกว่า 0.5 (ล้วน สายยศ, 2543) โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

2.6.1 คำถามยังไม่ชัดเจน เช่น คำถามข้อที่ 16 เหตุใดเมื่อเทน้ำเดือดลงไปในแก้ว แก้วจึงแตกได้ เทน้ำเดือด แก้วไม่เกิดการแตกเสมอไป ปรับแก้เป็น เหตุใดเมื่อเทน้ำเดือดลงไปในแก้ว บางโอกาสที่แก้วเกิดการแตกได้

2.6.2 ไม่ควรใช้ภาษาที่สามารถตีความได้หลากหลายความหมาย เช่น คำถามข้อที่ 27 ถ้านำมือสัมผัสปลวไฟของเทียนไข ความร้อนจากปลวไฟจะมาถึงมือได้ด้วยวิธีใด ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติที่ไม่เหมาะสม ปรับแก้เป็นนำมือไปไว้เหนือปลวไฟของเทียนไข ความร้อนจากปลวไฟจะมาถึงมือได้ด้วยวิธีใด

2.7 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนเรื่อง พลังงานความร้อนมาแล้ว จำนวน 35 คน พร้อมตรวจให้คะแนน

2.8 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยให้คะแนนข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน และข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน และนำคะแนนมาหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 (Ferguson, 1976) โดยควรมีความยากง่ายอยู่ที่ระดับ 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าระหว่าง .20 ถึง 1.00 ค่าความเชื่อมั่น มีค่าสูงกว่า 0.70 (ล้วน สายยศ, 2538) นำมาหาค่าความยากง่าย (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.57 - 0.68 และมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.22 – 0.56 ตามจำนวนที่ต้องการใช้จริงคือ 40 ข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.73

2.9 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 35 คน

3. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบถามเป็นแบบลิเคิร์ต 5 ระดับคือ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยประกอบด้วยคำถามที่แบ่งตามองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดผลประเมินผล ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาแบบสอบถามให้ครอบคลุมเป็นตามจุดประสงค์ของงานวิจัย

3.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า จำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ กระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล ด้านละ 5 ข้อโดยมีระดับความพึงใจ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	ความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	ความพึงพอใจมาก
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	ความพึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	ความพึงพอใจน้อย
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	ความพึงพอใจน้อยที่สุด

นำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และแปลความหมายของค่าเฉลี่ย กำหนดเกณฑ์ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2560)

ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00	หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49	หมายถึง ความพึงพอใจมาก
ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49	หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49	หมายถึง ความพึงพอใจน้อย
ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49	หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุด

3.3 ดำเนินการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แสดงข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน

ตอนที่ 2 แสดงความพึงใจต่อการจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 3 แสดงข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด

3.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ปรินญาณิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและการนำไปใช้ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

3.5 ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา และเสนอให้อาจารย์ พิจารณาอีกครั้ง โดยมีประเด็นที่ต้องปรับแก้ดังนี้

3.5.1 ปรับรายการแบบสอบถามให้เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม เช่น ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 1.3 กิจกรรมการเรียนรู้ความต่อเนื่องเป็น ลำดับขั้นตอน ปรับเป็น กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน

3.5.2 ปรับรายการแบบสอบถามที่ไม่สอดคล้องกับหัวข้อ เช่น ข้อที่ 2.1 กิจกรรมที่หลากหลาย ไม่เกี่ยวข้องกับหัวข้อบรรยากาศการเรียนรู้ ปรับเป็น นักเรียนสามารถถาม คำถามหรือแสดงความคิดเห็นได้เต็มที่

3.6 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน พิจารณา ตรวจสอบความ สอดคล้องและเหมาะสมของภาษาที่ใช้และการนำไปใช้ ในแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัย สร้างขึ้น จากนั้นนำมาหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่าแบบวัดความพึงพอใจมีค่า ความ สอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และด้านความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้อยู่ระหว่าง 3.33-4.67 อยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด ผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

3.6.1 ปรับหัวข้อรายการแบบสอบถาม เช่น ด้านการใช้สื่อการเรียนการสอน เป็น ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้

3.6.2 ปรับข้อความในบางข้อให้เป็นข้อความเชิงลบ เช่น กิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างหลากหลาย นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

3.7 ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไข แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนให้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

การศึกษานำร่อง

ผู้วิจัยได้ศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน ได้จากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละขั้นตอน ด้านสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ พร้อมหาข้อบกพร่อง และนำข้อบกพร่องมาปรับแก้ไข และเมื่อผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยทำการสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลของความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แล้วพบข้อบกพร่อง คือ เรื่องเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเฉพาะในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ที่ผู้เรียนใช้เวลามากกว่าที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และในบางขั้นตอนนักเรียนสามารถปฏิบัติได้เร็วกว่ากำหนด อีกทั้งยังเรื่องของสภาพอากาศเป็นปัจจัยแทรกจากที่วางแผนไว้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขดังต่อไปนี้

3.1 ปรับปรุงเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ที่ให้ผู้เรียนทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองการถนอมกล้วยโดยใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งพบว่าผู้เรียนใช้เวลาในการสร้าง ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข ใช้เวลามากกว่าที่วางแผน

3.2 ปรับปรุงเรื่องสภาพอากาศ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการนำไปใช้ประโยชน์ ในขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งจากเดิมกำหนดให้นักเรียนภายในกลุ่มทดสอบประสิทธิภาพโดยนำชิ้นงานไปวางไว้กลางแจ้งแดด 40 นาที แล้วพบว่า ไม่มีแสงแดดเพียงพอต่อการทดสอบ ผู้วิจัยจึงได้ให้ผู้เรียนมาดูผลการทดสอบหลังเลิกเรียน เป็นต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experiment design) มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว คือ กลุ่มทดลอง ซึ่งดำเนินการตามแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest Posttest Design (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2551) ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงแบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	Pre-test	Treatment	Post-test
E_1	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

E_1	หมายถึง	กลุ่มทดลอง
T_1	หมายถึง	การทดลองก่อนทดลอง
X	หมายถึง	ตัวแปรจัดกระทำ
T_2	หมายถึง	การทดสอบหลังทดลอง

ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะของการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

1. ดำเนินการขอความร่วมมือกับทางโรงเรียนที่จะทำการทดลอง โดยการชี้แจงกิจกรรมให้นักเรียนทราบทั้งในเรื่องของจุดประสงค์พร้อมกับแนวปฏิบัติตนอย่างชัดเจนและถูกต้อง
2. ดำเนินการให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดสอบก่อนเรียน โดยผู้วิจัยทดสอบด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งอธิบายแนวปฏิบัติให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างรับทราบ

ระยะที่ 2 ระยะการดำเนินการทดลอง

1. ดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง

ระยะที่ 3 ระยะการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากการทดลอง

1. หลังจากที่ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานความร้อน และ ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามลำดับ

2. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ดังนี้

1. วิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Samples)

2. วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Samples)

3. วิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งสถิติออกเป็น 3 ประเภท คือ สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ค่าความยากง่าย ค่าความเชื่อมั่น ข้อสอบปรนัยและอัตนัย และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระกัน (t-test for dependent samples) โดยมีรายละเอียดของสถิติดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) จากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง
n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

S	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนเฉลี่ย

$\sum x^2$	หมายถึง	ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
$(\sum x)^2$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ร้อยละ (Percentage) คือคะแนนจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

P	หมายถึง	ร้อยละ
f	หมายถึง	ค่าความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ
N	หมายถึง	จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 ค่าความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ, 2543)

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

IOC	หมายถึง	ดัชนีความสอดคล้อง
$\sum R$	หมายถึง	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N	หมายถึง	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่าย (p) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ, 2543)

$$p = \frac{P_H + P_L}{2N}$$

P	หมายถึง	ค่าความยากง่าย
P _H	หมายถึง	คนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
P _L	หมายถึง	คนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
N	หมายถึง	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ, 2543)

$$r = \frac{R_H + R_L}{N}$$

r	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนก
R _H	หมายถึง	คนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
R _L	หมายถึง	คนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
N	หมายถึง	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) (ล้วน สายยศ, 2543)

$$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - C)^2}$$

r _{cc}	หมายถึง	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
K	หมายถึง	จำนวนข้อสอบ
X _i	หมายถึง	คะแนนของแต่ละข้อ
C	หมายถึง	คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

2.5 ค่าความเชื่อมั่น ตามสูตร KR-20 คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson method) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ, 2543)

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

α	หมายถึง	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
k	หมายถึง	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
$\sum \alpha_i^2$	หมายถึง	ผลรวมความแปรปรวนของแต่ละข้อ
α_i^2	หมายถึง	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

3. สถิติใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน รวมถึงวิเคราะห์คะแนนของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยใช้หน่วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้การทดสอบค่าที่แบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระกัน (t-test for dependent samples) (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

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

t	หมายถึง	การทดสอบค่าที่
D	หมายถึง	ผลต่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน
n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการด้านจริยธรรมในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในมนุษย์ จึงได้มีการวางแผนการวิจัยด้วยความระมัดระวังเนื่องด้วยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเป็นเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปีบริบูรณ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการขอใบรับรองโครงการวิจัยที่ดำเนินการในมนุษย์ และได้รับเอกสารรับรองโครงการวิจัยจากหน่วยงานคณะกรรมการจริยธรรมตามหนังสือหมายเลข SWUEC-G-175/2563E เมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2563 (ภาคผนวก ก) โดยได้ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัย ในระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2563 – 30 พฤศจิกายน 2563 อีกทั้งยังทำการชี้แจงรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยกับผู้เข้าร่วมงานวิจัยก่อนทำการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งให้ผู้ปกครองลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมในงานวิจัย โดยข้อมูลวิจัยที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการรักษาสิทธิ มีการให้หมายเลขและนามสมมติแทนการใช้ชื่อจริงของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเป็นการเก็บรักษาข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง และทำการเปิดเผยเฉพาะผลการวิจัยเท่านั้น

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการวิจัย 3 ประการ ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นั้น ผู้วิจัยได้แสดงผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรายด้าน ดังตารางที่ 11

ตาราง 11 แสดงผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรายด้าน

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	ผลการวิเคราะห์			
		ก่อนเรียน		หลังเรียน	
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	5	2.40	0.65	3.94	0.64
ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	5	2.49	0.66	3.94	0.54
ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	5	2.34	0.54	3.69	0.47
ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์	5	2.37	0.65	3.57	0.61
รวม	20	9.60	3.15	15.14	2.26

จากตารางที่ 11 แสดงผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรายด้าน จากการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านที่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ($\bar{X} = 3.94, S.D. = 0.64$) และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ ($\bar{X} = 3.94, S.D. = 0.54$) รองลงมาคือความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ($\bar{X} = 3.69, S.D. = 0.47$) และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ($\bar{X} = 3.57, S.D. = 0.61$) ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังตารางที่ 12

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ความคิด สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์	n	df	คะแนน เต็ม	Max	Mi n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	35	34	20	13	8	9.6	1.26	-24.15*	.000
หลังเรียน	35	34	20	18	12	15.14	1.29		

*ระดับนัยสำคัญที่ .05

จากตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($t = -24.15, p = .000$)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ผู้วิจัยได้แสดงผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	n	df	คะแนน เต็ม	Max	Min	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	35	34	40	37	14	27.14	5.53	-11.02*	.000
หลังเรียน	35	34	40	39	24	35.02	3.65		

*ระดับนัยสำคัญที่ .05

จากตารางที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($t = -11.02$, $p = .000$) โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 27.14 คะแนนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียน 35.02 คะแนน

3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดความพึงพอใจต่อการเรียนรู้หลังการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และนำมาหาค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ โดยมีการกลับค่าคะแนนความพึงพอใจของข้อคำถามที่มีลักษณะเชิงลบให้เป็นเชิงบวก ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 4 ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ข้อที่ 3 ด้านสื่อการเรียนรู้ ข้อที่ 3 ด้านการวัดและประเมินผล ข้อที่ 2 เพื่อนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยรวมรายด้านและค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด แสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
1. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง	4.03	0.38	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมด้านเวลา	3.31	0.87	ปานกลาง
3. กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน	4.00	0.24	มาก
4. กิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างหลากหลาย	2.74	0.95	ปานกลาง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้คิดสิ่งแปลกใหม่	4.48	0.88	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้	3.71	0.94	มาก

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความพึง พอใจ
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้			
6. นักเรียนสามารถถามคำถามหรือแสดงความคิดเห็นได้ เต็มที่	4.86	0.43	มากที่สุด
7. นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้	4.54	0.85	มากที่สุด
8. นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.11	1.07	มาก
9. เกิดความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนภายในกลุ่มและนักเรียน กับครูผู้สอน	4.85	0.42	มากที่สุด
10. สภาพชั้นเรียนส่งเสริมให้นักเรียนอยากมีส่วนร่วมในการ เรียนรู้	4.11	1.07	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านบรรยากาศการเรียนรู้	3.88	1.60	มาก
ด้านสื่อการเรียนรู้			
11. ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้จริงในชีวิตประจำวัน	3.57	1.14	มาก
12. ครูมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการสอน	4.65	0.72	มากที่สุด
13. นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์	3.58	1.24	มาก
14. ครูแนะนำและให้ความรู้แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	4.62	0.68	มากที่สุด
15. นักเรียนศึกษาความรู้ได้ด้วยตนเอง	4.42	0.81	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านสื่อการเรียนรู้	3.84	1.30	มาก

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความพึง พอใจ
ด้านการวัดและประเมินผล			
16. มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	4.51	0.91	มากที่สุด
17. นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3.57	1.14	มาก
18. การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์กำหนดไว้ชัดเจน	2.97	1.46	ปานกลาง
19. มีการวัดและประเมินผลที่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด	2.82	1.46	ปานกลาง
20. ครูมีการให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนจากการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.42	0.91	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านการวัดและประเมินผล	3.25	1.57	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.67	1.35	มาก

จากตารางที่ 14 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.67$, S.D.= 1.35) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่ในระดับมาก 3 ด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ($\bar{X}=3.88$, S.D.= 1.60) รองลงมาคือ ด้านสื่อการเรียนรู้ ($\bar{X}=3.84$, S.D.= 1.30) และด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ($\bar{X}=3.71$, S.D.= 1.30) และอยู่ในระดับปานกลาง 1 ด้าน ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X}=3.25$, S.D.= 1.57)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยขอเสนอกระบวนการที่สำคัญได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 550 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยได้สอนในปีการศึกษา 2563 และด้วยบริบทของโรงเรียนจะกำหนดให้ครูผู้สอนสอนห้องเรียนเดิมตลอดปีการศึกษาซึ่งส่งผลให้ให้นักเรียน จำนวน 35 คน เป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกแบบตามสะดวก (Convenience Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตัวแปรตาม

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหา เรื่องพลังงานความร้อน ตามหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ 1 เล่ม 1 ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) จัดทำโดย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเนื้อหาย่อยประกอบด้วย 1. ความ
ร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร(แบบจำลองอนุภาคของสสาร) 2. เทอร์มิเตอร์และหน่วยวัด
อุณหภูมิ 3. การถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการใช้ประโยชน์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experiment
design) มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว คือ กลุ่มทดลอง ซึ่งดำเนินการตามแบบแผนการวิจัยแบบ
One Group Pretest Posttest Design โดยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือวิจัยและตรวจสอบ
คุณภาพเครื่องมือวิจัย อันประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิง

วิศวกรรม แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ทำเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนที่ทำการทดลองโดยเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย ก่อนเริ่มการทดลองโดยให้นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ได้ดำเนินการชี้แจงกิจกรรมให้กับนักเรียนทราบจุดประสงค์และแนวทางปฏิบัติตนอย่างถูกวิธีในการเรียนรู้ จากนั้นจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ที่พัฒนาขึ้น และให้นักเรียนทำแบบวัดหลังเรียนโดยเป็นชุดเดียวกันกับก่อนเรียน อีกทั้งยังให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อตอบสนองมติฐานการวิจัย ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และ สถิติ t-test for dependent samples

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 9.60 คะแนน (S.D. = 3.15) และ 15.14 คะแนน (S.D. = 2.26) ตามลำดับ

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ในองค์ประกอบความคิดคลองทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ สูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 27.14 คะแนน (S.D. = 5.53) และ 35.02 คะแนน (S.D. = 3.65) ตามลำดับ

4. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 (S.D. = 1.35)

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อภิปรายผลได้ ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณาตามคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 9.60 และ 3.15 ตามลำดับ และหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.14 และ 2.26 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น เนื่องจากในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการคิด สามารถสร้างองค์ความรู้ ขึ้นงาน หรือนวัตกรรม ได้ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนได้รับการส่งเสริมความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ในขั้นการกำหนดปัญหา โดยนักเรียนได้ทำกิจกรรมการสังเกตด้วยการสัมผัสแก้วน้ำ 3 ใบซึ่งภายในแก้วบรรจุของเหลวที่แตกต่างกัน แก้วใบที่หนึ่งใส่น้ำร้อน แก้วใบที่สองใส่น้ำเย็น และแก้วใบสุดท้ายใส่น้ำแข็ง แล้วให้นักเรียนอธิบายถึงสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนยังได้ทำใบงานโดยการตอบคำถามที่มีการกำหนดระยะเวลาในการตอบอย่างชัดเจน ซึ่งการทำเช่นนี้นักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการคิดเพื่อให้ได้คำตอบมากที่สุดที่สะท้อนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง สอดคล้องกับ ภัสสร ติตมา (2558) ที่ได้กล่าวว่าการที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองและได้ฝึกให้นักเรียนได้อธิบายถึงสิ่งหนึ่งสิ่งใดภายในเวลาที่กำหนดจะทำช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดนั้นได้โดยอาจจะใช้ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมที่นักเรียนมี โดยขั้นที่ 3 ขั้นวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้าน ความคิดยืดหยุ่นทาง

วิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้ร่างแบบจำลองที่หลากหลายที่มีการกำหนดเงื่อนไขอย่างชัดเจน สอดคล้องกับ นพคุณ แดงบุญ (2552) ที่กล่าวถึงการคิดที่หลากหลายจะช่วยให้ นักเรียนสามารถ คิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ได้ และขั้นที่ 4 ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนจะ ได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้วางแผน และดำเนินการสร้างแบบจำลอง ดังเช่นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่จะต้องมีการวางแผนของการ เตรียมอุปกรณ์ สอดคล้องกับชามาศ ดิษฐเจริญ และปริญญา ทนันทชัยบุตร (2556) ที่กล่าวถึงการ วางแผนที่หลากหลายจะส่งเสริมความคิดริเริ่มได้ และขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนจะได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้าน ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานและ ปรับปรุงแก้ไขจนได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Pitz and Sund (1974) ที่กล่าว ความคิดละเอียดลออจะสามารถประเมินจากการสังเกตการทำงานที่ตรงเวลา เป็นระเบียบ เรียบร้อย

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน พบว่า ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ โดยความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยสูง ที่สุด อาจเนื่องมาจากในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีข้อ คำถามที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียนจึงส่งผลให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดกับองค์ ความรู้และประสบการณ์เดิมได้ง่าย อีกทั้งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมุ่งเน้นให้นักเรียนลง มือปฏิบัติด้วยตัวเองจนได้ชิ้นงาน หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ช่วยให้นักเรียนกล้าคิดในสิ่งแปลกใหม่ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ ศราวุธ ชาญนคร (2558) ที่ได้กล่าวว่า หากนักเรียนได้นำเอาความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมมาใช้ในการสร้างชิ้นงานด้วย ตนเอง จะทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ ๆ สามารถรังสรรค์ผลงานที่ไม่ซ้ำ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงาน ใช้ทักษะใน การออกแบบ และคิดหาวิธีการแก้ปัญหา จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิดในสิ่งแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ยังช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น อย่างสร้างสรรค์ได้ สามารถสื่อสารกับผู้อื่น เปิดใจรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่าง เพื่อนำไปปรับปรุง สิ่งต่าง ๆ นำไปสู่การสร้างสรรค์และผลิตนวัตกรรมต่อไป

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน โดยเมื่อพิจารณาตามคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ มีค่าเท่ากับ 27.14 และ 5.53 ตามลำดับ และพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ มีค่าเท่ากับ 35.02 และ 3.65 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง ได้แก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์จากชั้นต่าง ๆ ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้สืบค้นจากสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ กระตุ้นคำถาม และเสนอแนะความคิดเห็น รวมถึงให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาผ่านสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านสถานการณ์ที่อยู่ในชีวิตประจำวันคือการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนักเรียนทำการสืบค้นประโยชน์ของวัสดุต่าง ๆ ผ่านสื่อเทคโนโลยีที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ เช่น หนังสือ อินเทอร์เน็ต หรือสอบถามผู้รู้ และลงมือสร้างชิ้นงานที่ทำให้กล้วยแห้งได้เร็ว และนักเรียนได้ทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานตนเองพร้อมทั้งสามารถปรับปรุงแก้ไขให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่ง สอดคล้องกับ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการทำงานที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในสาระการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการหาวิธีการแก้ปัญหาจากประสบการณ์ที่ได้ผ่านมา จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความหลากหลาย มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอน ได้ร่วมกันสร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ จากองค์ความรู้ที่ช่วยกันสืบค้นเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้สร้างชิ้นงานผ่านสื่อเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้องค์ความรู้หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านคำถามหรือสถานการณ์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดหรือแรงบันดาลใจที่จะทำกิจกรรม สังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียนในการตอบคำถาม ช่วยกันทำงาน อีกทั้งตั้งใจทำอย่างเต็มที่ สอดคล้องกับ วชิรี นวลผ่อง (2553) ที่กล่าวว่า ความกระตือรือร้นและความใส่ใจในการเรียนหรือทำกิจกรรมของนักเรียนจะส่งผลให้นักเรียน

เกิดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก 3 ด้าน โดยด้านบรรยากาศการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านสื่อการเรียนรู้ และด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ตามลำดับ อยู่ในระดับปานกลาง 1 ด้าน ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมาก 3 ด้าน เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะเอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน ได้มีการให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มย่อย โดยได้ไปทำกิจกรรมที่บริเวณข้างอาคารเรียน ซึ่งเป็นพื้นที่สีเขียวของโรงเรียน อากาศปลอดโปร่ง มีแสงแดดเหมาะสมที่จะเอื้อต่อการทำกิจกรรม การใช้สื่อที่หลากหลายในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้ ทั้งสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวิดีโอ สื่อของจริง สื่อเทคโนโลยี เป็นต้น ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อที่หลากหลาย และมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนเป็นลำดับขั้นตอน ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมไปพร้อม ๆ กันในชั้นเรียน โดยมีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้ เริ่มจากขั้นการกำหนดปัญหา ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเป็นผู้กำหนดปัญหาด้วยตนเอง ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนจะสามารถใช้สื่อเทคโนโลยีมีส่วนในการรวบรวมข้อมูล นอกเหนือจากกิจกรรมที่ได้ทำร่วมกันกับเพื่อนร่วมกลุ่ม ขั้นวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนของการร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการร่วมกันออกแบบของสมาชิกภายในกลุ่ม ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องช่วยกันสร้างแบบจำลองที่คิดว่าดีที่สุดที่สามารถแก้ปัญหาได้ โดยขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนร่วมกันทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดร่วมกัน พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไข ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปรายแบบจำลองของเพื่อนแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งช่วยกันระบุข้อดี ข้อจำกัดของแบบจำลอง จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการทำงานอย่างมีขั้นตอน เป็นการลงมือปฏิบัติจริง ทำงานเป็นกลุ่ม ศึกษาข้อมูล แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ช่วยกันตัดสินใจเลือกแบบร่างแบบจำลองที่จะสร้างจริง ได้ฝึกการวางแผน การแบ่งงาน เพื่อให้ทันต่อเวลาที่ครูกำหนด ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานในชีวิตจริง และหลักการทำงานของวิศวกรรมที่เมื่อมีการสร้างผลงาน ต้องมีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดต่าง ๆ เข้ามามาสวนเกี่ยวข้อง เช่น เวลา งบประมาณ เป็นต้น ทั้งนี้ อภิสิริ ธงไชย (2556) ได้เสนอไปในทางเดียวกันว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักวางแผน การแก้ปัญหา ร่วมไปถึงการวางแผนในการทำงาน การ

ปรับปรุงแก้ไข อีกทั้งยังคิดหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับ วรณา รุ่งลักษณะศิริ (2551) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เน้นนักเรียน จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยส่งเสริม ความพึงพอใจของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ส่วนด้านการวัดและประเมินผล นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ ระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ผู้สอนได้มีการแจ้งเกณฑ์การ ประเมินชิ้นงานให้กับนักเรียนซึ่งเป็นการแจ้งในขณะที่นักเรียนกำลังทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลเพื่อ เลือกวัดชุดอุปกรณ์ จึงทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจเกณฑ์การวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน อีกประการคือการสร้างเกณฑ์การวัดและประเมินผลผู้สอนยังไม่ครอบคลุมถึงสถานการณ์เฉพาะ หน้าที่เกิดขึ้น เช่น การสร้างแบบจำลองอนุภาคของสารนักเรียนจะต้องมีการเป่าลมเพื่อให้เห็น อนุภาคของสารเกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งมีนักเรียนบางกลุ่มใช้พลังงานลมจากพัดลมแทนการเป่าลมจึง ทำให้เกิดการโต้แย้งเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนน จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงอาจทำให้นักเรียน ประเมินความพึงพอใจด้านนี้อยู่ในระดับปานกลางดังนั้นครูผู้สอนจึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ร่วมกำหนดเกณฑ์ในการวัดและประเมินผลชิ้นงาน สอดคล้องกับ จุฑามาศ ภู่นาค (2561) ที่กล่าว ว่า ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบความรู้ความสามารถผ่านเครื่องมือวัดและ ประเมินผลอย่างหลากหลาย โดยจะต้องสร้างเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งนักเรียนและผู้สอน เพื่อให้ นักเรียนได้เห็นความสำคัญของการวัดและประเมินผล และเกิดความพึงพอใจ

ข้อเสนอแนะ

จากการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานความร้อน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัย ครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ใช้ในการ วิจัยนี้เป็นการนำเอาขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการดำเนินกิจกรรมโดยในแต่ละ ขั้นตอนจะต้องให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นระบบ ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำการ สืบค้นด้วยสื่อเทคโนโลยีที่ตนเองสามารถเข้าถึงได้เพื่อเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถทำให้ชิ้นงาน เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งสามารถแก้ไขปัญหาในแต่ละสถานการณ์ได้ โดยโดยผู้ที่สนใจที่จะนำ กิจกรรมการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้จะต้องใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ โดยสถานการณ์ดังกล่าว

ควรมีความหลากหลายและแปลกใหม่ ทั้งเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่นักเรียนเผชิญในชีวิตประจำวัน และสอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการจัดการเรียนรู้

1.2 เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างสะดวก ก่อนการดำเนินจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้สอนควรเตรียม อุปกรณ์ สื่อการจัดการเรียนรู้ในกิจกรรมชั้นต่าง ๆ ให้ครบ เพื่อความรวดเร็วและทันเวลาที่กำหนด และครูผู้สอนควรมีการเผื่อเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากในแต่ละกิจกรรมค่อนข้างใช้เวลานาน โดยเฉพาะในขั้นการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนจะต้องทดสอบประสิทธิภาพในการถนอมกล้วยด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งเวลา 20 นาที ไม่เพียงพอ ดังนั้น หากเป็นไปได้ควรเพิ่มเวลาในขั้นนี้ จะส่งผลให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.3 จากการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่กระตือรือร้นในการสร้างชิ้นงาน ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการสร้างชิ้นงานผ่านกิจกรรมโดยเริ่มต้นด้วยปัญหาที่น่าสนใจเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด ได้ใช้จินตนาการอย่างสร้างสรรค์ในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในครั้งนี้ มุ่งเน้นส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการสร้างชิ้นงานอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาและนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม จากการวิจัย พบว่า สถานการณ์ในการกระตุ้นให้เกิดการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญ หากสถานการณ์นั้นไม่น่าสนใจ จะทำให้นักเรียนไม่เกิดแรงจูงใจในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำกิจกรรมได้ครบตามขั้นตอน ซึ่งอาจส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการศึกษาให้เห็นถึงแนวทางในการเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมมาใช้ในการกระตุ้นในการแก้ปัญหานักเรียนเพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและการทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

2.2 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาโดยใช้แบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเอง โดยเป็นแบบวัดที่อิงตามเนื้อหาที่เรียนจึงอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของการจำกัดความคิดของนักเรียนในด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องใช้เรื่องพลังงานความร้อน เท่านั้น ในการศึกษาเพื่อต่อยอดงานวิจัยต่อไป อาจมีการใช้เครื่องมือฉบับนี้

ควบคู่กับเครื่องมือวิจัยอื่น ๆ เช่น แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ใบงาน ใบกิจกรรม และการสัมภาษณ์ เพื่อให้สามารถสะท้อนความสามารถของนักเรียนตามองค์ประกอบได้ชัดเจนมากขึ้น

2.3 จากการวิจัยพบว่า ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 นักเรียนได้แสดงให้เห็นว่ามีการคิดแก้ปัญหาอย่างไม่ดีเท่าที่ควร จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนเมื่อถึงขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานหากชิ้นงานเกิดปัญหาหรือไม่มีประสิทธิภาพตามที่ได้ตั้งใจไว้ นักเรียนจะไม่สามารถคิดต่อได้ว่าจะต้องแก้ปัญหายังไงเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว หรือคิดได้ช้า ในการทำวิจัยครั้งต่อไปอาจจะพัฒนาหรือส่งเสริม ทักษะการแก้ปัญหา เพิ่มเติมให้กับผู้เรียน



บรรณานุกรม

- Bloom. (1982). *Human Charaacterristics and School Leaning*. New York: Mcgraw - Hill.
- Blount & Klausmeier. (1968). *Teaching in the secondary school*.
- Guilford. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Kim, K. M. (2016). *Two type of design approaches regarding industrial design and engineering design in product design*.
- Marzano. (1988). *A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction*.
- Osborn, A. F. (1963). *Creative imagination*. New York: Charles.
- Partnership for 21st Century Skills. (2015). 21st Century Skills.
- Pitz and Sund. (1974). *Creative Teaching of Science in the Elementary School*. Boston: Allyn and Bacon.
- Schachter, R. (2012). A classroom of engineering: Teaching STEM in the younger grede. Scholastic Instructor. Retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ973521.pdf>.
- Torrance, E. p. (1962). *Gulding creativetalent*. Englewood cliffs: Prentice-Hall.
- กรกนก พากิ่ง. (2558). การพัฒนากระบวนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (มหาวิทยาลัยมหาสารคาม).
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรุณา เสนฤทธิ์. (2556). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดสร้างสรรค์ วิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (กศ.ม.). มหาสารคาม, คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- จริญยา นาหัวหิน. (2553). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5e กับการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.

จินตนา เทศेम. (2550). อุตุนตตถ, มหาวทยาลยราชภฏอุตุนตตถ.

จุฑามาศ ภูณาค. (2561). การพัฒนาศามารถในการคตสร้างสรค ผลสัณญททางกรเรียน และเจตคตททางคณตศาสตร เรือง การวคระห้ข้อมูลเบ้องต่น ของนกเรียนชั้นมัธยมศกษาปที่ 6 โรงเรยนราชนินบูรณะ จ้งหวดนครปฐม ที่จ้ดการเรยนรู้โยใช้คำถามปลายเปด. (วทยานพนธ์ศกษาศาสตรมหาบัณทต). มหาวทยาลยเกษตรศาสตร, กรุงเทพ.

ชามาศ ดษฐเจรญ และปรญญ หนนชัยบุตร. (2556). การพัฒนาศามารถคตสร้างสรคและผลสัณญททางกรเรียนของนกเรียนชั้นมัธยมศกษาปที่ 6 โดยการจัดการเรยนรู้แบบคองงานตามแนวคณสรคชั้นนศม ในรายวชการเชยนโปรแกรมพัฒนาคูนยนต์ประกฎ. . (วทยานพนธ์ศกษาศาสตรมหาบัณทต). มหาวทยาลยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ชูศร วศรตนะ. (2551). แบบแผนการวจยเชงทคองและสทธทวคระห้ แนวคตพ้นฐานและวธการ. กรุงเทพ: นกพมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐพร เชนเจรญเลศ. (2559). ปทุมธานี, คณะครศาสตร มหาวทยาลยราชภฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ.

นพคุณ แดงบุญ. (2552). การศกษาสผลสัณญททางกรเรยนวทยาศาสตรและเจตคตต่อวทยาศาสตรของนกเรียนชั้นมัธยมศกษาปที่ 2 ที่ได้รับการจ้ดการเรยนรู้ด้วยชุดคกิจกรรมวทยาศาสตร. (วทยานพนธ์มหาบัณทต). มหาวทยาลยศรนครนทรวธ, กรุงเทพ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวจยเบ้องต่น. กรุงเทพ: สุวธยาสสน.

ประดับ นาคแก้ว. (2551). หนังสอเรยนวทยาศาสตร ม.3 หลักรัฐรแกนกลางฯ 2551: กรุงเทพ.

ภัสสร ตตมา. (2558). การจ้ดการเรยนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรืองระบบของร่างกายมนุษย์ เพ้องส่งเสริมคามารถคตสร้างสรคสำหรับนกเรียนชั้นมัธยมศกษาปที่ 2. (ปรญญานพนธ์การศกษามหาบัณทต). มหาวทยาลยนเรศวร

วรรณา รุ่งลคษมศร. (2551). ผลของการเรยนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวศกรรมที่มีต่อคามารถในการแก้ปัญหเชงวทยาศาสตร และทคษะกระบวนการทางวทยาศาสตรชั้นผลมผลานของนกเรียนมัธยมศกษาคอนต่น ในโรงเรยนสาธต. (วทยานพนธ์ปรญญาครุศาสตร). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

วศร นวลผ้อง. (2553). การพัฒนาศามารถคตสร้างสรคตามทฤษฎการสร้างคามรู้ เรืองงานประกษฐจากภูมิปัญญาไทย วช งานประกษฐฐ ชั้นมัธยมศกษาปที่ 6. (วทยานพนธ์การศกษามหาบัณทต). มหาวทยาลยสารคาม, มหาสารคาม.

วัฒนาพร ระจบัทกษ. (2541). การจ้ดการเรยนการสอนที่เน้นนกเรียนเป็นศูนยกลาง. กรุงเทพ: เลพ

แลนด์ลิฟเพรส.

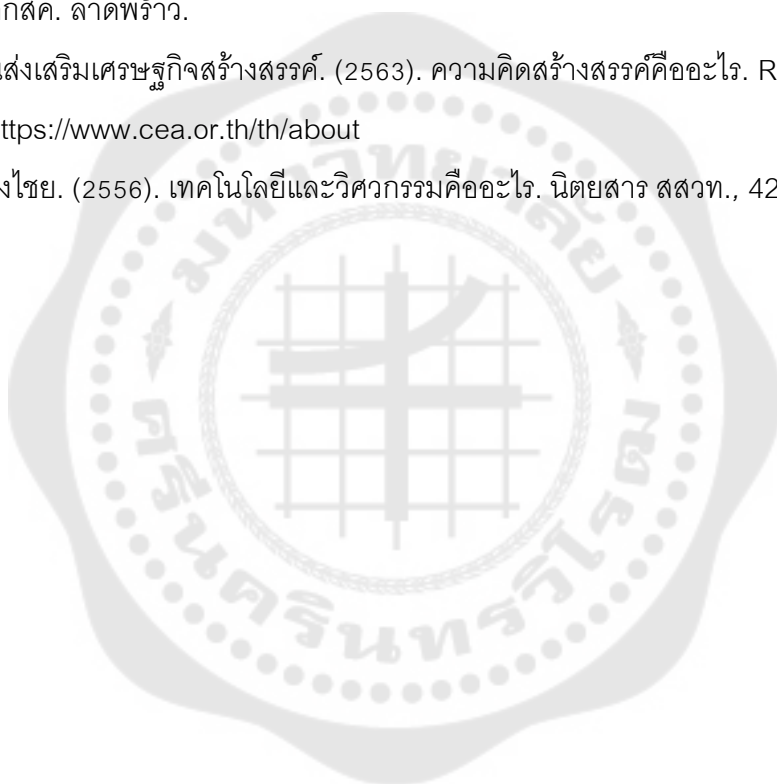
ศรายุทธ ชาญนคร. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง บรรยายภาสดด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์. Paper presented at the การประชุมวิชาการ
เสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 34, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศศิพิมล ประพินพงศกร. (2560). กรุงเทพฯ, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ 2. กรุงเทพฯ:
สกสค. ลาดพร้าว.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์. (2563). ความคิดสร้างสรรค์คืออะไร. Retrieved from
<https://www.cea.or.th/th/about>

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไร. นิตยสาร สสวท., 42(188), 35-37.









ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของ
เนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ตรวจสอบความเที่ยงตรง
เชิงเนื้อหาของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามความ
พึงพอใจต่อการเรียนรู้ และความถูกต้องเหมาะสม มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร
คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ
สถาบันพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กรกมล ชูช่วย
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
5. อาจารย์ ดร.อารยา ลี
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาคผนวก ข
การขอใบรับรองจริยธรรมในมนุษย์



หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและไบนยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 175/2563E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาวศรินนา ทับทิมใส

สังกัด: ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา

เอกสารที่รับรอง: 1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

- | | |
|---|--|
| 1. แบบเสนอโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 24 กรกฎาคม 2563 |
| 2. โครงร่างการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 24 กรกฎาคม 2563 |
| 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 24 กรกฎาคม 2563 |
| 4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 24 กรกฎาคม 2563 |

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิตรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-175/2563

วันที่ให้การรับรอง : 24/07/2563

วันหมดอายุใบรับรอง : 24/07/2564



ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

24 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขออนุญาตผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 175/2563E

เรียน นางสาว ศรินนาค ทับทิมใส

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-175/2563

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 175/2563E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2563 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number	SWUEC/E/G-175/2563
Date of Approval	24 กรกฎาคม 2563 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)
Date of Expiration	24 กรกฎาคม 2564
Continuing Review	ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 24 กรกฎาคม 2564)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้ขอความกรุณาให้ผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-175/2563) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุธีพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430
โทรสาร 0-2259-1822



ภาคผนวก ค

ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางวิเคราะห์ ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิง
วิศวกรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ											
	แผนที่ 1				แผนที่ 2				แผนที่ 3			
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	+1	0	+1	0.67	+1	+1	+1	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความ สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	+1	0	+1	0.67	+1	+1	+1	1.00
3. กิจกรรมการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	+1	0	+1	0.67	+1	0	+1	0.67
4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	1.00	+1	0	+1	0.67	+1	0	+1	0.67
5. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้อง กับขั้นตอนของกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม	0	+1	+1	0.67	0	+1	+1	0.67	0	-1	+1	0.00
6. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้อง ต่อการส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67	+1	+1	+1	1.00	+1	+1	+1	1.00
7. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้อง กับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	+1	+1	+1	1.00	+1	0	+1	0.67
8. การวัดและประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	+1	0	+1	0.67	0	+1	+1	0.67	0	+1	+1	0.67

ตารางวิเคราะห์ ความเหมาะสมของสถานการณ์และข้อคำถาม ของแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ใช้
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ											
	แผนที่ 1				แผนที่ 2				แผนที่ 3			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ ถูกต้องตามหลักการเขียน พฤติกรรมที่กำหนด สามารถวัดและ ประเมินผลได้	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ ระบุในแผนการจัดการ เรียนรู้มีความเป็นไปได้ใน การนำไปสอนจริง	5	3	5	4.33	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67
3. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ ระบุในแผนการจัดการ เรียนรู้มีความเหมาะสม ด้านเวลาและการนำไปใช้	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67
4. ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมมี ความเหมาะสมต่อการ นำไปใช้ตามที่ระบุในแผน	4	5	4	4.33	4	4	5	4.33	4	4	5	4.33
5. เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ ตาม ธรรมชาติของวิชา	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67
6. สื่อการเรียนรู้ มีความ เหมาะสมกับกิจกรรมการ เรียนรู้	5	4	5	4.67	5	4	5	4.67	4	4	5	4.33
7. การวัดและประเมินผล มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจ ง่าย	4	4	5	4.33	4	4	5	4.33	4	4	5	4.33



ภาคผนวก ง
ผลการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน

ตาราง การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องประเมิน

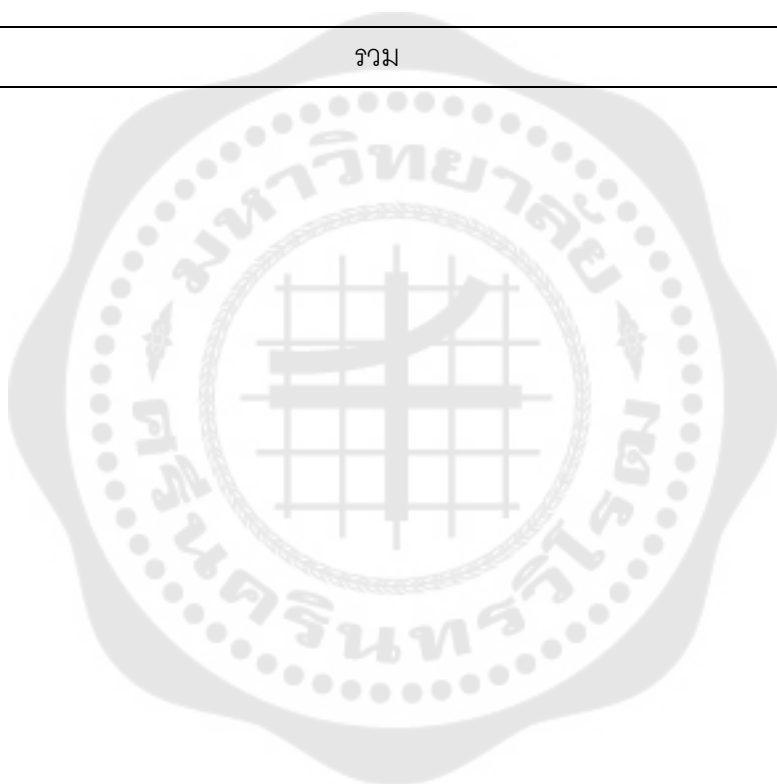
เนื้อหา	สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม					รวม
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	
1.	ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร (แบบจำลองอนุภาคของสสาร)	3	3	1	3	-	10
	- การจัดเรียงอนุภาคของสสาร - เปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสาร ในสถานะต่างกัน						
2.	เทอร์มิเตอร์และหน่วยวัดอุณหภูมิ	2	4	3	3	3	15
	- ความหมายของสมดุลความร้อน - พลังงานความร้อนกับการขยายตัวของวัตถุ - ประโยชน์จากการนำสมบัติการขยายตัว-หด ตัวของวัตถุ						
3.	การถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการ นำไปใช้ประโยชน์	-	2	5	5	3	15
	- ความหมายของการถ่ายโอนพลังงานความ ร้อน - ประเภทของการถ่ายโอนพลังงานความร้อน						
รวม (ข้อ)		5	9	9	11	6	40

ตารางวิเคราะห์ค่าความเที่ยงภายใน IOC ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง
พลังงานความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตัวชี้วัดที่	แบบทดสอบ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00
1	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00
1	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00
1	ข้อที่ 4	0	+1	+1	0.67
1	ข้อที่ 5	+1	0	+1	0.67
1	ข้อที่ 6	+1	0	+1	0.67
1	ข้อที่ 7	+1	0	+1	0.67
1	ข้อที่ 8	+1	+1	+1	1.00
1	ข้อที่ 9	0	+1	+1	0.67
1	ข้อที่ 10	+1	0	+1	0.67
2	ข้อที่ 11	+1	0	+1	0.67
2	ข้อที่ 12	+1	+1	+1	1.00
2	ข้อที่ 13	0	+1	+1	0.67
3	ข้อที่ 14	+1	0	+1	0.67
2	ข้อที่ 15	+1	0	+1	0.67
2	ข้อที่ 16	0	+1	+1	0.67
3	ข้อที่ 17	+1	0	+1	0.67

ตัวชี้วัดที่	แบบทดสอบ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	IOC
3	ข้อที่ 18	+1	0	+1	0.67
3	ข้อที่ 19	+1	0	+1	0.67
2	ข้อที่ 20	+1	0	+1	0.67
3	ข้อที่ 21	+1	0	+1	0.67
2	ข้อที่ 22	+1	0	+1	0.67
3	ข้อที่ 23	+1	0	+1	0.67
3	ข้อที่ 24	+1	+1	+1	0.67
2	ข้อที่ 25	0	+1	+1	0.67
4	ข้อที่ 26	+1	+1	+1	1.00
4	ข้อที่ 27	0	+1	+1	0.67
4	ข้อที่ 28	+1	0	+1	0.67
5	ข้อที่ 29	+1	+1	+1	1.00
5	ข้อที่ 30	0	+1	+1	0.67
6	ข้อที่ 31	+1	0	+1	0.67
6	ข้อที่ 32	+1	+1	+1	1.00
5	ข้อที่ 33	0	+1	+1	0.67
6	ข้อที่ 34	+1	+1	+1	1.00
6	ข้อที่ 35	+1	0	+1	0.67
5	ข้อที่ 36	+1	+1	+1	1.00

ตัวชี้วัดที่	แบบทดสอบ	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	IOC
5	ข้อที่ 37	0	+1	+1	0.67
4	ข้อที่ 38	+1	+1	+1	1.00
6	ข้อที่ 39	+1	0	+1	0.67
4	ข้อที่ 40	+1	0	+1	0.67
รวม					0.75



ตารางผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปี
ที่ 1

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	สรุป
1	0.742857	0.222222	ใช้ได้
2	0.742857	0.444444	ใช้ได้
3	0.742857	0.222222	ใช้ได้
4	0.771429	0.555556	ใช้ได้
5	0.742857	0.333333	ใช้ได้
6	0.771429	0.555556	ใช้ได้
7	0.685714	0.444444	ใช้ได้
8	0.714286	0.555556	ใช้ได้
9	0.714286	0.555556	ใช้ได้
10	0.657143	0.666667	ใช้ได้
11	0.771429	0.333333	ใช้ได้
12	0.714286	0.555556	ใช้ได้
13	0.714286	0.333333	ใช้ได้
14	0.742857	0.555556	ใช้ได้
15	0.685714	0.111111	ปรับปรุง
16	0.628571	0.666667	ใช้ได้
17	0.657143	0.555556	ใช้ได้
18	0.657143	0.444444	ใช้ได้
19	0.628571	0.222222	ใช้ได้
20	0.685714	0.222222	ใช้ได้
21	0.771429	0.222222	ใช้ได้
22	0.742857	0.333333	ใช้ได้
23	0.628571	0.222222	ใช้ได้
24	0.6	0.333333	ใช้ได้
25	0.685714	0.222222	ใช้ได้

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	สรุป
26	0.657143	0.333333	ใช้ได้
27	0.571429	0.333333	ใช้ได้
28	0.771429	0.333333	ใช้ได้
29	0.6	0.333333	ใช้ได้
30	0.514286	0.222222	ใช้ได้
31	0.771429	0.444444	ใช้ได้
32	0.542857	0.222222	ใช้ได้
33	0.571429	0.222222	ใช้ได้
34	0.685714	0.111111	ปรับปรุง
35	0.714286	0.222222	ใช้ได้
36	0.742857	0.222222	ใช้ได้
37	0.657143	0.222222	ใช้ได้
38	0.628571	0.222222	ใช้ได้
39	0.514286	0.222222	ใช้ได้
40	0.6	0.333333	ใช้ได้

ภาคผนวก จ
ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์



ตารางวิเคราะห์ค่าความเที่ยงภายใน IOC และความเหมาะสมของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง

ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง			IOC	ความเหมาะสม			$\bar{X}$	การประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	มากที่สุด
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	มากที่สุด
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	4	5	4	4.3	มาก
ข้อที่ 4	0	+1	+1	0.67	4	5	5	4.6	มากที่สุด
รวม				0.91	รวม			4.7	มากที่สุด

วิทยาศาสตร์



ตาราง ผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (try out) ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน (N=35คน)											
	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D
1	2	2	2	2	2	0	4	3	4	3	3.5	0.58
2	3	3	3	3	3	0	5	4	4	4	4.25	0.5
3	2	3	3	2	2.5	0.58	4	4	4	3	3.75	0.5
4	3	3	2	3	2.75	0.5	4	4	3	3	3.5	0.58
5	2	3	2	2	2.25	0.5	5	4	3	3	3.75	0.96
6	2	3	3	4	3	0.82	4	5	4	4	4.25	0.5
7	2	2	2	2	2	0	3	4	4	3	3.5	0.58
8	2	2	3	2	2.25	0.5	4	3	4	3	3.5	0.58
9	2	2	4	2	2.5	1	3	3	5	3	3.5	1
10	2	3	2	4	2.75	0.96	4	4	4	4	4	0
11	2	2	2	2	2	0	5	4	3	2	3.5	1.29
12	2	3	2	2	2.25	0.5	4	4	3	3	3.5	0.58
13	2	2	2	2	2	0	5	3	3	3	3.5	1
14	2	3	3	2	2.5	0.58	4	4	4	2	3.5	1
15	4	3	3	4	3.5	0.58	5	4	4	4	4.25	0.5
16	3	2	2	2	2.25	0.5	4	3	4	3	3.5	0.58
17	2	3	3	3	2.75	0.5	4	4	4	4	4	0
18	3	3	2	3	2.75	0.5	4	4	4	4	4	0

คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน (N=35คน)											
	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D
19	2	3	2	3	2.5	0.58	5	5	4	4	4.5	0.58
20	2	3	3	2	2.5	0.58	4	5	5	4	4.5	0.58
21	2	3	2	3	2.5	0.58	4	4	4	4	4	0
22	2	3	3	3	2.75	0.5	3	4	5	3	3.75	0.96
23	2	3	2	3	2.5	0.58	3	5	4	3	3.75	0.96
24	3	2	2	3	2.5	0.58	4	4	5	4	4.25	0.5
25	2	3	2	3	2.5	0.58	4	4	5	4	4.25	0.5
26	3	3	2	3	2.75	0.5	4	5	4	4	4.25	0.5
27	2	3	2	3	2.5	0.58	4	5	3	4	4	0.82
28	3	2	2	2	2.25	0.5	5	4	3	3	3.75	0.96
29	2	3	2	2	2.25	0.5	4	4	4	4	4	0
30	2	3	2	3	2.5	0.58	4	4	4	4	4	0
31	4	4	4	4	4	0	4	5	4	4	4.25	0.5
32	2	3	2	3	2.5	0.58	5	4	5	4	4.5	0.58
33	3	2	3	3	2.75	0.5	4	4	4	4	4	0
34	2	3	2	2	2.25	0.5	5	4	4	3	4	0.82
35	3	2	2	2	2.25	0.5	5	4	3	3	3.75	0.96
$\bar{X}$	2.37	2.71	2.4	2.66			4.17	4.06	3.94	3.46		
S.D.	0.60	0.52	0.60	0.68			0.63	0.59	0.64	0.61		

ตาราง ผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน (N=35คน)											
	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D
1	2	3	2	1	2	0.82	3	4	3	2	3	0.82
2	2	3	2	2	2.25	0.5	3	4	4	3	3.5	0.58
3	2	2	3	2	2.25	0.5	3	5	3	3	3.5	1
4	3	2	2	3	2.5	0.58	4	4	4	5	4.25	0.5
5	3	3	2	2	2.5	0.58	4	4	3	3	3.5	0.58
6	2	3	3	2	2.5	0.58	4	4	4	4	4	0
7	2	3	2	3	2.5	0.58	3	4	4	4	3.75	0.5
8	2	2	3	2	2.25	0.5	4	3	4	3	3.5	0.58
9	2	3	3	2	2.5	0.58	3	4	4	3	3.5	0.58
10	2	2	2	2	2	0	4	4	4	3	3.75	0.5
11	2	1	2	2	1.75	0.5	4	3	3	4	3.5	0.58
12	3	2	2	2	2.25	0.5	3	4	3	3	3.25	0.5
13	3	2	3	2	2.5	0.58	4	4	4	4	4	0
14	2	3	2	2	2.25	0.5	4	4	3	3	3.5	0.58
15	3	3	2	2	2.5	0.58	5	5	4	4	4.5	0.58
16	2	2	2	2	2	0	4	4	3	4	3.75	0.5
17	2	2	3	2	2.25	0.5	4	4	4	4	4	0
18	4	3	2	2	2.75	0.96	5	4	4	3	4	0.82

คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน (N=35คน)											
	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (5)	ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (5)	$\bar{x}$	S.D
19	2	2	2	3	2.25	0.5	4	4	4	4	4	0
20	2	2	3	2	2.25	0.5	3	3	4	3	3.25	0.5
21	2	4	2	3	2.75	0.96	4	5	4	4	4.25	0.5
22	2	2	3	2	2.25	0.5	3	4	3	4	3.5	0.58
23	2	3	2	2	2.25	0.5	4	4	4	4	4	0
24	2	2	2	2	2	0	4	4	4	3	3.75	0.5
25	2	2	2	3	2.25	0.5	5	5	4	3	4.25	0.96
26	2	2	2	3	2.25	0.5	4	4	4	4	4	0
27	2	2	2	4	2.5	1	4	4	4	4	4	0
28	3	2	2	3	2.5	0.58	4	3	4	4	3.75	0.5
29	2	3	2	2	2.25	0.5	5	4	3	3	3.75	0.96
30	2	3	2	4	2.75	0.96	4	4	3	4	3.75	0.5
31	4	2	4	3	3.25	0.96	5	3	4	4	4	0.82
32	2	4	2	3	2.75	0.96	4	4	4	4	4	0
33	4	3	3	3	3.25	0.5	5	4	3	4	4	0.82
34	3	3	2	2	2.5	0.58	4	4	4	3	3.75	0.5
35	3	2	3	2	2.5	0.58	4	3	4	4	3.75	0.5
$\bar{X}$	2.4	2.49	2.34	2.37			3.94	3.94	3.69	3.57		
S.D.	0.65	0.66	0.54	0.65			0.64	0.54	0.47	0.61		



ภาคผนวก จ

ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง			IOC	ความเหมาะสม			$\bar{X}$	การประเมิน
	คนที่	คนที่	คนที่		คนที่	คนที่	คนที่		
	1	2	3		1	2	3		
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 4	0	+1	+1	0.67	4	5	4	4.3	ดี
ข้อที่ 5	+1	0	+1	0.67	4	5	5	4.6	ดีมาก
ข้อที่ 6	+1	0	+1	0.67	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 7	+1	0	+1	0.67	4	5	5	4.6	ดีมาก
ข้อที่ 8	+1	0	+1	0.67	4	5	4	4.3	ดี
ข้อที่ 9	+1	+1	+1	1.00	5	4	5	4.6	ดีมาก
ข้อที่ 10	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	4.3	ดี
ข้อที่ 11	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 12	+1	+1	+1	1.00	4	5	5	4.6	ดีมาก
ข้อที่ 13	+1	+1	+1	1.00	4	5	4	4.3	ดี
ข้อที่ 14	0	+1	+1	0.67	4	5	5	4.6	ดีมาก
ข้อที่ 15	+1	0	+1	0.67	4	4	5	4.3	ดี
ข้อที่ 16	+1	0	+1	0.67	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 17	0	+1	+1	0.67	4	5	4	4.3	ดี
ข้อที่ 18	+1	+1	+1	1.00	5	5	5	5	ดีมาก
ข้อที่ 19	+1	+1	+1	1.00	5	4	5	4.6	ดีมาก
ข้อที่ 20	0	+1	+1	0.67	5	4	5	4.6	ดีมาก
รวม				0.67		รวม		4.6	ดีมาก

ภาคผนวก ช
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร (แบบจำลองอนุภาคของสสาร)
 วิชา ว 21101 ชื่อรายวิชา วิทยาศาสตร์ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 4 ชั่วโมง
 ผู้สอนนางสาวศิริินาถ ทับทิมใส

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

➤ มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

➤ ตัวชี้วัด

มฐ. ว 2.1 ม.1/9 อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้

2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้

3. นักเรียนมีน้ำใจ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และความรับผิดชอบที่ได้รับมอบหมาย

3. สำคัญ

สสารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาค โดยสสารชนิดเดียวกันที่มีสถานะของแข็ง ของเหลว แก๊ส จะมีการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเคลื่อนที่ของอนุภาคแตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อรูปร่างและปริมาตรของสสาร โดยสามารถจำแนกอนุภาคของสสารเป็น 3 สถานะ ดังนี้ 1. อนุภาคของของแข็งเรียงชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากที่สุด อนุภาคสั่นอยู่กับที่ ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรคงที่ 2. อนุภาคของของเหลวอยู่ใกล้กัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊ส อนุภาคเคลื่อนที่ได้แต่ไม่เป็นอิสระโดยสามารถเคลื่อนที่รอบ ๆ

อนุภาคใกล้เคียง ทำให้มีรูปร่างไม่คงที่ เปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ แต่ปริมาตรไม่คงที่ 3. อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคเคลื่อนที่อย่างอิสระในทุกทิศทุกทาง ส่งผลให้รูปร่างและปริมาตรไม่คงที่

4. สมรรถนะสำคัญ

1. ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการสื่อสาร นำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา หรือแก้ไขชิ้นงาน
4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

5. สาระการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

- การจัดเรียงอนุภาคของสสาร
- เปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะต่างกัน
- การสร้างแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสสาร

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

1. ใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในการเปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสาร
2. ใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในการการสร้างแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสสาร ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. ความมีน้ำใจ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และความรับผิดชอบที่ได้รับมอบหมาย

6. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน ทักษะศตวรรษที่ 21

การเรียนรู้ 3R x 8C

- ☒ Reading (อ่านออก) ☒ (W) Riting (เขียนได้) ☒ (A) Rithmetics

(คำนวณได้)

- ☒ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ไขปัญหา
- ☒ ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม
- ☒ ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ
- ☐ ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ
- ☐ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

- ☐ ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้

ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ

- ☐ ความยืดหยุ่นและการปรับตัว
- ☒ การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง
- ☐ ทักษะสังคมและสังคมข้ามวัฒนธรรม
- ☐ การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือ

ได้(Accountability)

- ☒ ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

คุณลักษณะสำหรับศตวรรษที่ 21

- ☐ คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ ได้แก่ การชี้นำตนเอง การตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง
- ☒ คุณลักษณะด้านศีลธรรม ได้แก่ ความเคารพผู้อื่น ความซื่อสัตย์ ความสำนึกพลเมือง

7. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

7.1 ใบกิจกรรมที่ 1.1 เขียนอธิบายเปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารในสถานะต่างกัน

7.2 ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่องการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร

7.3 การสร้างแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสสาร

7.4 เกมบิงโกมหาสนุก

8. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนใช้รูปแบบการสอน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Identification) เวลา.....15.....นาที

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน จำนวน 6 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีทั้งเด็ก เก่ง ปานกลาง และอ่อน ช่วยกันทำกิจกรรม

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตภาพที่ 1.1 (ภาพประกอบอยู่ในใบกิจกรรมที่ 1.1) ว่าภาพดังกล่าวเป็นสสารหรือไม่ เพราะเหตุใด โดยเขียนคำตอบลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 (แนวคำตอบ แก้ว เป็นสสารเพราะเป็นสิ่งที่สามารถจับต้องได้ ต้องการที่อยู่อาศัยอาศัย มีมวล) และหากนักเรียนพูดถึงสสารนักเรียนนึกถึงอะไรบ้าง ให้เขียนมากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด (ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์) 5 นาที เพื่อประเมินความรู้พื้นฐานของนักเรียนเกี่ยวกับสสาร (แนวคำตอบ คน สัตว์

โต๊ะ แก้ว แก๊สออกซิเจน เป็นต้น) หากพบว่านักเรียนยังมีความรู้พื้นฐานไม่ถูกต้อง ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวน เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่ถูกต้อง และเพียงพอที่จะเรียนเรื่องแบบจำลองอนุภาคของสารในแต่ละสถานะต่อไป

2. ให้นักเรียนสังเกตน้ำซึ่งเป็นน้ำ 3 สถานะที่ครูเตรียมไว้หน้าชั้นเรียน และร่วมกันอภิปรายในประเด็นสถานะของสาร โดยครูใช้คำถามนำการอภิปรายว่า น้ำแต่ละแก้วมีลักษณะอย่างไร น้ำต้องการที่อยู่หรือไม่ และน้ำแต่ละแก้วมีสถานะเป็นอย่างไรบ้าง เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าสารหมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเรา มีมวล และต้องการที่อยู่อาศัย โดยพบได้ทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งสารในสถานะที่แตกต่างกันจะมีสมบัติทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เวลา...45..นาที

1. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 1.2 เรื่องการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสาร โดยให้นักเรียนสังเกตน้ำซึ่งเป็นน้ำ 3 สถานะที่ครูเตรียมไว้หน้าชั้นเรียน และให้นักเรียนจินตนาการถึงอนุภาคเล็กๆ จนประกอบเป็นสถานะทั้ง 3 สถานะของน้ำ อีกทั้งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจำลองตัวเองเป็นอนุภาคของสารและให้อนุภาคของสารอยู่ในหนังสือพิมพ์ผ่านกิจกรรม “รักกันในหนังสือพิมพ์”

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันอธิบายแบบจำลองอนุภาคของสารทั้ง 2 สถานะในแบบบันทึกกิจกรรม

3. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายจากกิจกรรมจนได้ข้อสรุปว่า ตัวนักเรียนแต่ละคนแทนอนุภาคของสาร ระยะห่างระหว่างแต่ละคนแทนช่องว่างระหว่างโมเลกุล ดังนั้น ของแข็งอนุภาคของสารจะเรียงชิดติดกันทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อย ของเหลว อนุภาคจะอยู่กันแบบหลวม ๆ ช่องว่างระหว่างอนุภาคมากกว่าของแข็งแต่น้อยกว่าของเหลว แก๊ส อนุภาคอยู่กระจัดกระจาย ช่องว่างระหว่างอนุภาคมากที่สุด

4. นักเรียนและครูช่วยกันระดมความคิดเกี่ยวกับข้อดีและข้อจำกัดของกิจกรรม “รักกันในหนังสือพิมพ์”

แนวการระดมความคิด ข้อดี ทำให้ได้องค์ความรู้ของสารทั้ง 3 สถานะโดยใช้คนแทนอนุภาคมากกว่าการอ่านผ่านหนังสือเรียน ข้อจำกัด การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารยังไม่ชัดเจนอีกทั้งยังอนุภาคของสารแต่ละสถานะจะมีการสั่นตลอดเวลา และยังไม่แสดงถึงการให้พลังงานจลน์กับสารในแต่ละสถานะ

ขั้นที่ 3 ขั้นวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เวลา...60....นาที

1. นักเรียนช่วยกันออกแบบ แบบจำลองอนุภาคของสารให้เห็นการเคลื่อนที่ของสารแต่ละสถานะ โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- 1.1 ต้องสามารถอธิบายความรู้ทั้ง 3 สถานะได้ชัดเจน ทั้งลักษณะการเรียงของอนุภาค ระยะห่างระหว่างอนุภาค การเคลื่อนที่ของอนุภาคเมื่อมีพลังงานจลน์
- 1.2 ออกแบบจำลองให้ได้จำนวนมากที่สุด
- 1.3 สมาชิกภายในกลุ่มเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด
- 1.4 ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองลงในใบกิจกรรมที่ 1.1

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เวลา....60... นาที

1. นักเรียนดำเนินการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสารตามที่ได้ออกแบบไว้โดยจะต้องแสดงถึงองค์ความรู้ของสารทั้ง 3 สถานะ และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารด้วย

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เวลา....20... นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบชิ้นงานตามเงื่อนไขตามที่กำหนด
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัดของแบบจำลองของกลุ่มตนเอง
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาแนวทางแก้ไขข้อจำกัดของชิ้นงาน
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือแก้ไข

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เวลา...40... นาที

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 10 นาที โดยนำเสนออุปกรณ์ที่ใช้วิธีการสร้างชิ้นงาน การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารทั้ง 3 สถานะ

2. นักเรียนแต่ละคนจะได้รับสติ๊กเกอร์หัวใจคนละ 1 ดวง เมื่อนำเสนอเสร็จให้นำสติ๊กเกอร์ไปติดโต๊ะของกลุ่มที่มีชิ้นงานที่แสดงถึงความรู้ตามเงื่อนไขที่ควรกำหนดและนำเสนอได้ดีที่สุด

3. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายแบบจำลองที่ดีที่สุดทั้งในแง่ขององค์ความรู้และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารผ่านแบบจำลอง

4. นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับสถานะของสารผ่านเกมbingโกมหาสนุก เพื่อเป็นการประเมินความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมา ทั้งเรื่องสสาร สมบัติของสาร และสถานะของสาร พร้อมทั้งเฉลยข้อคำถามทั้ง 10 ข้อ (พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความเข้าใจในภาพรวม)

5. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย สมบัติของสสาร ในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ดังนี้

- อนุภาคของของแข็งเรียงชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากที่สุด อนุภาคสั่นอยู่กับที่ ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรคงที่

- อนุภาคของของเหลวอยู่ใกล้กันมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็ง แต่มากกว่าแก๊ส อนุภาคเคลื่อนที่ได้แต่ไม่เป็นอิสระโดยสามารถเคลื่อนที่รอบ ๆ อนุภาคใกล้เคียง ทำให้มีรูปร่างไม่คงที่ เปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ แต่ปริมาตรไม่คงที่

- อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคเคลื่อนที่อย่างอิสระในทุกทิศทาง ส่งผลให้รูปร่างและปริมาตรไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนตามภาชนะที่บรรจุ

9. สื่อการสอน

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร
- ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่องสสาร
- ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่องการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร

10. แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ม.๑ เล่ม ๒ สสวท.

11. การวัดและการประเมินผล

การประเมินตามตัวชี้วัด

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถอธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้	- ตรวจสอบใบกิจกรรมที่ 1.1 สสารและสถานะของสาร - ตรวจสอบใบกิจกรรมที่ 1.2 แบบจำลองอนุภาคของสสาร - ตรวจสอบจากแบบจำลองนักเรียนสร้างนำองค์ความรู้มาประยุกต์หรือไม่	- ใบกิจกรรมที่ 1.1 สสารและสถานะของสาร - ใบกิจกรรมที่ 1.2 แบบจำลองอนุภาคของสสาร	- การสืบค้นข้อมูล - ความถูกต้อง - ความครอบคลุมของเนื้อหา	นักเรียนสามารถอธิบายสสารมีสถานะและสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารได้อย่างถูกต้องระดับ 2 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้	- สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน - ตรวจสอบการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน - ตรวจสอบการสร้างแบบจำลองอนุภาคของ	การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารได้ในระดับ 2 ขึ้นไป	การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารได้ในระดับ 2 ขึ้นไป

		สสาร		
3. ด้านเจตคติ-ค่านิยม (A) นักเรียนมีน้ำใจ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และความรับผิดชอบที่ได้รับ มอบหมาย	- สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกต พฤติกรรม รายบุคคล	- พฤติกรรม รายบุคคล - พฤติกรรม การทำงาน กลุ่ม	พฤติกรรมรายบุคคล และพฤติกรรมการทำงาน กลุ่มอยู่ในระดับ 2 ขึ้นไป

หมายเหตุ

ระดับ 3 นักเรียนสามารถตอบคำถามอธิบายสสารมีกี่สถานะและสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง ทั้งองค์ความรู้ การนำไปประยุกต์ใช้ได้ถูกต้อง และการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีน้ำใจ ใฝ่รู้ และมีความรับผิดชอบดีมาก

ระดับ 2 นักเรียนสามารถตอบคำถามอธิบายสสารมีกี่สถานะและสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างถูกต้องบางส่วน ทั้งองค์ความรู้ การนำไปประยุกต์ใช้ได้ได้ถูกต้องบางส่วน และการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมบางส่วน มีน้ำใจ ใฝ่รู้ และมีความรับผิดชอบดี

ระดับ 1 นักเรียนสามารถตอบคำถามอธิบายสสารมีกี่สถานะและสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ไม่ถูกต้อง ทั้งองค์ความรู้ การนำไปประยุกต์ใช้ได้ที่ไม่ถูกต้อง และการเลือกอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม ไม่มีน้ำใจ ไม่ใฝ่รู้ และไม่มีมีความรับผิดชอบ

เกณฑ์การให้คะแนนแบบการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมกาปฏิบัติงาน

วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์การผ่าน
1.สังเกตพฤติกรรม 2.ตรวจผลการปฏิบัติงาน	แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกการตรวจผลการ ปฏิบัติงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

13. การบูรณาการกับกลุ่มสาระอื่นๆ

1. การบูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ เทคโนโลยี โดยการให้นักเรียนสืบค้นความรู้จากระบบอินเทอร์เน็ตและใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

2. การบูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ โดยการให้นักเรียนได้ฝึกการวัดขนาดของอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร

3. การบูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาต่างประเทศ โดยการให้นักเรียนได้อ่าน คำศัพท์ที่เป็นภาษาอังกฤษ เป็นการฝึกการออกเสียงของนักเรียนด้วย

4. การบูรณาการกับกลุ่มสาระ สังคมศึกษา คือการให้นักเรียนฝึกการทำงานร่วมกันเป็น ทีม

5. การบูรณาการกับกลุ่มสาระ ภาษาไทย คือการให้นักเรียนนำเสนองานหน้าชั้นเรียน เป็นการฝึกความกล้าแสดงออกและการใช้ภาษาไทยให้ถูกต้อง ชัดเจนและน่าฟัง

6. การบูรณาการกับกลุ่มสาระ ศิลปะ คือการเขียนแผนผังความคิดเรื่องการจำแนกสาร พร้อมวาดภาพระบายสีให้สวยงาม

14. คุณธรรมและค่านิยม 12 ประการที่สอดแทรก

1. คุณธรรมในเรื่อง การรักชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ ในหลวงเป็นบุคคลแห่งการ พึ่งพิง ในการทำงานนักเรียนควรยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง

2. คุณธรรมในเรื่อง ความซื่อสัตย์ในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียนนักเรียน จะต้องมีความซื่อสัตย์ ไม่ลอกของเพื่อน เพื่อที่นักเรียนเองมีความรู้มากน้อยเพียงไร จะได้ ทำการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

ใบกิจกรรมที่ 1.1 สสาร

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกกลุ่ม

- 1.....เลขที่.....หน้าที่.....
- 2.....เลขที่.....หน้าที่.....
- 3.....เลขที่.....หน้าที่.....
- 4.....เลขที่.....หน้าที่.....
- 5.....เลขที่.....หน้าที่.....
- 6.....เลขที่.....หน้าที่.....

1. ให้นักเรียนสังเกตภาพแล้วตอบคำถาม



- 1.1 ภาพที่เห็นเรียกว่า.....
- 1.2 เป็นสสารหรือไม่.....
- เหตุผล.....
-
-

ภาพ 1 ที่มา : <http://www.jnkitchenware.com0020>

2. หากพูดถึงสสารนักเรียนนึกถึงอะไรบ้าง เขียนให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 1 นาที

1.	2.	3.	4.
5.	6.	7.	8.
9.	10.	11.	12.
13.	14.	15.	16.
17.	18.	19.	20.
21.	22.	23.	24.
25.	26.	27.	28.
29.	30.	31.	32.
33.	34.	35.	36.
37.	38.	39.	40.

ใบกิจกรรมที่ 1.2 การสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร

1. ให้นักเรียนสังเกตภาพทั้ง 3 ภาพแล้วตอบคำถามให้ถูกต้อง



1..... 2..... 3.....

สถานะ..... สถานะ..... สถานะ.....

สสาร หมายถึง

.....

ยกตัวอย่างสสารมา 5 อย่าง

1.....2.....3.....

4.....5.....

2. จงวาดภาพสสารในสถานะต่าง ๆ พร้อมระบุการนำไปใช้ประโยชน์

สถานะของ สาร	ภาพ	การนำไปใช้ประโยชน์
ของแข็ง	1.	
	2.	
ของเหลว	1.	
	2.	
แก๊ส	1.	
	2.	

3. ให้นักเรียนจินตนาการแบบจำลองอนุภาคของสสารทั้ง 3 สถานะ

--	--	--

สถานะ..... สถานะ..... สถานะ.....

4. ให้นักเรียนช่วยกันร่างแบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนจะสร้างพร้อมทั้งระบบอุปกรณ์ที่จะใช้ขั้นตอนการสร้างให้ละเอียดรวมถึงข้อดีข้อเสียด้วย

อุปกรณ์ที่นักเรียนสืบค้น

1. 2. 3.
 4. 5. 6.
 7. 8. 9.
 10. 11. 12.

4.1 ตั้งปัญหา.....

4.2 แบบร่างแบบจำลองอนุภาคของสสาร

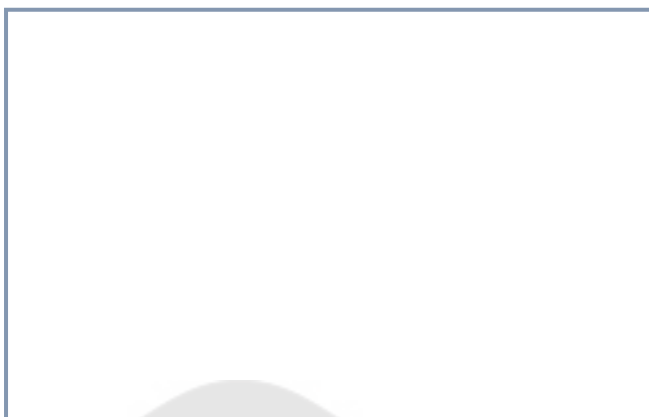
--	--	--

แบบที่ 1

แบบที่ 2

แบบที่ 3

4.3 เลือกแบบร่างแบบจำลองอนุภาคของสสาร



4.4 อุปกรณ์ที่เลือกใช้

- | | |
|--------|---------|
| 1..... | 2..... |
| 3..... | 4..... |
| 5..... | 6..... |
| 7..... | 8..... |
| 9..... | 10..... |

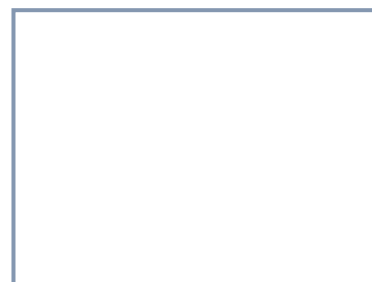
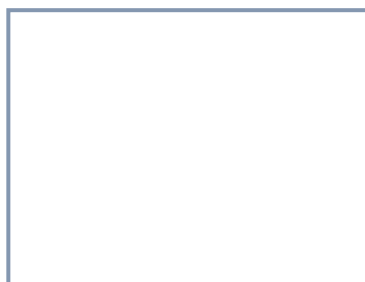
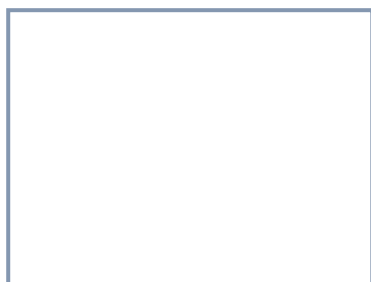
4.5 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสาร

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....
- 8.....
- 9.....
- 10.....

4.6 ข้อดี.....

ข้อเสีย.....

5. สรุปแบบจำลองอนุภาคของสสารทั้ง 3 สถานะ



สถานะ..... สถานะ..... สถานะ.....

อนุภาค..... อนุภาค..... อนุภาค.....

แรงยึดเหนี่ยว..... แรงยึดเหนี่ยว..... แรงยึดเหนี่ยว.....

ให้พลังงานจลน์..... ให้พลังงานจลน์..... ให้พลังงานจลน์.....

รูปร่าง..... รูปร่าง..... รูปร่าง.....

ปริมาตร..... ปริมาตร..... ปริมาตร.....

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจงในการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ มีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำทั้งหมด
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ ให้นักเรียนทำข้อละ 5 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลา ให้นักเรียนหยุดทำ และเริ่มทำแบบวัดในข้อต่อไปทันที
3. นักเรียนจะได้คะแนนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนตอบคำถามใน แต่ละข้อได้มากวิธี แปลกใหม่ หรือตอบในสิ่งที่คนอื่นคิดไม่ถึง โดยคำตอบนั้นจะต้องมีเหตุผล มีความเป็นไปได้ และมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หากคำตอบนั้นไม่ได้ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ จะไม่ได้คะแนน
4. แบบวัดชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน โดยข้อมูลที่ได้จากแบบวัดชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลเสียต่อนักเรียนและโรงเรียนแต่ประการใด

นิยามศัพท์

ความคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงกระบวนการคิดหรือการกระทำในการแก้ปัญหาโดยสามารถคิดได้อย่างหลากหลาย ยืดหยุ่น ริเริ่ม และละเอียดลออ ทำให้เกิดสิ่งแปลกใหม่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้นโดยไม่ซ้ำแบบเดิมโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Fluency) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดร่างแบบจำลอง อุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยป้องกัน หรือแก้ปัญหาเกี่ยวกับพลังงานความร้อนได้อย่างคล่องแคล่ว ภายใน เวลาที่กำหนดโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Flexibility) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบหรือทางเลือกที่หลากหลายไม่ซ้ำกันในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นเกี่ยวกับพลังงานความร้อน โดยสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้
3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Originality) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน มาวางแผนการคิด และอธิบายรูปแบบแปลกใหม่ คิดต่างจากผู้อื่น และการนำความรู้ประสบการณ์เดิม มาใช้ให้เกิดประโยชน์

4. ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Elaboration) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขผลงานให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถวางแผนและลงรายละเอียดในการคิดหรือประดิษฐ์แบบจำลองเกี่ยวกับเรื่องพลังงานความร้อน ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

1. ให้นักเรียนพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากภาพ ก. ไปภาพ ข. แล้วให้นักเรียนเขียนอธิบายสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังภาพให้ได้มากที่สุด (ในเรื่องของสภาพอากาศ การกระทำของมนุษย์) ภายในเวลา 5 นาที (ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์)



ภาพ ก.



ภาพ ข.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.

2. จากภาพในข้อที่ 1 ให้นักเรียนเขียนวิธีการในการช่วยลดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก โดยนำความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายวิธีต่างๆ จงเขียนตอบมาให้มากที่สุด ภายในเวลา 5 นาที (ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์)



ภาพ ก.

ภาพ ข.

วิธีที่

1.....

วิธีที่

2.....

วิธีที่

3.....

วิธีที่

4.....

วิธีที่

5.....

วิธีที่

6.....

วิธีที่

7.....

วิธีที่

8.....

3. จากเหตุการณ์ที่โลกเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ซึ่งปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ในหลากหลายรูปแบบ นักเรียนคิดว่าในระยะยาวจะมีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นบ้าง จากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และจะส่งผลกระทบในแง่ดี หรือแง่ร้ายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร ตอบภายใน 5 นาที (ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์)

คำตอบ

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

.....

ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

ต่อมนุษย์

.....

.....

.....

ต่อสิ่งแวดล้อม

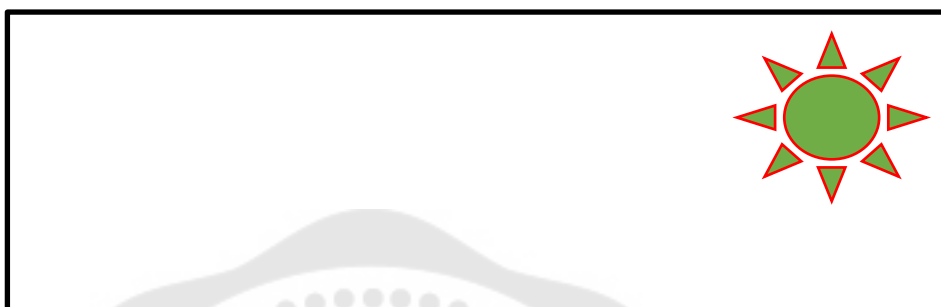
.....

.....

.....



4. จากเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาประดิษฐ์คิดค้นโดยใช้ประโยชน์จากดวงอาทิตย์ให้นักเรียนออกแบบและอธิบายรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์พร้อมวาดภาพประกอบ ภายใน 5 นาที (ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์)



ภาพวาดสิ่งประดิษฐ์ “.....”

อุปกรณ์

.....

วิธีประดิษฐ์

.....

การใช้งาน

.....

ประโยชน์ของสิ่งประดิษฐ์

.....

วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การตรวจให้คะแนนจะพิจารณาตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้านตามพฤติกรรมและตัวบ่งชี้ แยกเป็นคะแนนด้านความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ของแบบวัดดังตาราง

ตารางที่.....แสดงพฤติกรรมและตัวบ่งชี้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมและตัวบ่งชี้ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้
1. ความคิดคล่องทาง วิทยาศาสตร์ (Scientific Fluency)	1. ความสามารถในการใช้ถ้อยคำในการอธิบายได้อย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลาที่กำหนดโดยอ้างอิงถึงความรู้และหลักการทาง วิทยาศาสตร์
2. ความคิดยืดหยุ่นทาง วิทยาศาสตร์ (Scientific Flexibility)	1. ความสามารถคิดหาคำตอบที่หลากหลาย 2. ความสามารถคิดได้ไม่ซ้ำกัน 3. ความสามารถในการดัดแปลงความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้าน
3. ความคิดริเริ่มทาง วิทยาศาสตร์ (Scientific Originality)	1. สามารถวางแผนการคิด และอธิบายในลักษณะที่แปลกใหม่ โดยมี แนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น 2. สามารถนำความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ต่อการอธิบายใน สถานการณ์ใหม่ได้
4. ความคิด ละเอียดลออทาง วิทยาศาสตร์ (Scientific Elaboration)	1. สามารถวางแผนในการคิดในรายละเอียดอย่างเป็นขั้นตอน แสดงถึง จินตนาการของตนเองได้ 2. สามารถอธิบายหลักและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนและ สมบูรณ์

ตาราง แสดงตัวบ่งชี้และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	คะแนน
ความคิด คล่อง ทาง วิทยาศาสตร์	อธิบายสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในเรื่องของสภาพอากาศ และการกระทำ ของมนุษย์ (เช่น น้ำแข็งขั้วโลกละลาย, อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น, มนุษย์ปล่อยสาร CFC เกิดรูโหว่ของโอโซน, ฝนกรด, โรงงานอุตสาหกรรมและมนุษย์ปล่อย CO ₂ สู่ บรรยากาศ เป็นต้น) - ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ 1 – 3 รายการ รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายใน เวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์ - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้มากกว่า 4 รายการ รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์ - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้มากกว่า 8 รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายในเวลา ที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์ - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้มากกว่า 11 รายการอย่างคล่องแคล่ว ภายใน เวลาที่กำหนด โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน สมบูรณ์	0 1 2 3 4
ความคิด ยืดหยุ่น ทาง วิทยาศาสตร์	เขียนวิธีการในการช่วยลดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก โดยนำ ความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายวิธีต่างๆ โดยแบ่งแยกจัดกลุ่มเป็น ประเภท (เช่น วิธีการช่วยลดขยะ, วิธีการช่วยลดการปล่อย CO ₂ , วิธีการช่วยเพิ่ม ปริมาณ O ₂ , วิธีการใช้พลังงานทางเลือก, วิธีการใช้วัสดุที่ย่อยสลายง่าย เป็นต้น) - ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิด ประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้ 1 ประเภทขึ้นไป - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิด ประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้ 2 ประเภทขึ้นไป	0 1 2 3

พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	คะแนน
	- เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิดประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้ 3 ประเภทขึ้นไป - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ มีการดัดแปลงความรู้เดิมให้เกิดประโยชน์โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เขียนวิธีการช่วยลดปัญหาได้ 4 ประเภทขึ้นไป	4
ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	เขียนเหตุการณ์และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว โดยดูความแปลกใหม่ (เช่น น้ำท่วมทุกพื้นที่, การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก, อุณหภูมิโลกสูงขึ้น) - ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ แต่ซ้ำกันไม่เกิน 3 คน - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ แต่ซ้ำกันไม่เกิน 2 คน - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ แต่ซ้ำกันไม่เกิน 1 คน - เขียนตอบอธิบายรายละเอียดได้ โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสม ชัดเจน สมบูรณ์ มีแนวความคิดแตกต่างจากความคิดของผู้อื่นและแปลกใหม่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร	0 1 2 3 4
ความคิดละเอียดลออทางวิทยาศาสตร์	- ไม่เขียนตอบอธิบายรายละเอียด - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด แต่ไม่มีการอธิบายอย่างเป็นขั้นตอน ไม่มีการวาดภาพสิ่งประดิษฐ์ และไม่มีการอธิบายหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด แต่ไม่มีการอธิบายอย่างเป็นขั้นตอน มีการวาดภาพสิ่งประดิษฐ์แต่ไม่สอดคล้องกับรายละเอียด ไม่น่าสนใจ มีการอธิบายหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนในบางประเด็น - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด มีการลงรายละเอียดในการอธิบายอย่างเป็น	0 1 2 3

พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	คะแนน
	ขั้นตอน แต่ไม่สมบูรณ์ มีการวาดภาพสิ่งประดิษฐ์ได้สอดคล้องกับรายละเอียด มีความเป็นไปได้น่าสนใจ มีการอธิบายหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ชัดเจนในบางประเด็น แต่ไม่สมบูรณ์ - เขียนตอบอธิบายรายละเอียด มีการลงรายละเอียดในการอธิบายอย่างเป็นขั้นตอน ง่ายต่อการเข้าใจ มีการวาดภาพสิ่งประดิษฐ์ได้สอดคล้องกับรายละเอียด ประณีต มีความเป็นไปได้น่าสนใจ มีการอธิบายหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เหมาะสม ชัดเจน	4



ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. สารชนิดหนึ่ง มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมาก และมีช่องว่างระหว่างอนุภาคมากที่สุด เป็นคุณสมบัติของสารในสถานะใด

1. ของเหลว
2. ของแข็ง
3. แก๊ส
4. อนุภาค

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสมบัติของของแข็ง

1. ปริมาตรและรูปร่างคงที่
2. อนุภาคเรียงชิดติดกันแน่นมาก
3. รูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ
4. อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

3. ข้อความใดแสดงลักษณะของสารได้ถูกต้อง

1. กระเบื้องจะเปลี่ยนรูปร่าง เมื่อหยิบใส่กล่อง
2. แก้วจะเปลี่ยนรูปร่าง เมื่อใส่น้ำลงไป
3. น้ำแดงจะลดปริมาตร เมื่อเทใส่แก้ว
4. แก๊สฮีเลียมจะเปลี่ยนรูปร่าง เมื่อถูกปล่อยออกจากลูกโป่ง

4. สารชนิดหนึ่ง มีรูปร่างไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตามภาชนะ เป็นคุณสมบัติของสารในสถานะใด

1. ของแข็ง
2. ของเหลว
3. แก๊ส
4. ของแข็งและแก๊ส

แบบสอบถามความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้

ความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้					
1.1 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง					
1.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมด้านเวลา					
1.3 กิจกรรมการเรียนรู้มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน					
1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างหลากหลาย					
1.5 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้คิดสิ่งแปลกใหม่					
2. ด้านบรรยากาศการเรียนรู้					
2.1 นักเรียนสามารถถามคำถามหรือแสดงความคิดเห็นได้เต็มที่					
2.2 นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้					
2.3 นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
2.4 เกิดความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนภายในกลุ่มและนักเรียนกับครูผู้สอน					
2.5 สภาพชั้นเรียนส่งเสริมให้นักเรียนอยากมีส่วนร่วมในการเรียนรู้					
3. ด้านสื่อการเรียนรู้					
3.1 ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้จริงในชีวิตประจำวัน					
3.2 ครูมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการสอน					
3.3 นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์					
3.4 ครูแนะนำและให้ความรู้แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม					

ความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
3.5 นักเรียนศึกษาความรู้ได้ด้วยตนเอง					
4. ด้านการวัดและประเมินผล					
4.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย					
4.2 นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
4.3 การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์กำหนดไว้ชัดเจน					
4.4 มีการวัดและประเมินผลที่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด					
4.5 ครูมีการให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนจากการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวศิริินนาถ ทับทิมใส
วัน เดือน ปี เกิด	วันพุธที่ 29 พฤษภาคม 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
วุฒิการศึกษา	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ครุศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสวน สุนันทา
ที่อยู่ปัจจุบัน	242/193 หมู่บ้านศุภลักษณ์ ซอยวิภาวดี 82 แขวงสนามบิน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ดีเด่น ระดับโรงเรียน รางวัลครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ดีเด่น ระดับเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 รางวัลครูดีในดวงใจ ระดับโรงเรียน รางวัลครูดีในดวงใจ ระดับสหวิทยาเขตวิภาวดี