

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
พฤษภาคม 2560

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

พฤษภาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
พฤษภาคม 2560

เปรียบฟ้า ดวงนุ่. (2560). *กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญา
ณิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิริณิลกุล, อาจารย์ ดร.สุกัญญา
หะยีสและ.

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อ (1) สร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (2) ศึกษาความสามารถในการ
เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ
(3) ศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์
และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 30 คน นักเรียนเหล่านี้
ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 คาบ ผู้วิจัยทำการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วย
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 12 คาบ เมื่อสิ้นสุด
การสอน ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนว
สะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 2 คาบ และให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัด
เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา หลังจากการ
เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเสร็จสิ้นลง

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด
เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 65 ของจำนวน
นักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด
เรื่อง พาราโบลา อยู่ในเกณฑ์ดี

STEM EDUCATION ACTIVITIES WITH APPLYING CONCEPTS OF PARABOLAS
FOR MATHAYOMSUKSA V STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education degree in Mathematics
at Srinakharinwirot University
May 2017

Priabfa Duangnum. (2017). *STEM Education Activities with Applying Concepts of Parabolas for Mathayomsuksa V Students*. Master thesis, M.Ed. (Mathematics).
Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
Advisor Committee: Asst. Prof. Dr. Pisuttawan S. Sirininlakul, Dr. Sukanya Hajisalah.

The purposes of this research were (1) to create STEM Education activities with applying concepts of parabolas for Mathayomsuksa V students, (2) to study the students' learning ability when they engaged in the activities and (3) to investigate the students' attitudes toward the STEM Education activities after participating in them.

Thirty Mathayomsuksa V students of The Demonstration School of Ramkhamhaeng University took part in the study as the subjects. A purposive sampling was employed to recruit the participants. The researcher taught the pupils for 12 periods by using the created activities in the second semester of the 2016 academic year. At the end of this research experiment, the students were given an achievement test for 2 periods and also were asked to complete a questionnaire of attitude toward the STEM Education activities.

The research findings are as follows: 1) Through the STEM Education activities, there were over 65% of the subjects with learning ability, who scored no less than 65% of the total scores, at the statistically significant .01 level. 2) The participants developed a positive attitude toward attaining the STEM Education activities at a "good" level.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ของ
เปรียบฟ้า ด้วงนุ่น

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่ เดือน พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า
..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธิวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล) (อาจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์)
..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสานและ) (อาจารย์ ดร.ณัทย ฤกษ์ฤทัยรัตน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธิวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสานและ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสระ และ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ท่านทั้งสองได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้ คำปรึกษาแนะนำในการดำเนินงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริ สิรินิลกุล อาจารย์เอนก จันทจรูญ และ อาจารย์รัชพล พลรัตน์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแก้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์ และอาจารย์ ดร.ณัทย ฤกษ์ - ฤทัยรัตน์ ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบปากเปล่า และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย ทำให้ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียน สานิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์รัชพล พลรัตน์ นักเรียนชั้น ม. 5/1(1) และ นักเรียนชั้น ม. 6/1(1) ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ใน การวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่ให้อำนาจใจ และ สนับสนุนด้านกำลังใจทั้งในการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้อำนาจใจและความช่วยเหลือจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

เปรียบฟ้า ดวงนุ่่ม

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	6
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย	6
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	6
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	6
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	7
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	7
ตัวแปรที่ศึกษา	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
สมมติฐานของการวิจัย	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
สะเต็มศึกษา	11
ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา	11
ความหมายของสะเต็มศึกษา	15
ความสำคัญของสะเต็มศึกษา	18
แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	22
การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	34
ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	34
ลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	35
ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	38
ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	39
การประเมินตามสภาพจริง	44
ความหมายของการประเมินตามสภาพจริง	44
ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง	45
วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริง	49
การกำหนดเกณฑ์การประเมินตามสภาพจริง	55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	61
งานวิจัยในประเทศ	61
งานวิจัยต่างประเทศ	62
3 วิธีดำเนินการวิจัย	66
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง	66
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	66
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	66
การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	66
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	67
การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	68
การเก็บรวบรวมข้อมูล	70
แบบแผนการวิจัย	70
การดำเนินการทดลอง	70
การวิเคราะห์ข้อมูล	71
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	71
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	72
ความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	72
ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	72
การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย	73
เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	74
ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	74
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	82
ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป	82
สรุปผลการวิจัย	84
อภิปรายผลการวิจัย	85
ข้อเสนอแนะ	87

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก	96
ประวัติย่อผู้วิจัย	187



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 โครงสร้างของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	40
2 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวมของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	58
3 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	59
4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการทำ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในชั้นเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	72
5 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย	73
6 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติ ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา: กิจกรรม CATAPULT	74
7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติ ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา: กิจกรรม SOLAR HOT DOG COOKER	76
8 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติ ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา: กิจกรรม CABIN JOHN BRIDGE	78
9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติ ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา	80
10 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา	99
11 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา	101
12 คะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว สะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา	103
13 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถ ในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา	104

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
2 “สะเต็มศึกษา” การบูรณาการในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์	16
3 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21	19
4 หลักการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	23



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สังคมโลกในขณะนี้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเทคโนโลยีการสื่อสารซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายข้อมูลใหม่ ๆ หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาอย่างไม่มีการสิ้นสุด ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการไหลบ่าของข่าวสารข้อมูล วิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมเจริญก้าวหน้า เกิดการค้ำที่แข่งขันกันทั่วโลก จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีและสภาพแวดล้อมทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อวิถีการดำรงชีวิตในสังคมอย่างทั่วถึงและทำให้การจัดการเรียนการสอนต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันผู้สอนต้องเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บอกความรู้เป็นผู้โค้ช เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ 1) ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ซึ่งประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration) 2) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วย การรู้เท่าทันสารสนเทศ (Information Literacy) การรู้เท่าทันสื่อ (Media Literacy) การรู้เท่าทันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communications and Technology Literacy) และ 3) ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) ประกอบด้วย ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว (Flexibility and Adaptability) ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง (Initiative and Self Direction) ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม (Social and Cross – cultural Skills) การเพิ่มผลผลิตและความรับผิดชอบ (Productivity and Accountability) ความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and Responsibility) (วิจารณ์ พานิช. 2555: 17; Partnership for 21st century Skill; Bellanca, J. and Brandt, R. 2010) ซึ่งทักษะเหล่านี้จะช่วยให้เยาวชนสามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ สามารถและพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับสภาพสังคม เศรษฐกิจและเทคโนโลยีในอนาคต การตื่นตัวและการเตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การสร้างมหาอำนาจทางการศึกษาเพื่อให้ได้ประชากรที่มีคุณภาพ จึงเป็นกลยุทธ์ของการพัฒนาชาติแนวหนึ่ง

สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มี

ความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาชีวิต และความมั่งคั่งของประเทศได้ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้าง และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของสะเต็มศึกษาจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่งอนาคตได้อย่างแท้จริง (พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. 2556: 55)

การศึกษาแบบสะเต็มมีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่พยายามปรับปรุงความรู้ความสามารถของผู้เรียนภายในประเทศ ซึ่งพบว่าขีดความสามารถของประเทศไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งในหลาย ๆ ด้านดังที่เคยเป็นมา ในขณะที่หลายประเทศทั่วโลกมีความก้าวหน้าไปมาก (กิตติชัย สุทธาสิโนบล. 2557: 81) โดยพบว่า ผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) และการทดสอบด้านคณิตวิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ของสหรัฐอเมริกา นั้นต่ำกว่าหลายประเทศ (พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. 2556: 51) รัฐบาลจึงนำนโยบายการศึกษาแบบสะเต็มมาเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ในประเทศ โดยคาดหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบต่าง ๆ เช่น PISA ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพและส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่น ๆ ได้ (Rachel. 2008)

ในส่วนของประเทศไทยก็มีปัญหาเช่นเดียวกับสหรัฐอเมริกา แม้ว่านักเรียนไทยจะเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาตั้งแต่ชั้นประถม มัธยม อาชีวศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไทยส่วนใหญ่ในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ดังที่ปรากฏผลการทดสอบต่าง ๆ เช่น O – NET, PISA และ TIMSS เป็นต้น นอกจากนี้นักเรียนไทยไม่นิยมเรียนวิชาเหล่านี้เพราะเรียนยากและไม่ทราบว่าเมื่อเรียนในวิชาดังกล่าวแล้วจะนำความรู้ไปใช้อย่างไรและทำงานอะไร ดังนั้นนักเรียนไทยจึงสนใจเรียนสายสังคมเป็นส่วนใหญ่ ปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข แต่วิธีการต่าง ๆ ที่ได้นำมาช่วยแก้ปัญหา เช่น การจัดห้องเรียนวิทยาศาสตร์ การมีโรงเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นต้น สามารถช่วยแก้ปัญหาได้ในวงจำกัดเท่านั้น (สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (สวคท). 2556: 4 – 5)

สะเต็มศึกษาจะเป็นแนวทางใหม่ในการส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐาน อาชีวศึกษา จนถึงระดับอุดมศึกษา และการศึกษาตลอดชีวิต สำหรับประเทศไทยเมื่อศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่าในหลักสูตรได้กำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยเฉพาะการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งสอดคล้องกับสะเต็มศึกษาที่หมายถึงการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ดังนั้นสะเต็มศึกษาในบริบทของประเทศไทยจึงหมายถึง

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สารระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี เนื่องจากไม่มีสาระวิศวกรรมศาสตร์ จึงใช้การสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) เข้าไปใน 3 สารระดังกล่าว (จรัส อินทลาภาพร; และคนอื่น ๆ. 2558: 64) และเน้นการนำไปใช้แก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ กระบวนการใหม่หรือรูปแบบระบบใหม่ที่มีคุณประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต ดังนั้น สะเต็มศึกษาจะสอนและฝึกให้ผู้เรียนสร้างทักษะในการนำองค์ความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำทักษะเหล่านั้นมาแก้ปัญหาสำคัญที่พบในชีวิตจริงและนำไปสู่การประกอบอาชีพและการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายหรือศึกษาต่อในสายอุดมศึกษาหรืออาชีวศึกษา ดังนั้น สะเต็มศึกษาจึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่โดยบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (สวทท. 2556: 5)

จะเห็นได้ว่าแนวคิดสะเต็มศึกษาเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งการบูรณาการ (Integration) หมายถึง การนำศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน มาจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน โดยการบูรณาการสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้ (1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) (2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) (3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (InterMultidisciplinary Integration) และ (4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2558: 155) การบูรณาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการเนื้อหา (Integration of subject areas) การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ (Integration of learning process) หรือการบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of learning outcome) เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2557: 7 – 8)

ทั้งนี้ครูผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหาหรือตามสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงในโรงเรียน ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการที่สอดคล้องตามแนวทางของสะเต็มศึกษาสามารถจัดในชั่วโมงเรียนปกติได้และไม่ได้เข้าไปแทนที่หรือเพิ่มเติมจนเป็นส่วนเกินของหลักสูตร กล่าวคือการจัดการเรียนรู้จะกลมกลืนและมีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อฝึกประสบการณ์ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557: 4) ดังนั้นสิ่งที่ครูควรคำนึงจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน มีดังนี้ (1) จัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด เช่น 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากครูผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้ 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน นำเสนอต่อสาธารณชน นำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ทั้งหมด และ 3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design – based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างการออกแบบและเครื่องมือทางเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ผ่านการออกแบบนี้จะส่งเสริมให้นักเรียนเป็นนักคิด นักออกแบบ และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะทำให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความรู้ผ่านการทำชิ้นงานและช่วยพัฒนาทัศนคติทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้นอีกด้วย (Standford Graduate School of Education: online) (2) ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน (3) จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงเกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (4) จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าแสดงออก ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ (5) ปลุกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรมที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและความดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้ (สสวท. 2557: 7 – 8)

แม้ว่าสะเต็มศึกษาในบริบทของประเทศไทยจะหมายถึงการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าไปใน 3 สาระนั้นแล้ว แต่วิชาคณิตศาสตร์ก็ไม่ได้มีความสำคัญน้อยไปกว่าอีก 2 วิชาที่เหลือ เพราะจริง ๆ แล้ววิชาคณิตศาสตร์ถือเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการเรียนรู้วิชาอื่น ๆ ในกลุ่มสะเต็มศึกษา ไม่ว่าจะเป็นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี หรือกระบวนการทางวิศวกรรม ซึ่งล้วนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ทั้งสิ้น (Sanders. 2009) เพราะไม่เพียงแต่คณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาความคิดให้มีเหตุผลเป็นระบบเท่านั้น แต่ยังช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจสิ่งรอบตัว ตลอดจนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ วางแผน และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การที่นักเรียนเข้าใจแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ไม่เพียงส่งผลให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้วิชาดังกล่าวเท่านั้น แต่จะส่งผลดีต่อการเรียนรู้ในสาขาวิชาอื่น ๆ อีกด้วย (สวทท. 2556) นั่นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจะช่วยส่งเสริมความรู้ความสามารถ และทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิต ทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

จากความสำคัญของสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันไม่เพียงแต่ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศไทยเท่านั้นที่นำสะเต็มศึกษามาช่วยในการปรับปรุงและพัฒนาขีดความสามารถของผู้เรียนภายในประเทศ ประเทศอื่น ๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจการจัดการศึกษาแบบสะเต็มอย่างมาก โดยเฉพาะประเทศที่เน้นความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี เช่น ประเทศจีน อินเดีย เกาหลีใต้ เป็นต้น (กิตติชัย สุทธาสิโนบล. 2557: 81) และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาพบว่าประเทศในแถบยุโรป เอเชีย และสหรัฐอเมริกา ต่างให้ความสนใจในการทำงานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงระดับอุดมศึกษา และศึกษาความรู้ความเข้าใจของครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ในส่วนของงานวิจัยเชิงทดลองจะเป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา และการเปรียบเทียบระหว่างการสอนแบบปกติกับการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งจากผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่าสะเต็มศึกษาสามารถช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่ก็มีข้อแนะนำสำหรับครูผู้สอนบางส่วนที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาให้มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พลศักดิ์ แสงพรหมศรี; ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันท์ธิระติกุล. 2558; CeMast. 2013; Turner. 2013; Holmquist. 2014)

การจัดการเรียนการสอนหลาย ๆ วิชาในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาคณิตศาสตร์ มีหลายเรื่องที่นักเรียนไม่ได้ให้ความสนใจในการเรียน ทั้งนี้เนื่องจากการมองไม่เห็นถึงประโยชน์ในการเรียนเรื่องดังกล่าว (วัชร กัญจน์กิตติ. 2554: 18) เช่น เรื่องพาราโบลา นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าการเรียนเรื่องพาราโบลาเป็นเรื่องที่ไกลตัว ไม่รู้ว่าจะเรียนเรื่องดังกล่าวไปเพื่อสิ่งใด แต่เมื่อได้พิจารณาแล้วจะพบว่าสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวหลายเรื่องมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลา ซึ่งสามารถพบอยู่ในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น เมื่อสังเกตการเล่นกีฬาต่าง ๆ ทั้งวอลเลย์บอล บาสเกตบอล และทุ่มน้ำหนัก เราจะเห็นว่าแนวโค้งของสิ่งที่ตี โยน ขว้าง ในการเล่นกีฬาดังกล่าว เคลื่อนที่ไปในลักษณะโค้งพาราโบลาทั้งสิ้น ซึ่งลักษณะโค้งของพาราโบลานี้รู้จักอีกชื่อหนึ่งว่าการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ นอกจากนี้โค้งพาราโบลายังพบได้จากลักษณะโค้งของน้ำพุ การยิงขีปนาวุธ รวมทั้งลักษณะของจานรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่งก็มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องของพาราโบลา (สสวท. 2557: 186) จากเหตุผลดังกล่าว ถ้าสามารถจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในเรื่องของพาราโบลาให้กับนักเรียนได้ย่อมทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียน เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ดังนั้นผู้เรียนที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้และความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิดเรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ได้กิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ที่ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์ และคุณค่าของคณิตศาสตร์ที่มีต่อวิชาอื่น ๆ
3. ได้แนวทางในการพัฒนานักเรียนให้สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ สถานการณ์จริง

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 30 คน นักเรียนเหล่านี้ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 14 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งแบ่งเวลาสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 12 คาบเรียน และทดสอบความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คาบเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ไม่เกินระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตัวแปรตาม คือ

1. ความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา แบบ บูรณาการใน 3 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และใช้กระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรมสอดแทรกเข้าไปใน 3 วิชาดังกล่าว ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แต่ละแผนใช้เวลา 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อ การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้

แนวคิด เรื่อง พาราโบลา หมายถึง แบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถ ในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. ความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง

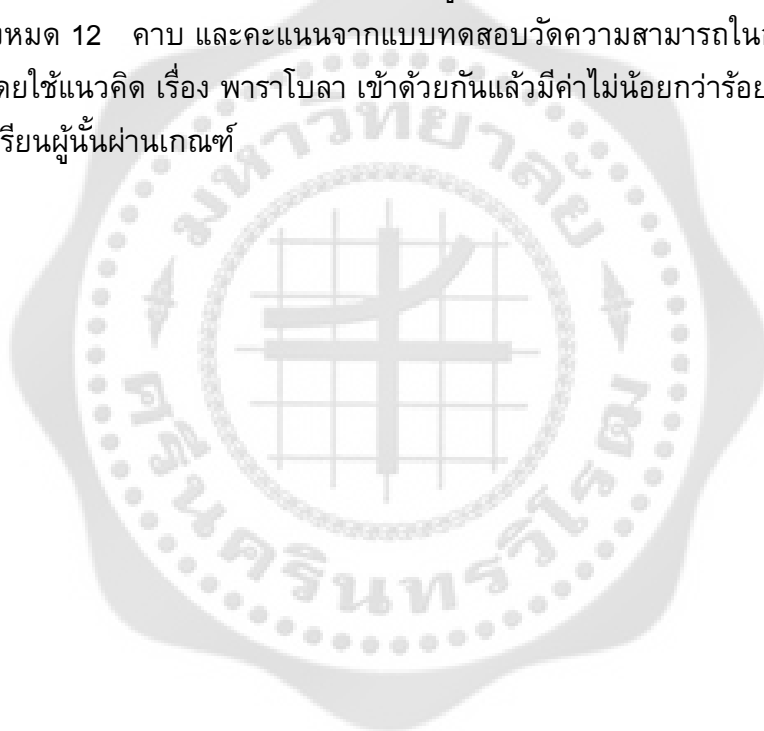
พาราโบลา หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา โดยพิจารณาจาก

3.1 คะแนนจากกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา คิดเป็นร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

3.2 คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

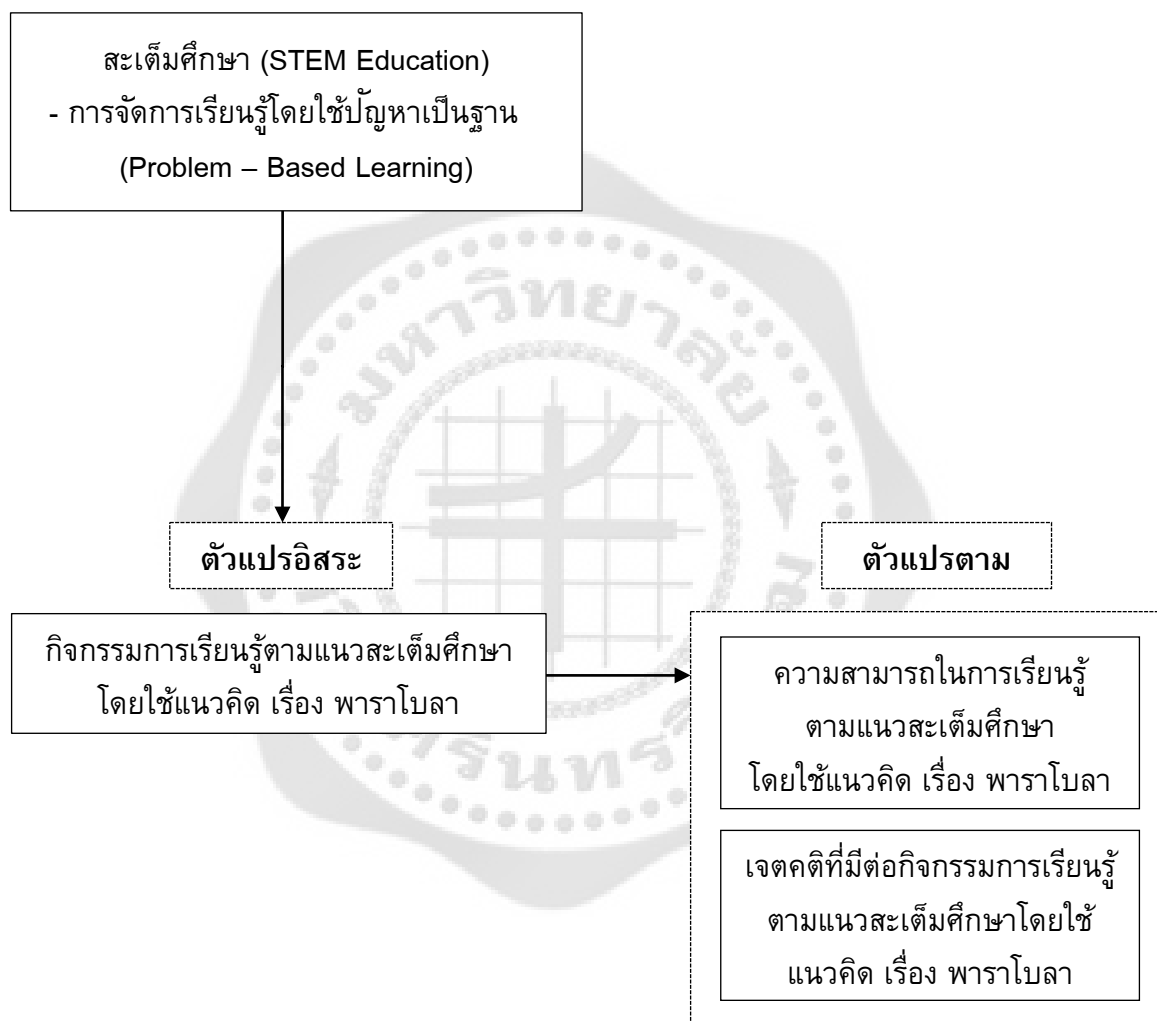
4. เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็น ท่าที ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

5. เกณฑ์ หมายถึง คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม กล่าวคือ ถ้ารวมคะแนนทั้งหมดจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ทั้งหมด 12 คาบ และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เข้าด้วยกันแล้วมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม ถือว่านักเรียนผู้นั้นผ่านเกณฑ์



กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร ตำรา บทความ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการตอบปัญหาการวิจัย เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวทางของ โรเบิร์ต มิตเชล เจ นาธาน จาร์ส อินทลาภาพร และคนอื่น ๆ (Robert. 2013; Mitchell J. Nathan. 2013; จาร์ส อินทลาภาพร; และคนอื่น ๆ. 2558) ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ทำให้จำนวนนักเรียนมากกว่าร้อยละ 65 มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

ตอนที่ 1 สะเต็มศึกษา

ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา

ความสำคัญของสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 2 การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ตอนที่ 3 การประเมินตามสภาพจริง

ความหมายของการประเมินตามสภาพจริง

ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง

วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริง

การกำหนดเกณฑ์การประเมินตามสภาพจริง

ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

งานวิจัยในประเทศ

งานวิจัยต่างประเทศ

1. สะเต็มศึกษา

1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

ลันทซ์ (Lantz. 2009: online); พรทิพย์ ศิริภักตราชัย (2556: 51) และ กิตติชัย สุธาสิโนบล (2557: 81) กล่าวว่า STEM เป็นคำย่อของ Science, Technology, Engineering และ Mathematics ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาแบบบูรณาการ โดยนำเนื้อหาและกระบวนการของรายวิชาทั้งสี่วิชามารวมกัน แนวคิดนี้เริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกาที่พยายามปรับปรุงความรู้ความสามารถของผู้เรียน เนื่องจากขีดความสามารถของประเทศไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งในหลาย ๆ ด้านดังที่เคยเป็นมา จากการประชุมหารือของตัวแทนจากทุกภาคส่วนที่สำคัญของประเทศ เพื่อยกระดับคุณภาพของคนในประเทศและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านต่าง ๆ กับนานาชาติ อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ความสามารถในการแข่งขันของสหรัฐอเมริกาซึ่งเคยเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลงไป ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) โดยทำการประเมินผู้เรียนที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งเป็นวัยจบการศึกษาภาคบังคับในประเทศที่เป็นสมาชิกกลุ่มประเทศองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)) และประเทศร่วมโครงการที่ไม่ใช่สมาชิก โดยในรอบประเมิน PISA 2009 มีประเทศสมาชิกจำนวน 34 ประเทศ และประเทศร่วมโครงการ 41 ประเทศ ผลการประเมินประจำปี พ.ศ. 2552 พบว่า นักเรียนจากสหรัฐอเมริกามีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินผลด้านความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในกลุ่มประเทศ OECD และหลายประเทศในแถบเอเชีย รวมทั้งผลการทดสอบด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ก็ต่ำกว่าหลายประเทศ และจากการจัดอันดับความสามารถของนักเรียนในสหรัฐอเมริกาที่มีอายุ 15 ปี ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พบว่าได้อันดับที่ 17 และ 25 ตามลำดับ (Kerr. 2013: 3) อีกทั้งรายงานของ Phi Delta Kappan ที่ประเมินว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำที่สุดในโจทย์แก้ปัญห (Bellanca; & Brandt. 2010; Dejarnette. 2012) สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา นักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มีจำนวนลดลง รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษาผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพโดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler; et al. 2013) อีกทั้งประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของสหรัฐอเมริกาก็มีจำนวนลดน้อยลงเช่นกัน (Executive Office of the President. 2010: online) ในการนี้ผลการศึกษาระบุว่า ประชากรระดับคุณภาพที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์และกำลังทำงานนั้นส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติมากกว่าเป็นชาวอเมริกันเอง นั่นหมายถึงการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์และแรงงานคุณภาพ ส่งผลให้เกิด

ปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมตามมา เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวทำให้หน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ องค์การวิชาการด้านวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Sciences) องค์การวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Engineering) และสถาบันทางการแพทย์ (Institute of Medicine) ได้ร่วมกันศึกษาและจัดประชุมระดับชาติในปี พ.ศ. 2548 ในหัวข้อการก้าวข้ามปัญหาโดยการเร่งพัฒนาเพื่อกำหนดทางเศรษฐกิจที่ดีกว่าให้ได้ภายใน 2 ปี (Rising Above the Gathering Storm Two Years Later: Accelerating Progress toward a Brighter Economic Future) พร้อมยื่นข้อเสนอ 4 ข้อ ให้แก่รัฐบาลดังนี้

1. เพิ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาโดยการส่งเสริมและพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้ทั่วถึงในระดับอนุบาลถึงเกรด 12
2. ส่งเสริมการวิจัยพื้นฐานในระยะยาวระดับชาติเพื่อความเข้มแข็งและยั่งยืน
3. สร้างและรักษาระดับของนักเรียนที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์โดยส่งเสริมการศึกษาทางด้านนี้ทั้งในและต่างประเทศ
4. สร้างความมั่นใจในการรักษาระดับความสามารถของชาติในการเป็นผู้นำทางด้านโครงสร้างนวัตกรรมในระดับโลก

จากนั้นรัฐบาลภายใต้การนำของประธานาธิบดีบารัคโอบามา (Barack Obama) จึงได้เน้นย้ำถึงความสำคัญที่ต้องจัดให้นักเรียนอเมริกันมีพื้นฐานที่ดีในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) จึงออกนโยบายการศึกษาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการรณรงค์เพื่อยกระดับการศึกษา (Educate to Innovate Campaign) ที่ส่งเสริมการเรียนการสอนให้มีการบูรณาการทั้งสี่รายวิชาเข้าด้วยกัน โดยผ่านร่างกฎหมายที่ชื่อ America COMPETES Act (The American Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act) เมื่อวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2554 ซึ่งได้จัดสรรงบประมาณจำนวนมากให้แก่หลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Office of Science and Technology Policy (OSTP)) มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation (NSF)) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรคนวัตกรรมใหม่ผ่านกระบวนการวิจัยและพัฒนาและยกระดับความสามารถในการแข่งขัน (สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2013: online) และสถาบันวิจัยแห่งชาติ (National Research Council) ของประเทศสหรัฐอเมริกา มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติหันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน (NRC. 2012) นอกจากนี้ยังมีองค์กรที่ไม่หวังผลกำไรที่เกิดจากความร่วมมือกันของหลายภาคส่วน เช่น องค์กร Change the Equation หรือ องค์กร Project Lead The way ได้มุ่งทำงานเพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM ในสถานศึกษาหลายแห่งของสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้มีโรงเรียนต่าง ๆ ในเกือบ 40 รัฐ ที่ใช้ STEM Education มาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว (National Research Council of the National Academies. 2011) นอกจากนี้ยังมีการประกาศใช้แผนการศึกษา Education to Innovate เพื่อเร่งกระตุ้นให้ STEM Education

เป็นรูปธรรมและประสบผลสำเร็จ มีการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เช่น การประกาศแผนการสร้างกลุ่มครูต้นแบบในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยเรียกว่า STEM Master Teaching Corps ซึ่งนักการศึกษาเหล่านี้จะเป็นผู้นำในการศึกษาด้าน STEM Education จะเป็นผู้ที่ริเริ่มจุดประกายความคิดให้นักเรียนและช่วยให้กลุ่มสังคมของพวกเขาเจริญเติบโตมากขึ้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถานเอกอัครราชทูตไทย ประจำกรุงวอชิงตัน ดี.ซี., 2555) ทำให้ในปัจจุบันมีการใช้คำว่า STEM กันอย่างแพร่หลาย โดยรวมเนื้อหาและกระบวนการของทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งทุกสาขาวิชามีความสำคัญเท่าเทียมกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าเพื่อสร้างหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นของศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย (1) ทักษะการเรียนรู้ทางนวัตกรรม (2) ทักษะการเข้าถึงข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี (3) ทักษะชีวิตและการประกอบอาชีพ (4) ทักษะการปรับตัว (5) ทักษะการสื่อสารขั้นสูงและทักษะทางสังคม (6) ทักษะการแก้ปัญหา (7) ทักษะการบริหารจัดการตนเองและการพัฒนาตนเอง และ (8) ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ (NSTA. 2011: online) ซึ่งสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกาได้ร่วมมือกับหน่วยงานอื่น ๆ เช่น กลุ่มพันธมิตรเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills (P21)) และสถาบันวิจัยแห่งชาติ (NRC) กำหนดขึ้นโดยเชื่อว่าสะเต็มศึกษาจะเป็นพื้นฐานแนวคิดที่ดีที่พัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะดังกล่าวได้ โดยเชื่อว่าหากผู้เรียนมีความสนใจและความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ (เทคโนโลยี) ในอนาคต (Center for Mathematics Science and Technology of Illinois State University. 2013: online)

นอกจากนี้จากการประชุมสภาองเกรส (Congressman Vern Ehlers (R – MI) and Congressman Mark Udall (D – CO)) ได้กำหนดบทบาทของการพัฒนาคนตามแนวสะเต็มศึกษาไว้ 3 ด้าน ดังนี้ (STEM Caucus Steering Committee. n.d. online)

1. การพัฒนานักวิทยาศาสตร์และวิศวกรเพื่อทำการวิจัยในการพัฒนาการเป็นศูนย์กลางของการเจริญเติบโตด้านเศรษฐกิจของประเทศ
2. การพัฒนาบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีเพื่อสนองความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคต
3. การพัฒนาพลเมืองและผู้มีสิทธิออกเสียงเลือกตั้งที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientifically literate voters and citizens) ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายสาธารณะและโลกรอบตัว

ไม่เพียงแต่ประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้นที่ตื่นตัวและให้ความสนใจเกี่ยวกับ STEM Education ในประเทศอื่น ๆ ก็เช่นเดียวกัน เช่น ในประเทศจีน อินเดีย เกาหลีใต้ ฯลฯ โดยในปี 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมในระดับปริญญาโทและปริญญา

เอก โดยจำนวนบัณฑิตที่จีนจะผลิตนั้นมีจำนวนเกินครึ่งของทุกที่ประเทศรวมกันผลิต ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของสถานการณ์ STEM Education ในอนาคต ส่วนในประเทศไทย ขณะนี้ภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ก็ได้ให้ความสำคัญและศึกษาแนวทางเพื่อจะได้ใช้ STEM Education ในการเรียนการสอนต่อไป (เอเอสทีวี ผู้จัดการออนไลน์. 2556)

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2556: 4) และ สิริินภา กิจเกื้อกูล (2558: 202) กล่าวว่า เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศอย่างต่อเนื่องและพัฒนาประเทศเพื่อให้อยู่ได้ในยุคศตวรรษที่ 21 หลายประเทศจำเป็นต้องเร่งพัฒนากำลังคนของประเทศ (national workforce) ให้มีความรู้ความสามารถและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (Science Technology Engineering and Mathematics) หรือ “สะเต็ม” (STEM) ซึ่งเป็นแกนหลักของเศรษฐกิจและสังคมโลกในอนาคต ดังนั้นในการประชุมครั้งที่ 458/10/2555 เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2555 คณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เห็นชอบในหลักการให้ สสวท. นำเสนอนโยบายและแนวทางส่งเสริมการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) ต่อรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อพิจารณานำเสนอต่อคณะรัฐมนตรี ประกาศเป็นนโยบายของประเทศไทย สนับสนุนการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม - ศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) เพื่อเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ให้มีขีดความสามารถในการประกอบอาชีพ สร้างเศรษฐกิจ และสามารถดำเนินชีวิตในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community : AEC) โดยในปี พ.ศ. 2556 ได้กำหนดความร่วมมือระหว่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จัดสร้างศูนย์การเรียนรู้ใน 10 จังหวัด โดยกำหนดให้แต่ละจังหวัดมีโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 3 โรงเรียน รวมทั้งสิ้น 30 โรงเรียน เพื่อสร้างแนวทางการดำเนินงานการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม มีการวัดผลประเมินผลอย่างเป็นรูปธรรมเกี่ยวกับความพร้อมที่จะจัดกิจกรรมเบื้องต้น และหลังจากนั้นจึงจะนำผลที่ได้รับจากการประเมินมาใช้ในการดำเนินการขยายไปสู่กว้างต่อไป เพื่อสร้างเด็กไทยรุ่นใหม่ให้มีความรู้ ทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้สามารถแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ ได้อย่างมั่นคงในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ต่อไปในอนาคต (กิตติชัย สุทธาสโนบล. 2557: 82)

จากความเป็นมาของสะเต็มศึกษาสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าขีดความสามารถของประเทศต่ำลงจากการประเมินความสามารถของผู้เรียนจากผลการทดสอบ PISA และ TIMSS อีกทั้งประชากรในประเทศมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ ส่งผลให้ประเทศประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ ทำให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมตามมารัฐบาลจึงมีแผนกระตุ้นการศึกษาเพื่อพัฒนากำลังคนและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยกำหนดนโยบายการศึกษาแบบสะเต็มลงสู่ภาคปฏิบัติ หวังจะช่วยยกระดับผลการ

ทดสอบต่าง ๆ ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพและสามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่น ๆ ได้ ซึ่งได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (OSTP) มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSF) เป็นต้น ในส่วนของประเทศไทย สสวท. เป็นหน่วยงานหลักที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ให้มีขีดความสามารถในการประกอบอาชีพ สร้างเศรษฐกิจ และสามารถดำเนินชีวิตในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้อย่างมีความสุข

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

โคเลอร์; และคนอื่น ๆ. (Koehler; et al. 2013) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้เรื่องทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

โรเบิร์ต (Roberts. 2013) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design – Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) ฉะนั้น โรเบิร์ตจึงมองว่าสะเต็มศึกษาอาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning)

มิตเชลล์ เจ นาทาน (Mitchell J. Nathan. 2013) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา ก็คือการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพียงแต่ในปัจจุบันได้มีการพยายามทำให้ความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เคยผสมผสานอยู่ในวิทยาศาสตร์มีความชัดเจนโดดเด่นมากยิ่งขึ้นนั่นเอง

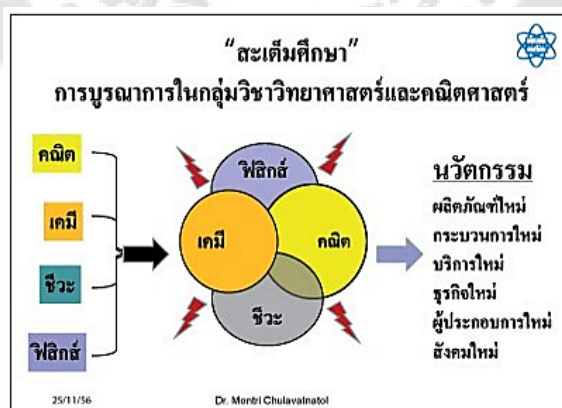
พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556: 50 – 51) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

รักษพล ชนนวนวงศ์ (2556: 1) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

มนตรี จุฬาวัฒนพล (2556: 16) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษา และอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ดังนั้น สะเต็มศึกษา จึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ ส่วนวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาระดับโรงเรียนหมายถึงการสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ รวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริการโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ไม่ได้จำกัดเฉพาะวิศวกรรมสาขาที่เรียนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ในสถาบันอุดมศึกษาเท่านั้น

อนึ่งคำว่า สะเต็ม (STEM) เป็นคำย่อที่มาจาก Science Technology Engineering & Mathematics หลายประเทศนิยมใช้คำนี้ แต่ก็มีบางคนอาจเติม A (Arts) กลายเป็น STEAM



ภาพประกอบ 2 “สะเต็มศึกษา” การบูรณาการในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

เขมวดี พงสานนท์ (2557: 18 – 20) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการทั้ง การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่อง

คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน ซึ่งจะอธิบายความหมายแต่ละส่วนไว้ดังนี้

- 1) การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ และดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาระวิชาและมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์
- 2) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี
- 3) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ
- 4) การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมและความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กิตติชัย สุทธาสโนบล (2557: 81) กล่าวว่า การศึกษาแบบสะเต็ม หมายถึง การศึกษาที่มีลักษณะการบูรณาการเนื้อหาสาระความรู้ระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 4) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557: 4) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ดังนั้นจะพบว่าสะเต็มศึกษาไม่ใช่เรื่องใหม่ เพียงแต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพในอนาคต

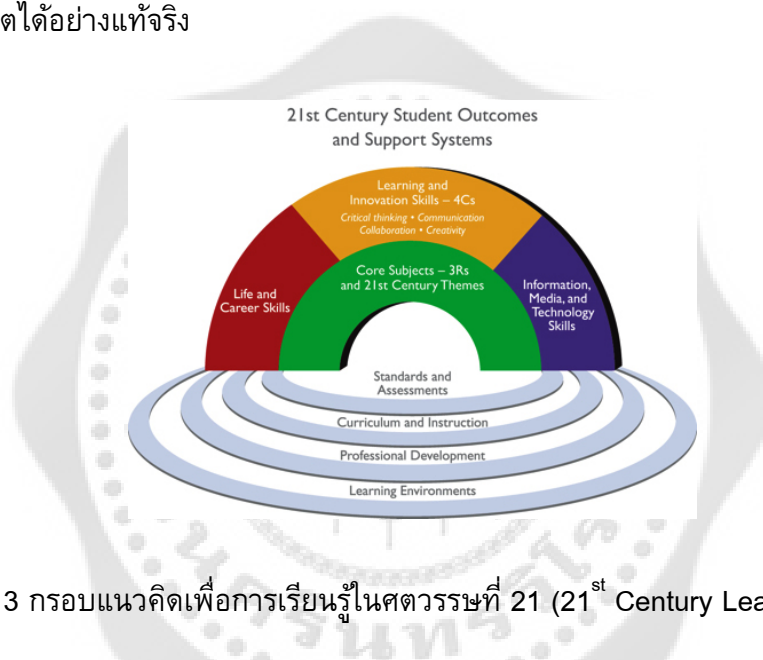
สุวินัย มงคลธารณ์ (2557: 39) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการนำศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้ ดังนั้น การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการเรียนรู้โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดย สสวท. มุ่งเน้นส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อเข้าใจ แก้ไขปัญหา และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์หรือคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ผ่านการทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์หรืองานวิจัยเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ ที่นำไปสู่นวัตกรรมที่นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคตของนักเรียนได้

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวัน ทักษะชีวิต และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักวิธีคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์หรือคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และประกอบอาชีพในอนาคตได้ ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning) การออกแบบ (Design – Based) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) อีกทั้งสะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในโลกศตวรรษที่ 21 และมีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศอีกด้วย

1.3 ความสำคัญของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556: 55) กล่าวว่า สังคมโลกในขณะนี้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเทคโนโลยีการสื่อสารซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายทอดข้อมูลใหม่ ๆ หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาอย่างไม่มีที่สิ้นสุดก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการไหลบ่าของข่าวสาร ข้อมูล วิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมเจริญก้าวหน้า เกิดการค้าที่แข่งขันกันทั่วโลก ทุกประเทศจึงต้องเร่งพัฒนาประชากรของตนให้มีคุณภาพทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและแข่งขันกับประเทศต่าง ๆ ได้ (กิตติชัย สุราสินบล. 2557: 82) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการเตรียมผู้เรียนในวันนี้ให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เยาวชนเหล่านั้นสามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงได้และพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับสภาพสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีในอนาคต การตื่นตัวและเตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การสร้างมหาอำนาจทางการศึกษาเพื่อให้ได้ประชากรที่มีคุณภาพจึงเป็นกลยุทธ์ของการพัฒนาชาติแนวหนึ่ง สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education จึงเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหมในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมี

ความรู้และความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่งคั่งของประเทศได้ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิดและทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้าง และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียนใน STEM Education จึงเหมาะที่จะทำให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่งอนาคตได้อย่างแท้จริง



ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Learning Framework)

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2556: 4 – 5) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นวิชาที่ศึกษาตั้งแต่ชั้นประถม มัธยม จนถึงระดับอุดมศึกษา และอาชีวศึกษา แม้นักเรียนไทยที่เรียนเก่งและมีความรู้ความสามารถสูงส่วนหนึ่งจะสามารถแข่งขันและเอาชนะนักเรียนต่างชาติ สามารถคว้าเหรียญโอลิมปิกวิชาการทุกปี บางคนก็ได้ทุนศึกษาต่อถึงปริญญาเอก ได้ทำงานวิจัยและพัฒนาทักษะและประสบความสำเร็จในวิชาชีพ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แต่ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนไทยส่วนใหญ่ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ดังที่ปรากฏผลการทดสอบต่าง ๆ เช่น PISA, O – NET และ TIMSS เป็นต้น นอกจากนี้นักเรียนไทยไม่นิยมเรียนวิชาเหล่านี้เพราะเรียนยากและไม่ทราบจะไปทำอะไร ดังนั้นนักเรียนไทยจึงมักเรียนสายสังคมเป็นส่วนใหญ่ ปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข แต่วิธีการต่าง ๆ ที่ได้นำมาช่วยแก้ปัญหา เช่น การจัดห้องเรียนวิทยาศาสตร์ การมีโรงเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นต้น สามารถช่วยแก้ปัญหาได้ในวงจำกัดเท่านั้น

ข้อมูลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า “สะเต็มศึกษา” จำเป็นต่อการสร้างกำลังคนในอนาคต พลังของสะเต็มศึกษาเกิดจากความร่วมมือร่วมใจของทุกภาคส่วนของสังคมไม่จำกัดเฉพาะกระทรวงศึกษาธิการ โรงเรียน สถาบันอุดมศึกษา และอาชีวศึกษาเท่านั้น แต่ต้องนำเอาหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนที่ต้องใช้กำลังคนที่มีความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาสร้างนวัตกรรมและความสามารถในการแข่งขัน “สะเต็มศึกษา” ไม่เพียงแต่ต้องอาศัยครูที่เก่งเท่านั้น แต่ยังต้องพึ่งพาผู้ที่มีประสบการณ์ในการประกอบวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในเวทีโลกมาช่วยแนะนำและถ่ายทอดประสบการณ์ดี ๆ ให้แก่คนรุ่นหลังด้วย ดังนั้น ประเทศไทยจึงต้องมีการปรับปรุงหลักสูตรการจัดการศึกษาในลักษณะการศึกษาแบบสะเต็มให้มากขึ้น โดยบูรณาการเรียนรู้อาชีวศึกษา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยปรับเปลี่ยนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นสำหรับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (กิตติชัย สุทธิสินบล. 2557: 82)

มนตรี จุฬารัตน (2556: 14) กล่าวว่า ประเทศไทยอาจมีเหตุผลความจำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น นักเรียนที่สนใจเรียนสาขาวิทยาศาสตร์น้อยลง เนื่องจากการเรียนที่ยาก แต่สาขาศิลปศาสตร์เรียนได้ง่ายกว่า งานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหายากกว่า ได้ค่าตอบแทนน้อยกว่างานด้านอื่น ๆ เช่น บันเทิง ธุรกิจ ท่องเที่ยว แฟชั่น หรือการกีฬา แต่เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมาเป็นแบบสะเต็มศึกษามีดังต่อไปนี้

1) ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ แม้ สวท. จะได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งแล้วก็ตาม แต่ก็เป็นที่ทราบกันว่าประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ด้อยกว่าหลายประเทศ เช่น เกาหลี สิงคโปร์ และจีน ถึงแม้ว่านักเรียนไทยสามารถชิงเหรียญรางวัลในการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการ แต่การทดสอบความรู้และทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยยังแพ้เยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์

2) ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นประเทศที่มีรายได้ต่ำ แต่ปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยการพัฒนาที่อาศัยค่าแรงราคาถูกและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมายในประเทศ ในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของคนไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้นและทรัพยากรเริ่มขาดแคลน ดังนั้นการที่ประเทศไทยยกระดับรายได้ให้สูงขึ้นอีก ในปี พ.ศ. 2555 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้นำเสนอการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) เพื่อให้ไทยหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา

3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติแสดงว่า ในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละ 10 ของแรงงานทั้งหมดที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือกำลังคนด้านสะเต็มศึกษา (STEM workforce) ในจำนวนนี้ร้อยละ 89 สำเร็จการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี

สนธิ พลชัยยา (2557: 7) กล่าวว่า หลักสูตรหรือการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน หรือที่เรียกว่า “สะเต็มศึกษา (STEM Education)” เป็นคำย่อที่มาจากคำว่า Science Technology Engineering และ Mathematics Education เป็นแนวทางใหม่ในการส่งเสริมการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์ คณิต - ศาสตร์ และเทคโนโลยี ตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานจนถึงอุดมศึกษา อาชีวศึกษา และการศึกษา ตลอดชีวิต (สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2556: 5) ได้เข้า มามีบทบาทในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย ซึ่งมีเป้าหมายสำคัญ เพื่อนำผู้เรียนไปสู่การคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียน สามารถเชื่อมโยงบทเรียนในห้องเรียนกับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้จริง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการหลักสะเต็มศึกษาเข้าไปในหลักสูตรหรืออาจนำมาใช้เพียง บางส่วนของเนื้อหาวิชา ก็นับได้ว่าการผสมผสานการเรียนรู้แบบผู้เรียนเป็นสำคัญเพราะผู้เรียนได้ มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต ดังนั้น “สะเต็มศึกษา” จึงมักเน้นการทำโครงการแก้ ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งของสะเต็มศึกษาที่นอกเหนือจากการออกแบบการ เรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และการเชื่อมโยงองค์ความรู้จากบทเรียนในห้องเรียน เพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้ว สะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูง (Higher – ordered thinking) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st Century skills)

การคิดขั้นสูงมีหลายประเภท แต่จะกล่าวถึงการคิดขั้นสูง 3 ประเภท คือ การคิด แก้ปัญหา (problem solving) การคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ซึ่งเป็นการคิดที่มีการกล่าวถึงและตีพิมพ์อย่างแพร่หลายว่าสามารถฝึกฝนให้เกิด กับผู้เรียนผ่านการทำกิจกรรมสะเต็ม และนอกจากนี้การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และการคิด อย่างมีวิจารณญาณ ยังเป็นทักษะสำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รายละเอียดของการคิดขั้นสูง ทั้ง 3 ประเภท สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การคิดแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณาจำแนกเกี่ยวกับประเด็นปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความลำบากหรือยุ่งยาก จากนั้นมีการประยุกต์นำสิ่งของ วิธีการ หรือเหตุการณ์บางอย่างมาปรับใช้อย่างเหมาะสม โดยสอดคล้องกับบริบททางสังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม เพื่อแก้ปัญหาหรือให้บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

2) การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการมองเห็นประเด็นของปัญหา หรือการเชื่อมโยงความคิดเดิมกับจินตนาการแล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ ความคิด หรือชิ้นงานใหม่ของตนเอง โดยใช้กลยุทธ์ทางความคิดที่หลากหลาย ทั้งการวิเคราะห์ประเด็น การคิดนอกกรอบ การคิดริเริ่ม และการสร้างสรรค์ผลงาน หรือสิ่งใหม่ ๆ ที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้

3) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นความสามารถในการวิเคราะห์และตัดสินใจเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยยึดตามหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นสำคัญ ดังนั้นการคิดในลักษณะนี้ถือเป็นความสามารถในการวิเคราะห์ แปลความหมาย ประเมินค่า สรุปและสังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และใช้ผลลัพธ์ในการแก้ไขปัญหาหรือตัดสินใจ หรือเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม นอกจากนี้การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังรวมการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุ หรือวิธีการที่ทำให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

การจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะสมเต็มเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

อนึ่งคำว่า “สะเต็ม” (STEM) เป็นคำที่นิยมใช้ในหลายประเทศ แต่มีเพียงบางประเทศที่อาจใช้คำอื่นแทน เช่น MES (Mathematics Engineering and Science) หรือ STEAM (Science Technology Engineering Arts and Mathematics) เป็นต้น

จากความสำคัญของสะเต็มศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาจำเป็นต่อการสร้างกำลังคนในอนาคตที่มีความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่มีคุณประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงและพร้อมเผชิญกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีในอนาคต สะเต็มศึกษาจึงเหมาะที่จะทำให้ผู้เรียนรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่งอนาคตได้อย่างแท้จริง

1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

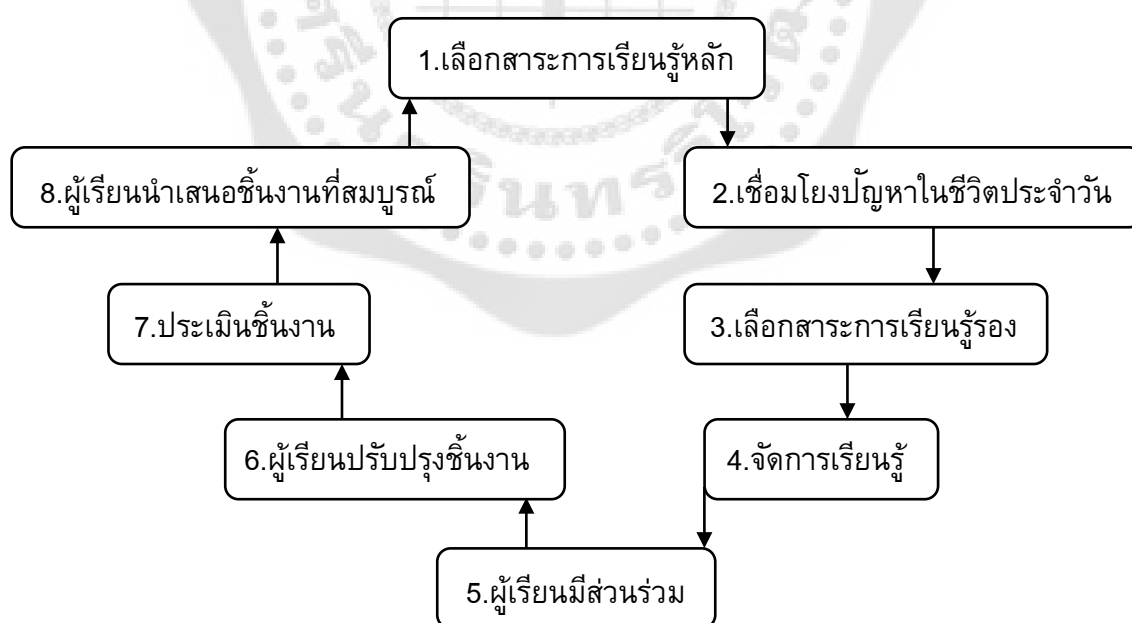
สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2556: 17 – 18) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM จะต้องสอดคล้องกับหลักสูตรหรือมาตรฐานการเรียนรู้ สามารถนำไปบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบเดิม เพื่อมิให้เป็นภาระกับผู้สอนอันจะก่อให้เกิดปัญหากับการเรียนการสอนได้ นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการของการจัดการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ได้มุ่งเน้นแนวคิดการลงมือปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific practice) ที่ไม่เพียงแต่ค้นคว้าเพื่อให้ได้คำตอบ แต่มุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติทั้งการทดลองและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

โดยการบูรณาการเข้ากับคณิตศาสตร์และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี (engineering and technological design process) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะต่าง ๆ จากการฝึกปฏิบัติ

การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในชั้นเรียนนั้น มีการกำหนดกรอบเวลาอย่างชัดเจนและให้สอดคล้องกับภาระงานของผู้เรียน อาจแบ่งกิจกรรมได้เป็นกิจกรรมช่วงเวลาสั้น (4 – 6 ชั่วโมง) กิจกรรมโครงการย่อย (2 – 8 สัปดาห์) หรือการทำโครงการ (Project Base Learning: PBL) ระยะยาวตลอดภาคเรียนก็ได้

หลักการสำคัญในการจัดการเรียนรู้สะเต็มคือจะต้องใช้บริบทของกิจกรรมที่นักเรียนคุ้นเคยเพื่อให้เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและมองว่าเป็นสิ่งใกล้ตัว มีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหา (Problem solving) ฝึกการคิดเชิงระบบ (Systems thinking) และการคิดวิเคราะห์ (Critical thinking) มุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม และให้ผู้เรียนฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่พบเห็นในชีวิตจริงเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (เช่น เป็นเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูล) รวมถึงมีการฝึกการนำเสนอผลงานที่นักเรียนได้จัดทำ ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงจุดมุ่งหมาย เหตุผล กระบวนการในการเรียนรู้

โรเบิร์ต (Robert. 2013) กล่าวว่า จากการศึกษารวบรวมแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักศึกษามากมาย จนทำให้ได้วิธีการออกแบบหน่วยเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 4 หลักการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 1 เลือกสาระการเรียนรู้เป็นหลัก (Select Central Standards) เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน / ตัวบ่งชี้ / สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา

เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลัก และตัวบ่งชี้ที่บอกถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา / ตัวบ่งชี้ / สาระการเรียนรู้ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลักเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ให้นำสาขาวิชาที่เหลือทั้งสามเป็นสาระการเรียนรู้เสริมหรือรอง เช่น เลือกเรื่องการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นหลัก ดังนั้น สาระการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จะเป็นส่วนรอง

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a problem) เป็นการคิดเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้ / เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใดหรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง เช่น มลพิษ สิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติทางธรรมชาติ พลังงานทดแทน เป็นต้น

ขั้นที่ 3 เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (Support Central Standards with Supplemental Standards) เมื่อเลือกเนื้อหาหลักในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ในขั้นที่ 3 นี้ ผู้สอนจะต้องเลือกเนื้อหา / ตัวบ่งชี้ / สาระการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เหลือว่าจะมีสาระการเรียนรู้รองเรื่องใดช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ตัวอย่างสาระการเรียนรู้รอง อาทิ สาระเกี่ยวกับเรื่องโครงสร้างของโลก (วิทยาศาสตร์) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การพิสูจน์ และการสื่อสาร (คณิตศาสตร์)

ขั้นที่ 4 จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด (Instruct STEM Standards) ผู้สอนวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมดแล้วนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้หลักที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นสำคัญ สำหรับสาระการเรียนรู้รองให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาสามารถนำเนื้อหาเหล่านั้นไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้แต่ละแผน / บทเรียน อาจไม่จำเป็นต้องให้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา แต่ให้พิจารณาภาพรวมว่าเมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้งหน่วยการเรียนรู้แล้วผู้เรียนจะได้เรียนรู้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา

ขั้นที่ 5 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผนวกกับการได้ใช้ความรู้รอง (ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 3) เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2)

ในการลงมือปฏิบัติ ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อม มีการกำหนด เวลาการทำงาน อีกทั้งต้องมีการตรวจสอบความคิดของผู้เรียน เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้และพยายามให้ผู้เรียนไม่หลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน

ขั้นที่ 6 แก้ไข / ปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนกลุ่ม

อื่น ๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของผู้สอน และเพื่อนไว้เพื่อการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณ์งานควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 7 ประเมินชิ้นงานการออกแบบ (Evaluate the Designs) หลังการปรับปรุงแก้ไขผลงานในขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนดำเนินการตรวจให้คะแนนชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 8 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) ในขั้นนี้ผู้สอนจัดเตรียมสถานที่หรือตู้แสดงผลงานให้ผู้เรียนนำผลงานแสดงต่อบุคคลทั่วไป อาทิ เพื่อน พ่อแม่ ผู้ปกครอง ครูอาจารย์ และชุมชน การจัดแสดงอาจทำตอนท้ายปีการศึกษาหรือภาคเรียน โดยอาจวางแสดงไว้ตลอดภาคเรียนถัดไป ทั้งนี้เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความภูมิใจและพยายามที่จะปรับปรุงผลงานในครั้งต่อไป

สรุปหลักการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้น จะมีทั้งส่วนที่ผู้สอนมีบทบาทสำคัญโดยเฉพาะขั้นที่ 1 – 3 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หลักสูตรเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน จากนั้นจะจัดทำบทเรียนและนำไปจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ขั้นนี้ผู้เรียนควรได้รับความรู้และทักษะพื้นฐานตามสาระการเรียนรู้หลักและรองที่เลือกไว้ จากนั้นในขั้นที่ 5 – 8 จะเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ผู้เรียนจะกำหนดนิยามขอบเขตของปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ประเมินผล และปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้น อาจต้องใช้เวลาตลอดภาคเรียนหรือตลอดปีการศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาสร้างสรรค์ชิ้นงาน การออกแบบและแสดงผลงานต่อสาธารณชนได้อย่างภาคภูมิใจ

อาจกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น มีกระบวนการหรือขั้นตอนคล้ายกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยขั้นตั้งปัญหา สมมติฐาน ขั้นกำหนดตัวแปร ขั้นตอนการทดลอง ขั้นทดลอง ขั้นอภิปรายผล และขั้นนำเสนอผล (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2556) เพียงแต่การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะเน้นการนำปัญหาที่มีอยู่จริงในชีวิตประจำวันที่กำลังเป็นประเด็นทางสังคม มาให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณและออกแบบชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขทางสังคม เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหานั้นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้นนั่นเอง

มิตเชลล์ เจ นาธาน (Mitchell J. Nathan, 2013) กล่าวว่า แนวทางหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนว STEM Education คือ การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้ากับวิศวกรรมศาสตร์อย่างชัดเจน (Explicit in Engineering Connection) หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งคือมีการเรียนรู้ STEM ที่ผนวกการเรียนรู้บนฐานการออกแบบ (Design – based Learning) ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมศาสตร์เข้าไปอย่างชัดเจน

การเรียนการสอนแบบประสานรวมกันของวิชาทั้งสี่ในสะเต็มดังกล่าว จำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน คล้ายกับแนวทางการเรียนรู้แบบ (Project – based Learning) ซึ่งได้มีการศึกษามาแล้วว่าสามารถส่งเสริมให้ผู้ทำกิจกรรมเกิด “การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น” หรือ Deeper Learning อันได้แก่ การเรียนรู้ที่เตรียมความพร้อมผู้เรียนใน 5 ด้านสำคัญ ได้แก่

1. การทำความเข้าใจเนื้อหาแกนหลักทางวิชาการได้อย่างดี (mastering core content)
2. การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (thinking critically) และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (solving complex problems)
3. การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (working collaboratively)
4. การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ (communicating effectively)
5. การเป็นผู้ริเริ่ม (self – directed) และรับคำวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างดี (incorporate feedback)

นอกจากนี้ STEM Education แบบบูรณาการยังมีการผนวกองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอน 2 ด้าน นั่นคือ

1. การผนวกด้านบริบท (Context Integration) มีการทำให้ศาสตร์ทั้ง 4 รวมเข้าด้วยกันด้วยบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนบริบทเดียว
2. การผนวกกันด้านเนื้อหา (Content Integration) มีการทำให้ศาสตร์ทั้ง 4 รวมกัน “แนวคิดใหญ่” (Big Ideas) แนวคิดเดียว

สมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรม (International Technology and Engineering Educators Association. 2014) กล่าวว่า การจัดการศึกษาตามรูปแบบสะเต็มศึกษาพบว่าไม่ได้มีรูปแบบหรือแนวทางที่จำกัดตายตัว แต่มีเป้าหมายหลักคือเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ที่บูรณาการใช้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มุ่งเน้นการแก้ปัญหา การออกแบบผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ แต่มีแนวคิดหลัก ๆ คือ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) ศึกษาแนวทางแก้ปัญหา 3) ออกแบบและลงมือปฏิบัติ และ 4) ประเมินผล แล้วจึงนำเสนอผลงานและนอกจากนี้สะเต็มศึกษานั้นมุ่งฝึกทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และเพื่อสร้างกำลังคนด้านสะเต็มหรือที่เรียกว่า STEM workforce นั้นเอง โดยการจัดการเรียนรู้ของแต่ละโรงเรียนจะมีแนวทางที่แตกต่างกันออกไป เช่น บางโรงเรียนจัดแยกสอนรายวิชาพื้นฐานปกติ แต่เน้นการบูรณาการและการทำกิจกรรมแก้ปัญหาและการออกแบบมากขึ้น หรือบางโรงเรียนจัดกิจกรรมเป็นลักษณะชุมนุมหรือวิชาเพิ่มเติม ในขณะที่บางโรงเรียนจะนำเอาแนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าไปผนวกใช้กับทุกวิชา นอกจากนี้อาจเป็นกิจกรรมเสริม ค่าย หรือสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีปกติก็ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 4 – 6) กล่าวว่า การจัดการกระบวนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบแต่มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideals) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีข้อด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหามustกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างจากนี้ โดยอาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และโดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่งมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงการ (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการความคิดรวบยอดกระบวนการจัดการเรียนรู้ และทักษะด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนการสอนได้ ใช้แหล่งเรียนรู้ได้หลากหลาย และผู้เรียนได้เรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจเพิ่มขึ้น

บูรณาการ (Integration) หมายถึง การนำศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาจัดประสมการณ์เรียนรู้ในลักษณะของการผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน ซึ่งการบูรณาการสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะแต่ละวิชาแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาแยกกัน แต่มีข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้ให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้กระต๊อบเป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ครูผู้สอนเทคโนโลยีสามารถเริ่มแนะนำกระต๊อบได้ว่ากระต๊อบจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือตอบสนองความต้องการที่จะเก็บความร้อนของข้าว ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างกระต๊อบเพื่อสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้กระต๊อบสอนเรื่องรูปทรงและให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระต๊อบข้าวได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตน โดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังการเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนและฉนวนกันความร้อน ครูกำหนดให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บความร้อนของกระต๊อบข้าว โดยขอให้ครูคณิตศาสตร์สอนเรื่องการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นเมื่อนักเรียนทดลองและเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลจากการทดลองไปสร้างกราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้เชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคมและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการ

กำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่

- 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ
- 2) ตัวชีวิตในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 3) ความรู้เดิมของนักเรียน

ทั้งนี้การบูรณาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการเนื้อหา (Integration of subject areas) การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ (Integration of learning process) และการบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of learning outcome) เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การบูรณาการเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาของสาระต่าง ๆ หรือระหว่างกลุ่มสาระ มาสัมพันธ์เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน โดยอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นปัญหา แล้วนำเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อหรือหัวข้อนั้นมาผสมผสานกันโดยใช้ทักษะต่าง ๆ เข้ามาเชื่อมโยง เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้ ทักษะ และเจตคติตามที่ต้องการ

2. การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบและวิธีการต่าง ๆ ของการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอนมาผสมผสานเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน หรือการจัดให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้จากกระบวนการและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเนื้อหาอะไรบ้างและแต่ละเนื้อหาจะสอนด้วยวิธีใด

3. การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ เป็นการบูรณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นหลัก โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเป้าหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นก็นำเนื้อหาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับประเด็นที่จะศึกษานั้นมาผสมผสานเชื่อมโยงกัน โดยมีเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหาหรือตามสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่ควรคำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียนมีดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด
2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน
3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตและสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

5. ปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรมที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

สุพรรณิ ซาญประเสริฐ (2557: 4) กล่าวว่า โรงเรียนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ในกรณีที่กิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลาไม่มาก หรือถ้ากิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลามากอาจมอบหมายให้ทำนอกชั้นเรียนร่วมด้วยก็ได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการมอบหมายให้ออกแบบชิ้นงานกลุ่มหรือในรูปของโครงการก็ได้ โดยมีการกำหนดประเด็นปัญหาหรือหัวข้อที่สามารถเชื่อมโยงสู่การบูรณาการความรู้ของเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนตามความเหมาะสม เนื่องจากความรู้พื้นฐานของการศึกษาตามแนวสะเต็มศึกษาคือสาระตามหลักสูตรแกนกลางนั่นเอง ซึ่งครูควรจะต้องยึดเนื้อหาสาระหลักนั้นเป็นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถจัดให้มีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติได้ และการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่ได้เข้าไปแทนที่หรือเพิ่มเติมจนเป็นส่วนเกินของหลักสูตร กล่าวคือการจัดการเรียนรู้จะกลมกลืนและมีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริงเพื่อฝึกประสบการณ์ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

กิตติชัย สุชาติโนบล (2557: 85 – 87) กล่าวว่า การศึกษาแบบสะเต็มจะประสบความสำเร็จได้นั้น มีวิธีการที่หลากหลายโดยการปรับการเรียนเปลี่ยนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในห้องเรียนให้สอดคล้องกับแนวการจัดการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ซึ่งสามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมไปปรับในชั้นเรียนตามความเหมาะสม ดังนี้

1. การเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์สู่ชีวิตจริง โดยผู้สอนต้องชี้แนวทางให้ผู้เรียนได้มองเห็นแนวคิดหลักของวิชาต่าง ๆ ที่เรียนกับชีวิตประจำวัน โดยเป็นสิ่งที่มีและเกิดขึ้นตามธรรมชาติ สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนให้มีความหมายกับตนเอง ซึ่งกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาในชีวิตได้จริง ซึ่งถือเป็นก้าวแรกสู่การบูรณาการความรู้สู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย เพราะปรากฏการณ์รอบตัวไม่ได้เป็นผลของความรู้จากศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเพียงศาสตร์เดียว แต่ต้องอาศัยการประยุกต์ความรู้ที่เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งสิ้น

2. การสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการที่ให้ผู้เรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีผู้สอนเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ ผู้เรียนต้องอาศัยปัจจัยสำคัญคือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ซึ่งหมายถึงขั้นตอนการหาความรู้โดยเริ่มตั้งแต่การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และสรุปผล และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) ซึ่งหมายถึง ทักษะการคิด ทั้งทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง ซึ่งนับเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนจุดเน้นของการศึกษาแบบสะเต็มได้เป็นอย่างดี

3. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เป็นรูปแบบการเรียนหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการเรียนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติตามความสนใจของผู้เรียน มีการนำเทคโนโลยีเข้ามามีใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างแพร่หลาย เครื่องมือตัวหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน คือ โซเชียลมีเดีย (Social Media) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับโซเชียลมีเดียจะเริ่มจากการเตรียมความพร้อมของครู ผู้เรียน วัสดุอุปกรณ์ และโครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน จากนั้นผู้เรียนเลือกปัญหาที่จะศึกษา โดยมีครูเป็นผู้จัดประกายและให้คำปรึกษา ผู้เรียนและครูร่วมกันวางแผนการทำโครงงานในรูปแบบของแผนปฏิบัติการหรือเค้าโครงโครงงาน โดยกำหนดวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ขอบเขตการศึกษา และวิธีการศึกษา ศึกษาหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ลงมือปฏิบัติตามแผน โดยเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ค้นหาข้อมูลเพิ่มเติม การเขียนรายงาน เผยแพร่ผลงานสู่สาธารณะ และประเมินโครงงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนผู้เรียนสามารถเลือกใช้โซเชียลมีเดียที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของผู้เรียนยุคใหม่ การเรียนแบบโครงงานร่วมกับโซเชียลมีเดียจะช่วยพัฒนาสมรรถนะและทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

4. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน การเรียนรู้ที่ดีต้องเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง และด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใด ๆ ขึ้นมาในโลก ก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั่นเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองนี้มีความหมายต่อผู้เรียน จะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่าย และสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดี นอกจากนั้นความรู้ที่สร้างขึ้นเองนี้ยังเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

5. การบูรณาการเทคโนโลยี (Integrated Technologies) เพียงผู้สอนบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน การพัฒนาความรู้และทักษะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอนและการสืบค้นที่หลากหลาย เป็นการเพิ่มความสามารถให้เห็นถึงสมรรถนะและทักษะทางปัญญาในการใช้เทคโนโลยีเพื่อแสวงหาความรู้ โดยมีจุดเน้นที่การผสมผสานรูปแบบการเรียนรู้ในชั้นเรียนกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีที่มีอยู่

ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ที่ปรากฏ ตั้งแต่การสืบค้นข้อมูลลักษณะต่าง ๆ การบันทึกและนำเสนอข้อมูลด้วยภาพนิ่ง วิดีทัศน์ และมัลติมีเดีย การใช้อุปกรณ์ บันทึกข้อมูลในการสำรวจตรวจสอบ การใช้ซอฟต์แวร์จัดการทำ วิเคราะห์ข้อมูล และเทคโนโลยีอื่น ๆ อีกมากมาย การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหาและทำงานร่วมกัน รวมทั้งสร้างทักษะสำคัญในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพต่อไปในอนาคต

6. การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาแบบ สะเต็มสามารถพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ตามกรอบแนวคิดของ Partnership for 21st Century Skills ที่ครอบคลุม 4C คือ Critical Thinking (การคิดเชิงวิพากษ์) Communication (การสื่อสาร) Collaboration (การทำงานร่วมกัน) และ Creativity (การคิดสร้างสรรค์) จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบโครงงานหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นสามารถสร้างเสริมทักษะเหล่านี้ได้มาก อย่างไรก็ตามในบริบทของโรงเรียนทั่วไปผู้สอนอาจไม่สามารถให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานเท่านั้น ดังนั้นถ้าผู้สอนมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในทุกโอกาสที่เอื้ออำนวย ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน เรียนรู้ และเชยชมเมื่อผู้เรียนเรียนรู้วิธีการติชมอย่างสร้างสรรค์

7. การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ (Informal Learning) ผู้เรียนส่วนมากชอบการเรียนรู้ที่สนุกสนาน หากผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมที่สามารถสร้างความสุขในห้องเรียนสู่การเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้ผู้เรียนกล้าที่จะออกแบบการเรียนรู้ที่ท้าทาย เพลิดเพลิน ส่งผลให้การเรียนมีความหมายต่อผู้เรียน การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการที่ได้รับความนิยม ได้แก่ การจัดกิจกรรมค่าย การเรียนรู้จากเพลง เกม ละคร หรือการประกวดแข่งขัน กิจกรรมเหล่านี้เป็นโอกาสดีที่จะสร้างการมีส่วนร่วมจากชุมชน โดยอาจเชิญผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นเป็นวิทยากรหรือสนับสนุนของรางวัล

8. การเรียนรู้ตามอัธยาศัย (Non – Formal Learning) เมื่อผู้สอนได้ดำเนินการ 7 ข้อข้างต้นแล้ว อาจมองออกนอกขอบเขตรั้วโรงเรียน สร้างนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้เป็นวัฒนธรรมของชุมชน ร่วมกันสร้างแหล่งเรียนรู้ด้านการศึกษาแบบสะเต็มในท้องถิ่น เช่น เส้นทางศึกษาธรรมชาติ หรือประยุกต์ความรู้แบบสะเต็มเพื่อสนับสนุนแหล่งเรียนรู้วิถีชุมชน เช่น ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม นำเสนอข้อมูลภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และวัฒนธรรมชุมชน เพื่อนำเสนอเรื่องราวในชุมชนเพื่อการพัฒนาอาชีพและพัฒนาคุณภาพชีวิต

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558: 155) กล่าวว่า การนำแนวคิดแบบสะเต็มศึกษาลงสู่ภาคปฏิบัติในชั้นเรียน สามารถทำได้ในรูปของการบูรณาการด้านเนื้อหา ทักษะปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ และ/หรือการประยุกต์ความรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ทั้งแบบแยกรายวิชาและแบบรวมรายวิชา ดังนี้

ระดับการบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่ชั้นเรียนมี 4 ระดับ ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) หมายถึง ผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา (Contents) และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาทางคณิตศาสตร์

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาทางคณิตศาสตร์ แต่ได้มีการกำหนดหัวข้อหลัก (theme) หรือหัวข้อเรื่องที่จะจัดการเรียนรู้เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจับคู่หรือตั้งทีมงานช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกัน เป็นการรวมกันมากกว่า 1 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษาร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สำหรับการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การวิเคราะห์หาระดับการบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมสำหรับชั้นเรียนแต่ละชั้นนั้นอาจจำเป็นต้องพิจารณาถึงความพร้อมของผู้สอน ทั้งในด้านเนื้อหา ทักษะปฏิบัติการ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และ/หรือความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ทั้ง 4 สาขาวิชา นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงความสามารถในการทำงานแบบร่วมมือระหว่างผู้สอนที่อยู่ต่างกลุ่มสาระวิชา ตลอดจนบริบทการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียนด้วย

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านการเรียนรู้หลากหลายวิธี เช่น การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) เป็นต้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมี 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยครู ผู้บริหาร และสถานศึกษาจะต้องจัดให้สอดคล้องกับหลักสูตรหรือมาตรฐานการเรียนรู้ สามารถนำไปบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนคุ้นเคยเพื่อให้เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและมองว่าเป็นสิ่งใกล้ตัว อีกทั้งครูควรสนับสนุนให้นักเรียนรู้จักการทำงานเป็นทีมและเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะจากการปฏิบัติและสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้

สำหรับการวิจัยนี้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาตามแนวทางของ สสวท. ในวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสอดแทรกเข้าไปใน 3 วิชาดังกล่าว ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning)

2. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ทอร์พ และ เซก (Torp; & Sage. 1998: 14 – 16) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า และแก้ปัญหา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นทั้งยุทธวิธีที่ใช้ในการเรียนการสอนและใช้เป็นแนวทางในการจัดหลักสูตร ซึ่งมีลักษณะดึงดูดให้นักเรียนได้เข้าไปแก้ปัญหา ครูเป็นเพียงผู้คอยให้คำแนะนำและจัดสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและสำรวจ หลักสูตรที่สร้างขึ้นจะมีปัญหาเป็นแกนกลาง มีบทบาทในการเตรียมประสบการณ์ที่จะส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ สนับสนุนให้สร้างความรู้ด้วยตนเองและบูรณาการสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ในโรงเรียนกับชีวิตจริงเข้าด้วยกัน ในขณะที่เรียนรู้นักเรียนจะถูกทำให้นักแก้ปัญหาและพัฒนาไปสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองได้ ในกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ครูจะเป็นผู้ร่วมแก้ปัญหา มีหน้าที่ในการสร้างความสนใจ สร้างความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนเป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์

แบโรวส์ และ เคลสัน (มัทธรา ธรรมบุศย์. 2549: 49; อ้างอิงจาก Barrows; & Kelson. 2000) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นทั้งหลักสูตรและกระบวนการ โดยหลักสูตรจะประกอบด้วยปัญหาที่มีการออกแบบและเลือกสรรมาอย่างรอบคอบเพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้จักใช้ยุทธศาสตร์ในการแก้ปัญหา และมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม ในส่วนของกระบวนการจำลองแบบมาจากกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ ผู้เรียนจึงสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและปัญหาที่เกิดจากการประกอบอาชีพได้

วัฒนา รัตนพรหม (2548: 33) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทำความเข้าใจและการแก้ไขปัญหา ซึ่งใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นอยู่ตามสภาพจริงมาเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เลือกเนื้อหาที่ต้องการจะเรียนรู้และแสวงหาความรู้เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

ทิศนา ขัมมณี (2555: 137) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม

ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา นั้น รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556: 292) กล่าวว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการในการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น โดยที่ปัญหานั้นจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้และแสวงหาความรู้เพื่อค้นพบคำตอบหรือเพื่อให้เกิดความเข้าใจในรายละเอียดของปัญหานั้นด้วยตนเองและผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่มีรูปแบบการเรียนรู้โดยการนำปัญหามาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโลกเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษา ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

2.2 ลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ทอร์พ และ เซก (Torp; & Sage. 1998: 14) กล่าวว่า ลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ดึงดูดความสนใจของนักเรียน เหมือนพวกเขาได้เข้าไปอยู่ในสถานการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นจริง
2. รวบรวมหลักสูตรที่เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายจากการเรียนรู้ของนักเรียนในทิศทางที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงกัน
3. สร้างบรรยากาศแห่งการเรียนรู้โดยครูรวบรวมความคิดของนักเรียน และแนะนำให้นักเรียนตั้งคำถามเพื่อให้เกิดความรู้อย่างเข้าใจที่ลึกซึ้ง

วิลม ซอบชีนชม (2550: 87) กล่าวว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การใช้ปัญหาหรือ Scenario เป็นตัวกระตุ้นความอยากรู้ของผู้เรียน ใช้สถานการณ์จริงเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้เพื่อเชื่อมโยงกับความจริงและนำไปใช้ได้จริง หลักการเรียนรู้ต้องตั้งอยู่บนความเป็นสหวิทยาการ ซึ่งจะเป็นไปตามสภาพจริงของสังคมและสิ่งแวดล้อมจริง มุ่งเน้นทักษะการคิด การทำงานเป็นกลุ่มย่อย โดยให้ผู้เรียนกำหนดหัวข้อของการเรียนรู้ตามความสนใจของตนเองอย่างแท้จริง จัดเป็นการเรียนการสอนแบบ Self Directed Learning นั่นเอง

เดอนงาม นามเมือง (2552: 36) กล่าวว่า ลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (student centered learning)
2. การเรียนรู้เกิดขึ้นในกลุ่มผู้เรียนที่มีขนาดเล็ก
3. ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) หรือให้คำปรึกษา (guide)

4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
 5. ปัญหาที่นำมาใช้มีลักษณะคลุมเครือไม่ชัดเจน ปัญหา 1 ปัญหาอาจมีคำตอบได้หลายคำตอบหรือแก้ไขปัญหาก็ได้หลายทาง (ill-structured problem)
 6. ผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหา โดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง (self directed learning)
 7. ประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยดูจากความสามารถในการปฏิบัติ (authentic assessment)
- บทบาทของครูในการออกแบบการเรียนรู้แบบ PBL
1. เป็นผู้ออกแบบการเรียนรู้
 2. เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำโดยใช้คำถามประเภท ทำไม หมายความว่าอย่างไร ข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
 3. เป็นผู้ประเมิน
- บทบาทของนักเรียน
1. ศึกษาปัญหาหรือสถานการณ์ สำรวจข้อเท็จจริงจากปัญหา
 2. อภิปรายกันในกลุ่ม พร้อมทั้งระดมสมองสำหรับแก้ปัญหาและตั้งสมมติฐาน
 3. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นสำหรับสิ่งที่ค้นพบ
- ประเด็นสำคัญในการเรียนการสอนแบบ PBL
1. ผู้เรียนจะต้องเผชิญกับโจทย์ปัญหาโดยที่ไม่ได้มีการเตรียมตัวล่วงหน้าเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาหรือเรียนเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับโจทย์ปัญหานั้น ๆ ก่อน
 2. โจทย์ปัญหาจะต้องสร้างให้คล้ายคลึงกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องไปเผชิญในอนาคต
 3. ผู้เรียนจะต้องศึกษาโจทย์ปัญหาในลักษณะของการใช้เหตุผล และการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของตน
 4. โจทย์ปัญหาจะต้องใช้เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสร้างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในระหว่างการอภิปรายในกระบวนการกลุ่ม
 5. ความรู้และทักษะที่ได้จากการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองจะต้องถูกนำมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการแก้ปัญหา เพื่อจะได้สามารถประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้
 6. เครื่องมือที่ใช้วัดผลต้องสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ ต้องวัดทั้งเนื้อหาความรู้ การแก้ปัญหาความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และประสิทธิภาพของกระบวนการกลุ่ม
- ทิสนา แคมมณี (2555: 137 – 138) ได้กำหนดตัวบ่งชี้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้
1. ผู้สอนและผู้เรียนมีการร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือความต้องการของผู้เรียน

2. ผู้สอนและผู้เรียนมีการออกไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนมีการจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา
 3. ผู้สอนและผู้เรียนมีการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหา
 4. ผู้เรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน
 5. ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล การศึกษาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล
 6. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
 7. ผู้สอนมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม
 8. ผู้เรียนมีการลงมือแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและประเมินผล
 9. ผู้สอนมีการติดตามปฏิบัติงานของผู้เรียนและให้คำปรึกษา
 10. ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งด้านผลงานและกระบวนการ
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556: 293) กล่าวว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้
1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้
 2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นพบเห็นได้ในชีวิตจริงของนักเรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง
 3. นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self – Directed Learning) ค้นหาและแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้น นักเรียนจึงต้องวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง บริหารเวลาเอง คัดเลือกวิธีการเรียนรู้ และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง
 4. นักเรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยเพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ ข้อมูลร่วมกัน เป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูล เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคลและฝึกการจัดระบบตนเอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ความรู้คำตอบที่ได้มีความหลากหลาย องค์ความรู้จะผ่านการวิเคราะห์โดยนักเรียน มีการสังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้ นอกจากจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มแล้ว ยังสามารถจัดให้นักเรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แต่อาจทำให้นักเรียนขาดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น
 5. การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้ และบูรณาทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด
 6. ความรู้ที่เกิดจากการเรียนรู้ จะได้มาภายหลังจากกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น
 7. การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากพฤติกรรมการทำงานความก้าวหน้าของนักเรียน

จากลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะสำคัญคือเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ โดยจะต้องจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจะต้องฝึกให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นทีม โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือผู้ให้คำแนะนำ สำหรับการประเมินผลใช้การประเมินผลตามสภาพจริงโดยดูจากความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน และผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้

2.3 ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ทอร์พ และ เซก (Torp; & Sage. 1998: 20) กล่าวว่า ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีลักษณะดังนี้

1. เป็นปัญหาที่ยากและมีความซับซ้อน
2. เป็นปัญหาที่ต้องมีการสืบสวน ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลมาใช้เพื่อแก้ปัญหา
3. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ง่ายโดยใช้สูตรใดสูตรหนึ่งในการหาคำตอบ
4. เป็นปัญหาที่มีวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี

สถาบันคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์แห่งอิลลินอยส์ (Illinois Mathematics and Science Academy. 2001: online) กล่าวว่า ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีลักษณะดังนี้

1. โครงสร้างที่มีลักษณะที่สามารถหาแนวทางในการหาคำตอบได้หลากหลาย (ill – structured) เป็นลักษณะปัญหาตามแบบธรรมชาติทั่วไป
2. สถานการณ์จะมีลักษณะที่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ตายตัว (messy)
3. มีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เพิ่มเข้ามา
4. ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ง่าย ๆ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาไม่แน่นอน
5. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเสมอไป

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแห่งมหาวิทยาลัยแฮมฟอร์ด (พิจิตร อุตะโปน. 2550: 19; อ้างอิงจาก Center for Problem Learning at Samford University) กล่าวว่า ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและเป็นปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง
2. เป็นปัญหาที่ต้องการสืบสวนค้นคว้า รวบรวมข้อมูล การไตร่ตรอง เพื่อแก้ปัญหา และใช้กระบวนการกลุ่มในการหาคำตอบ
3. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที จะต้องมีการตรวจสอบก่อน และเป็นปัญหาที่ต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในการหาคำตอบ
4. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ง่ายและมีหลายคำตอบ ไม่สามารถหาคำตอบด้วยสูตรใดสูตรหนึ่งได้ทันที

ทศนา แหมมณี (2550: 137) กล่าวว่า ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า ปัญหาสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดภาวะงุนงงสงสัยและความต้องการที่จะแสวงหาความรู้เพื่อขจัดความสงสัยดังกล่าว การให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาจริงหรือสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ และร่วมกันคิดหาทางแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ อันเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเรียนรู้ตลอดชีวิต

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 3 – 4) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สิ่งสำคัญที่สุดคือปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ลักษณะสำคัญของปัญหามีดังนี้

1. เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเกิดจากประสบการณ์ของนักเรียน หรือนักเรียนอาจมีโอกาสมองเห็นกับปัญหานั้น
2. เป็นปัญหาที่พบบ่อย มีความสำคัญ มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการค้นคว้า
3. เป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจนตายตัว เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนคลุมเครือ หรือนักเรียนเกิดความสงสัย
4. เป็นปัญหาที่มีประเด็นความขัดแย้ง ข้อถกเถียงในสังคมยังไม่มีข้อยุติ
5. เป็นปัญหาที่อยู่ในความสนใจ เป็นสิ่งที่อยากรู้แต่ไม่รู้
6. ปัญหาที่สร้างความเดือดร้อน เสียหาย เกิดโทษภัย และเป็นสิ่งไม่ดี หากใช้ข้อมูลโดยลำพังคนเดียวอาจทำให้ตอบปัญหาผิดพลาด
7. ปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่เชื่อว่าจริง ไม่สอดคล้องกับความคิดของผู้เรียน
8. ปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวางหลากหลายเนื้อหา
9. เป็นปัญหาที่มีความยากง่าย เหมาะสมกับพื้นฐานของนักเรียน
10. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องการสำรวจค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลหรือทดลองดูก่อนจึงจะได้คำตอบ ไม่สามารถจะคาดเดาหรือทำนายได้ง่าย ๆ ว่าต้องใช้ความรู้อะไร ยุทธวิธีในการสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างไร หรือคำตอบ หรือผลของความรู้เป็นอย่างไร
11. เป็นปัญหาที่ส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาทักษะ สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา จากลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสรุปได้ว่า ปัญหาที่นำมาใช้ควรมีความซับซ้อน คลุมเคลือ ไม่ชัดเจน มีวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลาย และอาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ

2.4 ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ดีไลเชิล (Delisle. 1997: 26 – 36) กล่าวว่า ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงไปสู่ปัญหา (Connecting with the problem) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนควรจะรู้สึกว่ปัญหามีความสำคัญ น่าสนใจและคุ้มค่าต่อเวลาของพวกเขา ครูผู้สอนเลือกปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับสิ่งที่ผู้เรียนอาจพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น ประสบการณ์ส่วนตัว ประสบการณ์จากครอบครัวหรือเพื่อน จากโทรทัศน์ หรือดนตรีที่นักเรียนสนใจ การเชื่อมโยงนี้อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการอ่านหรือการอภิปรายนำเสนอหัวข้อ

ขั้นที่ 2 จัดโครงสร้าง (Setting up the structure) ในขั้นนี้ครูผู้สอนต้องแน่ใจว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงปัญหาได้แล้ว ในขั้นจัดโครงสร้างนี้เป็นการสร้างโครงสร้างสำหรับการทำงานผ่านปัญหาซึ่งจะมีการจัดขอบเขตของงานเพื่อที่จะนำไปสู่คำตอบและถือเป็นหัวใจของกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงวิธีการคิดโดยใช้สถานการณ์และแนวทางการนำไปสู่คำตอบโดยครูผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อจัดโครงสร้างของการทำงานโดยครูผู้สอนมีหน้าที่เป็นผู้แนะนำเพื่อกำหนดโครงสร้างของการศึกษาอันประกอบด้วย

1. แนวคิด/แนวทางในการแก้ปัญหา (Ideas)
2. ข้อเท็จจริง (Facts)
3. ประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้า (Learning issues)
4. แผนการดำเนินงาน (Action plan)

จากโครงสร้างของการศึกษาข้างต้นสามารถแสดงเป็นตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์

ดังตาราง 1

ตาราง 1 โครงสร้างของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

แนวคิด/แนวทางในการแก้ปัญหา (ideas)	ข้อเท็จจริง (Facts)	ประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้า (Learning issues)	แผนการดำเนินงาน (Action plan)

ที่มา: Delisle. (1997: 32). How to Use Problem – Based Learning in the Classroom.

ขั้นที่ 3 เข้าไปสู่ปัญหา (Visiting the problem) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะใช้กระบวนการกลุ่มในการร่วมกันสำรวจปัญหาและร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติมลงไปในตารางโครงสร้างของการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในขั้นที่ 2 หลังจากที่ได้เรียนรู้ได้ใส่ข้อมูลจนครบ จะเห็นว่าสิ่งที่ผู้เรียนรวบรวมมาเป็นข้อมูลที่ได้จากการถามคำถามต่าง ๆ ของพวกเขา และข้อมูลที่เติมในช่องสุดท้ายจะเป็นแนวทางหรือแผนการที่จะนำไปสู่รูปแบบการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของผู้เรียน จากนั้นผู้เรียนจะแบ่งหน้าที่ในการศึกษาค้นคว้าอย่างอิสระแล้วนำความรู้ที่ได้มาเสนอต่อกลุ่มจนกระทั่งได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการแก้ปัญหา ครูผู้สอนจะเป็นผู้ที่คอยแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

ที่อาจช่วยเหลือนักเรียนได้แต่ครูต้องไม่ให้คำตอบกับนักเรียน และหลังจากที่ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อยแล้วครูผู้สอนและผู้เรียนก็จะร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียนอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 กลับเข้าสู่ปัญหาอีกครั้ง (Revisiting the problem) หลังจาก que ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จแล้ว จะมีการอภิปรายในชั้นเรียนและมีการกลับเข้าสู่ปัญหาอีกครั้ง โดยสิ่งแรกที่ครูผู้สอนต้องทำคือให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มรายงานการศึกษาค้นคว้าของพวกเขา และขณะที่แต่ละกลุ่มรายงานครูผู้สอนก็จะทำการประเมินแหล่งข้อมูล que ผู้เรียนใช้ เวลาที่ใช้ และผลลัพธ์ทั้งหมดจากแผนการดำเนินงานของผู้เรียน ในขั้นตอนนี้แต่ละกลุ่มจะร่วมกันสังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้นั้นเพียงพอที่จะแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าความรู้ที่ได้นั้นไม่เพียงพอก็จะมีกำหนดประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้าและแผนการดำเนินงานอีกครั้ง

ขั้นที่ 5 การผลิตผลงานหรือการแสดงความสามารถ (Producing a product or performance) ในขั้นนี้จะนำความรู้ที่ได้นจากการดำเนินงานตามแผนเพื่อผลิตผลงานหรือสรุปคำตอบของปัญหาและมีการนำเสนอในชั้นเรียน

ขั้นที่ 6 การประเมินกระบวนการและปัญหา (Evaluating performance and the problem) ในขั้นตอนของการประเมินนี้ทั้งครูผู้สอนและผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งการประเมินทักษะการเรียนรู้ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม และการประเมินปัญหาที่นำมาใช้ด้วย

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for Problem – Based Learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois University) สหรัฐอเมริกา (Torp; Sage. 1998: 33 – 43: citing Illinois Problem – Based Learning Network. 1996: unpagged) กล่าวว่า ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเป็นผู้เผชิญกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งการเตรียมความพร้อมนี้ขึ้นอยู่กับอายุ ความสนใจ ภูมิหลังของผู้เรียน ในการเตรียมความพร้อมนี้จะให้ผู้เรียนได้อภิปรายเกี่ยวเนื่องถึงเรื่องที่จะสอนอย่างกว้าง ๆ ซึ่งจะต้องตระหนักว่าการเตรียมความพร้อมนี้ไม่ใชการสอนเนื้อหา ก่อน เพราะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่างจากการเรียนรู้แบบอื่นตรงที่ความรู้หรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะเป็นผลมาจากการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นพบปัญหา ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดบทบาทของตนในการแก้ปัญหาและกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการที่จะแก้ปัญหา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายและเสนอความคิดเห็นต่อปัญหา เมื่อมองเห็นความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร (What We Know) เราจำเป็นต้องรู้อะไร (What We Need to Know) และแนวคิดของเรา (Our Ideas) ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาสิ่งที่ตนรู้ อะไรที่จำเป็นต้องรู้ และแนวคิดอะไรที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาและเตรียมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำความเข้าใจปัญหาและพร้อมที่จะสำรวจ ค้นคว้าหา

ความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ครูจะให้นักเรียนได้กำหนดสิ่งที่ตนรู้จากสถานการณ์ปัญหา สิ่งที่เป็นที่
ต้องเรียนรู้เพิ่มเติมที่จะมาส่งเสริมให้สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะระบุแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้าและ
แนวคิดในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นกำหนดปัญหา จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดปัญหา
ที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่ได้เผชิญ และกำหนดเงื่อนไขที่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์
ปัญหาที่กำหนดให้ ซึ่งจะช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาที่ดี

ขั้นที่ 5 ขั้นการค้นคว้า รวบรวมข้อมูล และเสนอข้อมูล ผู้เรียนจะร่วมกันค้นคว้า
ข้อมูลที่เป็นต้องรู้จากแหล่งข้อมูลที่กำหนดไว้แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเสนอต่อกลุ่มให้เข้าใจ
ตรงกัน จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ ประการแรกเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการรวบรวม
ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพพร้อมทั้งเสนอข้อมูลนั้นต่อกลุ่ม ประการที่สองเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจ
ว่าข้อมูลใหม่ที่ค้นคว้ามามีทำให้เข้าใจปัญหาอย่างไรและจะประเมินข้อมูลใหม่เหล่านั้นว่าสามารถ
ช่วยเหลือให้เข้าใจปัญหาได้อย่างไรด้วย ประการที่สามเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถทางการ
สื่อสารและการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งจะช่วยให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 6 ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยง
ระหว่างข้อมูลที่ค้นคว้ากับปัญหาที่กำหนดไว้แล้วแก้ปัญหาบนฐานข้อมูลที่ค้นคว้ามานี้ เนื่องจาก
ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้สามารถมีคำตอบได้หลายคำตอบ ดังนั้นในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบ
ที่สามารถเป็นไปได้ให้มากที่สุด

ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินค่าของคำตอบ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียน
ทำการประเมินค่าสิ่งที่มาช่วยในการแก้ปัญหา และผลของคำตอบที่ได้ในแต่ละปัญหาว่าทำให้เรียนรู้
อะไร ซึ่งนักเรียนจะแสดงผลและร่วมกันอภิปรายในกลุ่มโดยใช้ข้อมูลที่ค้นคว้ามานี้เป็นพื้นฐาน

ขั้นที่ 8 ขั้นการแสดงคำตอบและการประเมินผลงาน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ
สนับสนุนให้ผู้เรียนเชื่อมโยงและแสดงถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ได้ความรู้มาอย่างไร และทำไมความรู้
นั้นถึงสำคัญ ในขั้นนี้นักเรียนจะเสนอผลงานออกมาที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ตั้งแต่ต้นจนได้
คำตอบของปัญหา ซึ่งเป็นการประเมินผลงานของตนเองและกลุ่มไปด้วย

ขั้นที่ 9 ขั้นตรวจสอบปัญหาเพื่อขยายการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียน
ร่วมกันกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนจะพิจารณาจากปัญหาที่ได้ดำเนินการไปแล้วว่ามี
ประเด็นอะไรที่ตนสนใจอยากเรียนรู้อีก เพราะในขณะที่ดำเนินการเรียนรู้ นักเรียนอาจจะมีสิ่งที่อยากรู้
นอกจากที่ครูจัดเตรียมไว้ให้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 6 – 8) กล่าวว่า ขั้นตอนการเรียนรู้โดย
ใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิด
ความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่ปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้หรืออยากเรียนได้และเกิด
ความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอธิบายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนร่วมมือกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงพอต่อการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบสมมติฐานและแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงพอ โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553: 34) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดหาวิธีแก้ปัญหา มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นจัดเตรียมและแบ่งกลุ่ม
2. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นยั่วให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัว สนใจและมองเห็นปัญหาต่าง ๆ สามารถกำหนดสิ่งที่ปัญหาที่อยากรู้อยากเรียนได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ โดยครูอาจยกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาขึ้นมาอภิปรายและประเด็นอภิปรายควรมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระในบทเรียน ปัญหาที่เกิดขึ้นอาจกำหนดได้โดยครู ผู้เรียน หรือครูและผู้เรียนอาจช่วยกันเสนอก็ได้
3. ขั้นเข้าใจปัญหาที่กำหนด เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียน ซึ่งผู้เรียนจะต้องอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ เช่น ให้คำนิยามหรือความหมายของปัญหานั้น อธิบายสถานการณ์ซึ่งเป็นปัญหา กำหนดสิ่งที่ผู้เรียนไม่รู้และต้องการแสวงหาความรู้
4. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง อภิปรายเพื่อแสวงหาแนวทางการศึกษาค้นคว้า อภิปรายวิธีการในการแสวงหาข้อมูล กำหนดวิธีการและแหล่งทรัพยากรในการค้นคว้าจัดเรียงลำดับในการปฏิบัติงาน สมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่ แบ่งงานกันไปปฏิบัติอย่างอิสระ ครูเป็นผู้สังเกตและอำนวยความสะดวก ดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลอย่างอิสระและบันทึก
5. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เมื่อสมาชิกในกลุ่มได้ค้นคว้าหาความรู้ขึ้นมาแลกเปลี่ยนความรู้ ทำการอภิปรายและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่าเหมาะสม ถูกต้อง และเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นคำตอบหรือไม่ หากข้อมูลที่ได้มายังไม่เหมาะสมกลุ่มจะต้องช่วยกันวิเคราะห์ว่าต้องการข้อมูลอะไรเพิ่มเติม

6. ขั้นสรุปและประเมินค่าคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของตนและประเมินผลงานของตนว่าข้อมูลที่ค้นคว้ามามีความเหมาะสมหรือไม่ มากน้อยเพียงใด ความรู้ที่ได้มามีความลุ่มลึกและตอบคำถามหรือปัญหาที่กำหนดไว้ในตอนต้นได้เพียงพอหรือไม่ ผู้เรียนร่วมอภิปรายข้อมูลที่ได้มา

7. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลความรู้ที่ได้มานำเสนอเป็นผลงาน โดยอาจเสนอแผนการดำเนินงานของกลุ่ม ตั้งแต่ขั้นตอนแรกไปจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ในขั้นนี้ผู้เรียนได้แสดงผลงานในกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน ทั้งนี้เป็นการประเมินกระบวนการทำงานจากข้อมูลความรู้ที่หามาได้

จากขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานผู้วิจัยสรุปได้เป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน 2) ขั้นการกำหนดปัญหา 3) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา
- 4) ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า 5) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล 6) ขั้นนำเสนอผลงาน และ
- 7) ขั้นการประเมินผล

3. การประเมินตามสภาพจริง

3.1 ความหมายของการประเมินตามสภาพจริง

เครดเลอร์ (Cradler. 1991) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินสิ่งที่นักเรียนได้แสดงความสามารถในการใช้ทักษะการคิดและความรู้สึกเพื่อแก้ปัญหาตามสภาพจริง (Authentic Approach)

เบเกอร์ โอนีล และลินน์ (Backer O'Neil; & Linn. 1993: 1210) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินที่ใช้เทคนิคการประเมินอย่างหลากหลายวิธีตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อจะตรวจสอบคุณภาพของนักเรียนหรือของโปรแกรมวิชา ดังนั้น การประเมินดังกล่าวต้องอาศัยหลักการที่ว่านักเรียนต้องมีการลงมือกระทำหรือปฏิบัติหรือแสดงออกเพื่อแสดงถึงความเข้าใจและเพื่อแสดงออกถึงทักษะจากการเรียนรู้ ตลอดจนการแสดงถึงกระบวนการหรือวิธีการที่นักเรียนใช้

เฮอร์แมนและวินเทอร์ (Herman; & Winter. 1994) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริง เป็นงานที่ใช้ความสามารถระดับสูง ใช้ทักษะในการแก้ปัญหา ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นจริง

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาธรรม (2553: 93) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริงเป็นวิธีการประเมินที่ออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในสถานการณ์ที่เป็นจริงแห่งโลกปัจจุบัน (Real World Situation) และเป็นวิธีการประเมินที่เน้นงานที่นักเรียนแสดงออกในภาคปฏิบัติ (Performance) เน้นกระบวนการเรียนรู้ (Process) ผลผลิต (Products) และแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) การที่จะทำให้นักเรียนบรรลุถึงความต้องการของแต่ละบุคคลได้นั้น วิธีการประเมินตามสภาพจริงจะเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลและมีส่วนร่วมในการจัด

กระบวนการเรียนรู้ของตนเองด้วย ดังนั้นวิธีการประเมินวิธีนี้จะช่วยในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างต่อเนื่อง กระบวนการที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริง อาจใช้การสังเกต การบันทึก และการรวบรวมข้อมูลจากผลงานและวิธีการที่นักเรียนทำ หากครูตัดสินใจจะใช้วิธีการประเมินตามสภาพจริง ครูต้องคำนึงเสมอว่าหลักสูตร (Curriculum) การเรียนการสอน (Instruction) และการประเมิน (Assessment) จะต้องไปด้วยกันโดยไม่แยกการประเมินออกไปต่างหากเหมือนความคุ้นเคยอย่างเดิมที่ครูทำ แต่จะต้องสัมพันธ์ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน เข้าด้วยกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 18) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีการประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

จากความหมายของการประเมินตามสภาพจริงข้างต้นสรุปได้ว่า การประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินความรู้ความสามารถและทักษะที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน โดยใช้เทคนิคการประเมินอย่างหลากหลายวิธี เช่น การบันทึก การสังเกต การรวบรวมผลงาน เป็นต้น ซึ่งครูผู้สอนสามารถเลือกใช้วิธีการประเมินได้ตามความเหมาะสมและผลที่ได้จะเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน

3.2 ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง

วิกกินส์ (Wiggins. 1989: 141 – 147) กล่าวว่า คุณลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงสามารถจำแนกออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. การปฏิบัติในสภาพจริง (Performance in the Field) การประเมินตามสภาพจริงออกแบบขึ้นเพื่อประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง เช่น นักเรียนเรียนการเขียนก็ต้องเขียนให้ผู้อ่านจริงเป็นผู้อ่าน มิใช่เรียนการเขียนและวัดผู้เรียนด้วยเพียงการใช้แบบทดสอบวัดการสะกดคำหรือตอบคำถามเกี่ยวกับหลักการเขียน หรือถ้าให้นักเรียนเรียนวิทยาศาสตร์ก็ต้องให้นักเรียนทำการทดลองวิทยาศาสตร์ ทำงานค้นคว้าวิจัย หรือทำโครงการงาน แทนการทำแบบทดสอบเพียงความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามงานที่ให้นักเรียนทำต้องเป็นงานที่สัมพันธ์กับชีวิตความเป็นจริง ทำทนายการใช้สติปัญญาที่ซับซ้อน หรือใช้ความรู้ที่อาศัยทักษะทางอภิปัญญา (Meta – Cognition Skills) และต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้าน 1) แบบการเรียนรู้ของผู้เรียน (Learning Styles) 2) ความถนัด (Aptitudes) และความสนใจของผู้เรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถและค้นหาจุดเด่นของผู้เรียน

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินต้องเป็นเกณฑ์ประเมิน “แก่นแท้” (Essentials) ของการปฏิบัติมากกว่าเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่สร้างขึ้นจากผู้หนึ่งผู้ใด โดยเฉพาะเกณฑ์ที่เป็นแก่นแท้นี้เป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันอยู่ในโลกของความเป็นจริงของทั้งตัวนักเรียนเองและผู้อื่น ไม่ใช่เกณฑ์ที่เป็นความลับปิดกั้นปิดอย่างที่มีการประเมินแบบดั้งเดิมใช้อยู่ การให้นักเรียนรู้ว่าตนต้องทำภารกิจอะไรและมีเกณฑ์อย่างไร การเปิดเผยเกณฑ์การประเมินไม่ใช่เป็นการ “คดโกง” ถ้าภารกิจนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับการปฏิบัติจริง แต่ถ้าภารกิจที่ให้ทำเป็นการหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ การเปิดเผยคำตอบก่อนย่อมไม่ควรทำ การประเมินในสภาพจริงที่มีการเปิดเผยเกณฑ์ไว้ก่อนนั้นถือว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนและการสอนของผู้สอนจะส่งเสริมซึ่งกันและกัน เมื่อครูและนักเรียนต่างรู้ล่วงหน้าว่าการประเมินจะเน้นที่จุดใด

ในแต่ละภารกิจจะมีเกณฑ์ซึ่งระบุมาตรฐานของการปฏิบัติที่แจ่มชัดและโปร่งใส เกณฑ์จะสะท้อนมุมมองที่หลากหลายของภารกิจที่มีความซับซ้อนมากกว่าจะย่อหรือสรุปออกมาให้เห็นได้เพียงด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว เนื่องจากเกณฑ์เป็นเรื่องที่นำมาจากการปฏิบัติ เกณฑ์จึงเป็นข้อชี้แนะสำหรับการเรียนการสอน และการประเมินที่จะสะท้อนให้เห็นเป้าหมายและกระบวนการศึกษาอย่างแจ่มชัด จึงทำให้ครูอยู่ในบทบาทของผู้ฝึก (Coach) และนักเรียนอยู่ในบทบาทของผู้ปฏิบัติ (performers) พร้อมกับเป็นผู้ประเมินตนเอง (Self – Evaluators)

3. การประเมินตนเอง (Self – Assessment) การประเมินตนเองมีความสำคัญมากต่อการปฏิบัติภารกิจจริง (Authentic Task) โดยจุดประสงค์ของการประเมินตามสภาพจริงก็คือ 1) เพื่อช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการประเมินงานของตน โดยเทียบวัดกับมาตรฐานทั่วไปของสาธารณชน (Public Standard) 2) เพื่อปรับปรุง ขยับขยาย และเปลี่ยนทิศทางการดำเนินงาน 3) เพื่อริเริ่มในการวัดความก้าวหน้าของตนในแบบต่าง ๆ หรือจุดต่าง ๆ อย่างที่ไม่มีการวัดเช่นนี้มาก่อน จะเห็นได้ว่าการประเมินตนเองเป็นการทำงานที่ตนเป็นผู้ชี้หน้าตนเอง ปรับปรุงจากแรงจูงใจของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์ในโลกของความเป็นจริง

เนื่องจากมาตรฐานการปฏิบัติยึดถือเรื่องของความก้าวหน้าเป็นสำคัญ ดังนั้นการทำให้กระบวนการปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ดียิ่งขึ้น ชัดเจนมากขึ้น เหมาะสมมากขึ้น จึงถือเป็นหัวใจของการประเมินตามสภาพจริง เปิดโอกาสให้นักเรียนซึ่งอยู่ในระดับขั้นต้นของการพัฒนาสมรรถภาพมีโอกาสเห็น รับรู้ และได้รับคำชมเชยในการพัฒนาดน

4. การนำเสนอผลงาน คุณลักษณะประการหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริงนั้น นักเรียนมักได้รับการคาดหวังให้เสนอผลงานต่อสาธารณชน และเป็นการเสนอผลงานด้วยปากเปล่า (Oral Presentation) กิจกรรมการนำเสนอทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เนื่องจากนักเรียนได้สะท้อนความรู้สึกของตนว่ารู้อะไร และนำเสนอเพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้ในหัวข้อนั้น ๆ อย่างแท้จริง นอกจากนี้คุณลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริงเช่นนี้มีประโยชน์ตอบสนองต่อเป้าประสงค์ที่สำคัญอีกหลายประการ คือ 1) เป็นสัญญาณบ่งบอกว่างานของนักเรียนมีความสำคัญมากพอที่จะให้ผู้อื่นรับรู้และชื่นชมได้ 2) เปิดโอกาสให้ผู้อื่น

เช่น ครู เพื่อนนักเรียน ผู้ปกครอง ได้เรียนรู้ ตรวจสอบ ปรับปรุง และชื่นชมในความสำเร็จด้วยอย่างต่อเนื่อง และ 3) เป็นตัวแทนของการบรรลุถึงเป้าหมายในการวัดทางการศึกษาอย่างแท้จริงและมีชีวิตชีวา

จากการจำแนกคุณลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงข้างต้น มีความสอดคล้องกับเฮอร์แมนและวินเทอร์ ดังนี้

เฮอร์แมนและวินเทอร์ (Herman; & Winter. 1994: 49 -51) กล่าวว่า คุณลักษณะของการประเมินทางเลือกใหม่มี 6 ประการ ดังนี้

1. การประเมินจากทางเลือกใหม่นี้ ผู้สอนต้องจัดโอกาสการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้แสดงออกในภาคปฏิบัติ คิดสร้างสรรค์ ผลิตผลงาน หรือกระทำบางสิ่งบางอย่างที่สัมพันธ์กับสิ่งที่เรียน
2. ต้องตั้งหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ระดับการคิดขั้นสูงและใช้ทักษะในการแก้ปัญหา
3. งานหรือภารกิจหรือกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนทำต้องเป็นสิ่งที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน
4. สิ่งที่เรียนต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริงในชีวิตประจำวันได้
5. ต้องใช้คนเป็นผู้ตัดสินการประเมิน ไม่ใช่เครื่องจักรตัดสิน (People not Machine)

จากคุณลักษณะร่วม 6 ประการ ของการประเมินทางเลือกใหม่ดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ผู้สอนจำเป็นต้องปรับบทบาทใหม่ทั้งด้านการสอนและการประเมิน โดยด้านการสอนต้องเปลี่ยนจากการยึดครูเป็นศูนย์กลางเป็นยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และจากการใช้แบบทดสอบอย่างเดียวเพื่อประเมินผู้เรียนเป็นการใช้เครื่องมือในการประเมินอย่างหลากหลาย และไม่แยกการประเมินออกจากกิจกรรมการเรียนการสอน

อนุวัติ คุณแก้ว (2548: 113) กล่าวว่า ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง มีดังนี้

1. เป็นการประเมินความก้าวหน้า การแสดงออกของผู้เรียนแต่ละคนบนรากฐานของทฤษฎีทางพฤติกรรมการณ์การเรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือการประเมินที่หลากหลาย
2. การประเมินตามสภาพจริง จะต้องมียุทธศาสตร์บนพัฒนาการและการเรียนรู้ทางสติปัญญาที่หลากหลาย
3. หลักสูตรสถานศึกษา ต้องให้ความสำคัญต่อการประเมินตามสภาพจริง คือ หลักสูตรต้องพัฒนามาจากบริบทที่มีรากฐานทางวัฒนธรรมที่ผู้เรียนอาศัยอยู่ และต้องเรียนรู้ให้ทันกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลก

4. การเรียน การสอน การประเมินผล จะต้องหลอมรวมกัน และการประเมินต้องประเมินต่อเนื่องตลอดเวลาที่ทำการเรียนการสอน โดยผู้เรียนมีส่วนร่วม

5. การเรียนการสอน การประเมิน เน้นสภาพที่สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับธรรมชาติความเป็นจริงของการดำเนินชีวิต และควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดงานด้วยตนเอง

6. การเรียนการสอนจะต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาศักยภาพให้เต็มที่สูงสุด ตามสภาพที่เป็นจริงของแต่ละบุคคล เติบโตตามศักยภาพของตนเอง การเรียน การสอน และการประเมินต้องเกี่ยวเนื่องกันและเน้นการปฏิบัติจริงในสภาพที่ใกล้เคียงหรือสภาพที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง

ชาวลิต ชูกำแพง (2550: 39 – 40) กล่าวว่า คุณลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง มีดังนี้

1. การปฏิบัติในสภาพจริง การประเมินตามสภาพจริงออกแบบขึ้นเพื่อประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง เช่น นักเรียนเรียนการเขียนก็ต้องเขียนให้ผู้อ่านจริงเป็นผู้อ่าน มิใช่เรียนการเขียนแล้ววัดผู้เรียนด้วยเพียงการใช้แบบทดสอบวัดการสะกดคำ หรือตอบคำถามเกี่ยวกับหลักการเขียน หรือถ้าให้นักเรียนเรียนวิทยาศาสตร์ก็ต้องให้นักเรียนทำการทดลองวิทยาศาสตร์ ทำงานค้นคว้าวิจัย หรือทำโครงการแทนการทดสอบ

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินที่เป็นแก่นแท้ เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินต้องเป็นเกณฑ์ประเมิน “แก่นแท้” (essentials) ของการปฏิบัติมากกว่าเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่สร้างขึ้นจากผู้ใด โดยเฉพาะเกณฑ์ที่เป็นแก่นแท้นี้เป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันอยู่ในโลกของความเป็นจริงของทั้งตัวนักเรียนเองและผู้อื่น ไม่ใช่เกณฑ์ที่เป็นความลับปิดกั้นอย่างที่มีการประเมินแบบดั้งเดิมใช้อยู่ การให้นักเรียนรู้ว่าตนเองทำภารกิจอะไรและมีเกณฑ์อย่างไร การเปิดเผยเกณฑ์การประเมินไม่ใช่การ “คดโกง” ถ้าภารกิจนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับการปฏิบัติจริง

3. มีการประเมินตนเอง (self – assessment) จุดประสงค์ของการประเมินตามสภาพจริงคือ 1) เพื่อช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการประเมินงานของตน โดยเทียบวัดกับมาตรฐานทั่วไปของสาธารณชน 2) เพื่อปรับปรุง ขยับขยาย และเปลี่ยนทิศทางการดำเนินงาน 3) เพื่อริเริ่มในการวัดความก้าวหน้าของตนในแบบต่าง ๆ หรือจุดต่าง ๆ อย่างที่ไม่มีการวัดเช่นนี้มาก่อน จะเห็นได้ว่าการประเมินตนเองเป็นการทำงานที่ตนเป็นผู้ชี้ นำ ปรับปรุงจากแรงจูงใจของตน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์ในโลกของความเป็นจริง

4. มีการนำเสนอผลงาน กิจกรรมการนำเสนอทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ยังรากลึก เนื่องจากนักเรียนได้สะท้อนความรู้สึกของตนว่ารู้อะไร และนำเสนอเพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อนั้น ๆ อย่างแท้จริง นอกจากนี้คุณลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริงเช่นนี้มีประโยชน์ตอบสนองต่อเป้าประสงค์ที่สำคัญอีกหลายประการ คือ 1) เป็นสัญญาณบ่งบอกว่างานของนักเรียนมีความสำคัญมากพอที่จะให้ผู้อื่นรับรู้และชื่นชมได้ 2) เปิดโอกาสให้ผู้อื่น เช่น ครู เพื่อนนักเรียน ผู้ปกครอง ได้เรียนรู้ ตรวจสอบ ปรับปรุง และชื่นชมใน

ความสำเร็จด้วยอย่างต่อเนื่อง และ 3) เป็นตัวแทนของการบรรลุเป้าหมายในการวัดทางการศึกษาอย่างแท้จริงและมีชีวิตชีวา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 18) กล่าวว่า ลักษณะสำคัญของการประเมินตามสภาพจริง มีดังนี้

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

3. เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ พื้นฐานความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

4. เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ส่งเสริมและวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความสนใจและความสามารถของแต่ละบุคคล

5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอนและการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรม และตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมมั่นในตัวเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

จากลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงข้างต้นสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) เป็นการประเมินที่สะท้อนพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในสถานการณ์จริง

2) เป็นการประเมินที่ใช้เทคนิคการประเมินที่หลากหลาย ครู ผู้เรียน ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการประเมินและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง

3) เป็นการประเมินที่เน้นการแสดงออกในภาคปฏิบัติ การสร้างสรรค์ผลงาน การคิดขั้นสูงและการใช้ทักษะต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา เป็นต้น

4) เป็นการประเมินที่หลักสูตร การเรียนการสอน และการประเมินผลจะต้องดำเนินไปด้วยกัน เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองเต็มตามศักยภาพ

3.3 วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริง

เอกรินทร์ สีมหาศาล; และสุปรารถนา ยุกตะนันท์ (2546: 24 – 26) ได้กล่าวถึงเครื่องมือและวิธีการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการ (2546: 232 – 233) เพื่อให้การวัดและประเมินผล ได้สะท้อนภาพที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจได้มาจากเครื่องมือ แหล่ง ข้อมูล และวิธีการต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. การสังเกต เป็นวิธีการที่กระทำได้ทุกสถานการณ์และทุกสถานที่ ผู้สอนอาจกำหนดเครื่องมือและเกณฑ์ในการสังเกตหรืออาจไม่มีเครื่องมือในการสังเกตก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเด็นที่ต้องการประเมินผู้เรียนว่ามีความจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องมือในการสังเกตระดับความสามารถหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาน้อยเพียงใด และวิธีการสังเกตสามารถใช้ประเมินผล การเรียนรู้ทั้งในด้านความรู้ ความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการ ด้านคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ของผู้เรียน

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการประเมินโดยตั้งคำถามอย่างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนเกินไป สามารถสัมภาษณ์ผู้เรียนแต่ละคนได้ทั้งรูปแบบที่เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ นิยมใช้ประเมินผล การเรียนรู้ด้านความรู้ความเข้าใจที่สูงกว่าความรู้ความจำและด้านความรู้สึนึกคิดที่สะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อ ทศนคติ ค่านิยม ที่ผู้เรียนยึดถือต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง รวมทั้งการเห็นคุณค่าในสาระการเรียนรู้รายวิชาต่าง ๆ เป็นต้น

3. บันทึกจากผู้เกี่ยวข้อง เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ ความคิด ความสามารถพิเศษ ความถนัด ความสนใจ และการแสดงออกของพฤติกรรมลักษณะต่าง ๆ ทั้งที่พึงประสงค์และไม่พึงประสงค์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการเรียนรู้อและแนวทางพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรต่อไป

4. การรายงานตนเอง เป็นวิธีการประเมินด้วยการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายความรู้สึกหรือพูดแสดงความคิดเห็นออกมาโดยตรง เพื่อประเมินความรู้สึนึกคิด ความเข้าใจ ความต้องการ การใช้วิธีการต่าง ๆ และการสร้างผลงานของผู้เรียน จะช่วยให้ผู้สอนเข้าใจผู้เรียนแต่ละคนมากยิ่งขึ้นและสามารถประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ รวมทั้งเจตคติต่อการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

5. การบันทึกของผู้เรียน เป็นการเขียนบันทึกการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานของนักเรียน อาจเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ รูปแบบกำหนดขึ้นเองได้ แต่การบันทึกควรระบุวันที่ วิธีการดำเนินงาน ผลของงาน ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางแก้ไข เพื่อให้เห็นภาพรวมของการปฏิบัติ

6. แบบทดสอบวัดความสามารถที่เป็นจริง (Authentic Test) เป็นวิธีการสร้างข้อสอบโดยใช้คำถามที่เกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือการสร้างความรู้ใหม่จากความเข้าใจและประสบการณ์เดิมหรือจากสถานการณ์จำลองที่กำหนดขึ้นให้คล้ายคลึงกับสถานการณ์จริงเพื่อเลียนแบบสภาพจริง เป็นต้น เช่น ข้อสอบวัดทักษะการใช้ภาษาเพื่อสื่อสารในสถานการณ์ต่าง ๆ ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่กำหนด เป็นต้น เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความเข้าใจการฝึกทักษะและกระบวนการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

7. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ เป็นสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

8. แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นการจัดเก็บตัวอย่างผลงานที่มีการรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบและกระทำอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงชั้นของหลักสูตรหรือโปรแกรมการเรียน เพื่อใช้เป็นหลักฐานแสดงให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนในด้านความรู้ความเข้าใจ และทักษะต่าง ๆ ที่ผู้เรียนพัฒนาได้สำเร็จ รวมทั้งความถนัด ความสนใจ ความพยายาม แรงจูงใจ และความก้าวหน้าทางการเรียนที่สามารถนำมาประกอบการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนแต่ละคนให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553: 216 – 225) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริงมีวิธีการประเมินที่หลากหลายและตัวอย่างเครื่องมือในการประเมิน ดังนี้

1. การสังเกต เป็นวิธีการที่กระทำได้ในทุกสถานการณ์และทุกสถานที่ ผู้สอนอาจกำหนดเครื่องมือและเกณฑ์ในการสังเกตหรืออาจไม่มีเครื่องมือในการสังเกตก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเด็นที่ต้องการประเมินผู้เรียนว่ามีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการสังเกตระดับความสามารถหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาน้อยเพียงใดและวิธีการสังเกตสามารถใช้ประเมินผลการเรียนรู้ทั้งในด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการ ด้านคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ของผู้เรียน เช่น สังเกตในสถานการณ์ที่นักเรียนได้ลงไปศึกษาสภาพแหล่งน้ำในชุมชนหรือสถานการณ์จำลองต่าง ๆ

2. การสัมภาษณ์ เนื่องจากพฤติกรรมบางอย่างอาจสังเกตได้ไม่ชัดเจน ถูกต้อง ตรงต่อความเป็นจริง ผู้สอนจึงอาจใช้การสัมภาษณ์ช่วยเก็บข้อมูลเพิ่มเติม การสัมภาษณ์นี้เป็นวิธีการประเมินโดยตั้งคำถามอย่างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนเกินไป สามารถสัมภาษณ์ผู้เรียนแต่ละคนได้ทั้งรูปแบบที่เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการนิยมใช้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ความเข้าใจในระดับที่สูงกว่าความรู้ความจำและด้านความรู้สึนึกคิดที่สะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อ ทศนคติ ค่านิยมที่ผู้เรียนยึดถือต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง รวมทั้งการเห็นคุณค่าในเรื่องต่าง ๆ เช่น ครูให้นักเรียนลงไปศึกษาการเลือกซื้อสินค้าของประชาชนเป็นกลุ่ม หลังจากที่ได้ศึกษาแล้วครูจึงสัมภาษณ์นักเรียนเป็นกลุ่มทั้งในด้านความรู้ ความคิด เจตคติของผู้เรียนต่อการศึกษา และทักษะกระบวนการในการศึกษา

3. แบบสอบถาม เป็นการวัดผลที่ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือสอบถาม ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาในการซักถาม โดยคำตอบที่ได้รับควรอยู่ในขอบเขตของเรียนที่ผู้เรียนศึกษา เช่น การให้ผู้เรียนลงไปศึกษาระบบนิเวศในโรงเรียน

4. บันทึกจากผู้เกี่ยวข้อง เป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวผู้เรียน ทั้งในด้านความรู้ ความคิด ความสามารถพิเศษ ความถนัด ความสนใจ และการแสดงออกของ พฤติกรรมลักษณะต่าง ๆ ทั้งที่พึงประสงค์และไม่พึงประสงค์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการ เรียนรู้และแนวทางการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เช่น ให้นักเรียนลงไป ศึกษาวัฒนธรรมไทยในชุมชนแล้วให้นักเรียนหรือครูสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่ม ต่าง ๆ ว่าใช้กระบวนการในการศึกษาได้ถูกต้องหรือไม่

5. แบบทดสอบวัดความสามารถที่เป็นจริง (Authentic test) เป็นวิธีการสร้าง ข้อสอบโดยใช้คำถามที่เกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือการสร้างความรู้ใหม่ จากความเข้าใจและประสบการณ์เดิมหรือจากสถานการณ์จำลองที่กำหนดขึ้นให้คล้ายคลึงกับ สถานการณ์จริงหรือเลียนแบบสภาพจริง เป็นต้น เช่น สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ โดยกำหนดสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนได้คิดและตอบเพื่อวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

6. การรายงานตนเอง เป็นวิธีการประเมินด้วยการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายความรู้สึก หรือพูดแสดงความคิดเห็นออกมาโดยตรงเพื่อประเมินความรู้สึกนึกคิด ความเข้าใจ และความ ต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนเข้าใจผู้เรียนแต่ละคนมากยิ่งขึ้นและสามารถประเมินผลการ เรียนรู้ด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ รวมทั้งเจตคติต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น เช่น ให้นักเรียนบรรยายความรู้สึกของตนเองที่ได้ลงไปใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสารกับชาวต่างชาติ ในสถานการณ์จริงว่ามีความรู้สึกต่อการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสาร และรู้สึกอย่างไรต่อบุคคล เหล่า นั้น

7. การสร้างจินตภาพ เป็นเครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นหรือ ปฏิกริยาออกมาเพื่อให้ได้ข้อมูลว่าขณะนั้นผู้เรียนมีความรู้สึกนึกคิดกับเรื่องที่เรียนเป็นอย่างไร ซึ่งอาจตั้งคำถามให้นักเรียนสร้างจินตนาการโดยการต่อข้อความในประโยคต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ เช่น ถ้าผมเป็นนักวิทยาศาสตร์ ผมจะ....., ถ้าฉันเป็นนักศิลปะชั้นนำของโลก ฉันจะ.....

8. การใช้แฟ้มสะสมงาน (Portfolio) เป็นการจัดเก็บตัวอย่างผลงานที่มีรวบรวมไว้ อย่างเป็นระบบและกระทำต่อเนื่องตลอดเวลาช่วงชั้นของหลักสูตรหรือโปรแกรมการเรียน เพื่อใช้ เป็นหลักฐานแสดงให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนในด้านความรู้ ความเข้าใจ และทักษะต่าง ๆ ที่ ผู้เรียนพัฒนาได้สำเร็จ รวมทั้งความถนัด ความสนใจ ความพยายาม แรงจูงใจ และความก้าวหน้า ทางเรียนที่สามารถนำมาประกอบการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนแต่ละคนให้มีความน่า เชื่อถือ (reliability) มากยิ่งขึ้น เช่น ให้นักเรียนศึกษาประวัติบุคคลสำคัญในชุมชน แล้วให้นักเรียนทำ เป็นแฟ้มสะสมผลงานประวัติของบุคคลเหล่านั้น

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ (2553: 198 – 200) กล่าวว่า ในการประเมินตามสภาพจริง ผู้สอนควรประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้และความคิด การแสดงออกและกระบวนการปฏิบัติ ผลผลิต และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น เจตคติ คุณธรรม และค่านิยม วิธีการในการประเมินตามสภาพจริงมีดังนี้

1. การประเมินความรู้และความคิด (Knowledge) ครูผู้สอนอาจประเมินโดย

- การถามตอบในชั้นเรียน
- การพบปะพูดคุยกับผู้เรียน
- การพูดคุยกับคนอื่น
- การอภิปรายในชั้นเรียน
- การสอบปากเปล่า
- การอ่านบันทึกเหตุการณ์ของผู้เรียน
- การตรวจแบบฝึกหัดและการบ้าน

ส่วนเครื่องมือที่ครูใช้อาจมีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

- แบบสอบอัตนัย
- แบบสอบแบบตอบสั้น ๆ
- แบบสอบแบบเลือกตอบ

2. การประเมินการแสดงออกและกระบวนการปฏิบัติ (Performance and Process)

ครูผู้สอนประเมินโดยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนทั้งรายบุคคล รายกลุ่ม เช่น

- การประเมินการแสดงออก เป็นการประเมินในขณะที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีกิจกรรมให้ผู้เรียนทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ สิ่งที่ต้องประเมินคือ การสังเกตสีหน้าท่าทาง การพูดโต้ตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน การแสดงออกที่สนุกสนาน เพลิดเพลิน รวมทั้งการแสดงออกในการพูดโต้ตอบ พัฒนาการทางด้านภาษา ความเข้าใจเรื่องที่เรียนของผู้เรียน

- การประเมินกระบวนการ เป็นการประเมินที่ควบคู่กับการแสดงออก สิ่งที่ต้องประเมินคือการสังเกตการเคลื่อนไหว กริยา ท่าทาง ความร่วมมือ ความคล่องตัว ความอดทน การใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในขณะการปฏิบัติงาน รวมทั้งการสังเกตการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน

3. การประเมินกระบวนการและผลผลิต (Process and Product) เป็นการประเมินความเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดย

- ประเมินจากผลผลิตของผู้เรียน
- ประเมินจากกระบวนการที่ทำให้เกิดผลผลิต เช่น แผนงาน โครงการ ผลการสาธิต การจัดนิทรรศการ แผนภาพ เกมส์ต่าง ๆ และโครงการกลุ่ม เป็นต้น

4. การประเมินแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio Assessment) เป็นการประเมิน

ความสำเร็จของผู้เรียนจากผลงาน โดยผู้เรียนสามารถเลือกใช้วิธีการและตัดสินใจเลือกผลงานที่ดีที่สุดหรือผลงานที่แสดงถึงความสนใจ ความสามารถ ทักษะ เจตคติและพัฒนาการของผู้เรียน ซึ่ง

แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่ผู้เรียนประสบความสำเร็จหรือภาคภูมิใจ สำหรับการประเมินจากแฟ้มสะสมงาน เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบร่องรอยของการเรียน การประเมินแฟ้มสะสมผลงานจะช่วยตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นจากการประเมินที่ครูผู้สอนได้ประเมินผู้เรียนตลอดภาคเรียน ส่วนประกอบที่สำคัญที่ได้จากการประเมินแฟ้มสะสมผลงานของผู้เรียน คือ ความรู้สึก ความคิด และการประเมินตนเองของผู้เรียน

5. การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ด้านเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม และ ค่านิยม วิธีการประเมินที่เหมาะสมและได้ข้อมูลตรงกับสภาพความเป็นจริงนั้น ครูผู้สอนควรใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งครูผู้สอนเป็นผู้สังเกตเอง หรือให้ผู้เรียนเขียนบันทึกประจำวัน เพื่อน ๆ สังเกต ตลอดจนให้ผู้เรียนประเมินตนเอง โดยจะมีข้อมูลจากผู้ประเมินหลายฝ่าย มีวิธีการประเมินหลากหลายวิธีและมีการประเมินหลายครั้ง เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน เช่น

- แบบสังเกตพฤติกรรม
- แบบสำรวจรายการ
- แบบประเมินค่า

และเพื่อให้การประเมินตามสภาพจริงสามารถสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จำเป็นต้องใช้เทคนิควิธีการประเมินที่หลากหลายเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างครบถ้วน ถูกต้อง ซึ่งอาจใช้วิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. จากการประเมินตนเอง
2. จากการสังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
3. จากชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
4. จากการสัมภาษณ์
5. จากการบันทึกของผู้เรียน
6. จากแฟ้มสะสมงาน
7. จากการประเมินภาคปฏิบัติ
8. จากการทดสอบ
9. จากการแสดงบทบาทสมมติ
10. จากการนำเสนอด้วยวาจาและการแสดงละคร
11. จากแบบสอบถาม
12. จากการปฏิบัติทดลอง
13. จากโครงงาน
14. จากการอภิปราย/โต้วาที
15. จากการสร้างสถานการณ์จำลอง
16. จากการแสดง/การสาธิต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 242 – 245) กล่าวว่า วิธีการที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริง มีดังนี้

1. การสังเกต เป็นวิธีที่ดีมากในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านการใช้ความคิด การปฏิบัติงานและโดยเฉพาะด้านอารมณ์ ความรู้สึก และลักษณะนิสัย ซึ่งทำได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ทั้งในและนอกห้องเรียน วิธีการสังเกตทำได้ทั้งแบบตั้งใจและไม่ตั้งใจ วิธีการสังเกตแบบตั้งใจหรือมีโครงการ หมายถึง ครูกำหนดพฤติกรรมที่ต้องสังเกต ช่วงเวลาสังเกต และวิธีการสังเกต เช่น สังเกตคนละ 3 – 5 นาที เวียนไปเรื่อย ๆ วิธีสังเกตแบบไม่ตั้งใจ หมายถึง ไม่มีการกำหนดพฤติกรรมการแสดงออกแต่จดบันทึกพฤติกรรมการแสดงออกที่มีความหมายหรือสะท้อนความสนใจของครู

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น ความคิด สติปัญญา ความรู้สึก กระบวนการขั้นตอนในการทำงาน วิธีแก้ปัญหา ซึ่งการสัมภาษณ์อาจจะใช้ประกอบการสังเกต

3. การตรวจงาน เป็นวิธีประเมินที่เน้นการนำผลประเมินไปใช้ในทันทีใน 2 ลักษณะ คือเพื่อช่วยเหลือนักเรียนและเพื่อปรับปรุงการสอนของครู จึงเป็นการประเมินที่ควรทำตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง เช่น การตรวจแบบฝึกหัด ผลงานภาคปฏิบัติ โครงการ / โครงการต่าง ๆ

4. การรายงานตนเอง เป็นการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายหรือตอบคำถามสั้น ๆ หรือตอบแบบสอบถามที่ครูสร้างขึ้นเพื่อสะท้อนถึงการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งความรู้ ความเข้าใจ วิธีคิด วิธีการ ความพอใจในผลงาน และความต้องการพัฒนาตนเองของผู้เรียน เช่น การให้นักเรียนเขียนอนุทิน เป็นต้น

5. การใช้บันทึกจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน ผลงานของนักเรียน โดยเฉพาะความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากเพื่อนครู จากเพื่อนนักเรียน จากผู้ปกครอง โดยประชุมแลกเปลี่ยนข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน

6. การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมงาน แฟ้มสะสมงาน หมายถึง สิ่งที่ใช้สะสมงานของนักเรียนอย่างมีวัตถุประสงค์ อาจเป็นแฟ้ม กล้อง แผ่นดิสก์ ของข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงความพยายาม ความก้าวหน้า และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในเรื่องนั้น ๆ หรือหลาย ๆ เรื่อง การสะสมงานนี้ นักเรียนมีส่วนร่วมในการเลือกเนื้อหา เกณฑ์การตัดสินความสามารถ / คุณสมบัติ หลักฐานการสะท้อนตนเอง

จากวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริงข้างต้นสรุปได้ว่า การประเมินตามสภาพจริงมีวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ แบบสอบถาม แบบบันทึก การรายงานตนเอง แฟ้มสะสมงาน แบบทดสอบความสามารถ เป็นต้น ซึ่งครูสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมและจะต้องคำนึงถึงหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน

3.4 การกำหนดเกณฑ์การประเมินตามสภาพจริง

การประเมินตามสภาพจริงมักนิยมใช้รูบริกส์ (rubrics) เพื่ออธิบายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นเครื่องมือ (scoring tool) ที่มีการระบุเกณฑ์ (criteria) ประเมินชิ้นงานและคุณภาพของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์ ต่อไปนี้เป็นการนำเสนอสาระเกี่ยวกับรูบริกส์ตามประเด็นที่สำคัญ ดังนี้

ศศิมา อินชนะ (2551: 26 – 27) กล่าวว่า การพัฒนาเกณฑ์การประเมินที่นิยมใช้มาก มี 2 วิธี ได้แก่

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (rubrics scoring) เป็นเกณฑ์ที่ต้องกำหนดรายละเอียดให้คะแนนอย่างชัดเจนสำหรับทุกตัวบ่งชี้ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจะมีความเป็นปรนัยสูงและมีความตรงสูง

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดเป็นกลาง ไม่มีรายละเอียดการให้คะแนนอย่างชัดเจนในแต่ละข้อมูล สะดวกต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยข้อมูลที่ได้มีความเป็นปรนัยน้อยกว่าวิธีให้คะแนนแบบรูบริกส์

การให้คะแนนแบบรูบริกส์ ก็คือการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จหรือว่ามีระดับความสำเร็จในขั้นต่าง ๆ กัน มี 2 แบบ คือ

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม คือ การให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งโดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจความคิดรวบยอด การสื่อความหมาย กระบวนการที่ใช้ และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงานหรือความสำเร็จของงานเป็นขั้น ๆ โดยอาจจะแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0 – 4 หรือ 0 – 6 สำหรับในขั้นต้น การให้คะแนนรูบริกส์อาจจะแบ่งวิธีการให้คะแนนหลายวิธี

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ เพื่อให้การมองคุณภาพงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนนและอธิบายคุณภาพของงานแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยกองค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน คือ

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่านักเรียนเข้าใจความคิดรวบยอดหลักการในปัญหาที่ถามกระจ่างชัด

2.2 การสื่อความหมาย สื่อสาร คือ ความสามารถในการอธิบาย นำเสนอ การบรรยาย เหตุผล แนวคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธีกระบวนการที่นำไปสู่ความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ความสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงานหรืออธิบายที่มาและตรวจสอบผลงาน

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาธรรม (2553: 137 – 152) กล่าวว่า rubrics คือเครื่องมือที่ใช้ในการให้คะแนน (Scoring Tool) ที่มีการระบุเกณฑ์ (Criteria) ประเมินชิ้นงานและคุณภาพ (Quality) ของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์ ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินชิ้นงานเขียน ได้แก่ จุดประสงค์ การจัดเนื้อหา การให้รายละเอียด การใช้ภาษา เป็นต้น และคุณภาพของงานเขียนแต่ละเกณฑ์อาจแบ่งเป็นยอดเยี่ยมจนถึงไม่ดี

การออกแบบ rubrics สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. Rubrics แบบภาพรวม (Holistic Rubrics) เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่เขียนบรรยายคุณภาพของงานในแต่ละระดับคะแนน / เกรด ที่ควรได้โดยพิจารณาภาพรวม เช่น งานที่จะได้รับการประเมินเป็นงานเกี่ยวกับการเขียน rubrics แบบภาพรวมที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินก็ต้องระบุได้ว่างานเขียนนี้ถ้าจะได้ระดับ 4 จะต้องมีลักษณะหรือมีคุณภาพเป็นเช่นใด ซึ่งต้องเขียนบรรยายไว้อย่างชัดเจน หรือถ้าจะได้ระดับ 3, 2, 1, 0 ก็ต้องเขียนบรรยายคุณภาพในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจนเช่นกัน หรือถ้าต้องการประเมินการนำเสนอปากเปล่า (Oral Presentation) ของนักเรียน ครูอาจสร้าง rubrics แบบภาพรวมเพื่อประเมินการนำเสนอ (Holistic Oral Presentation)

2. Rubrics แบบแยกองค์ประกอบหรือแยกมิติ เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่มีลักษณะแยกสิ่งที่ต้องการประเมินออกเป็นองค์ประกอบหรือมิตีย่อย ๆ (Dimension of Performance) และแต่ละองค์ประกอบ / มิตีย่อยจะมีการบรรยายคุณภาพออกเป็นระดับต่าง ๆ จากสูงสุดไปสู่น้อยที่สุดหรือควรปรับปรุง เช่น งานที่จะได้รับการประเมินเป็นงานเขียน การประเมินจะประเมินแยกตามองค์ประกอบหรือมิตีย่อย ๆ ดังนี้ คือ การสร้างประโยค การเรียบเรียงความคิด สไตล์การเขียน เป็นต้น ในแต่ละมิตีย่อยจะต้องบรรยายคุณภาพเป็นลำดับจากสูงสุดถึงต่ำสุด ซึ่งการกำหนดระดับคุณภาพเป็นทีละระดับนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสม และการให้คะแนนก็ต้องพิจารณาว่าในองค์ประกอบหรือมิติที่จะประเมินนั้นงานชิ้นนั้นมีคุณภาพอยู่ในระดับใด โดยเทียบกับรายละเอียดที่เขียนบรรยายไว้ใน rubrics

จะเห็นได้ว่า rubrics ทั้ง 2 รูปแบบ เป็นเสมือนเครื่องมือที่ช่วยในการให้คะแนนในงานของนักเรียน ซึ่งการประเมินงานของนักเรียนต้องสัมพันธ์กับเกณฑ์และระดับคุณภาพของเกณฑ์ เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของการประเมินด้วย ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์และระดับคุณภาพของเกณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากเพื่อบ่งบอกความเที่ยงตรงของการประเมินซึ่งในที่สุดจะนำไปสู่การประเมินตนเอง (Self – evaluation) และการปรับปรุงตนเอง (Self – adjustment) ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ชานนท์ จันทรา (2555: 17 – 24) กล่าวว่า การประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และกรอบกลุ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยเน้นการประเมินตามสภาพจริงเพื่อให้สามารถวัดสมรรถภาพของผู้เรียนได้ตรงตามความเป็นจริง

เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubrics) เป็นการประเมินเชิงคุณภาพที่สามารถระบุและแยกแยะระดับความสำเร็จในการเรียนหรือคุณภาพการปฏิบัติของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้สอนพิจารณาและตัดสินระดับความสามารถของผู้เรียนด้านความรู้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการ และการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยเกณฑ์การให้คะแนนเป็นการให้คะแนนที่ประเมินจากผลงานที่ผู้เรียนทำหรือพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก ซึ่งไม่ได้พิจารณาที่คำตอบหรือผลลัพธ์สุดท้ายเพียงอย่างเดียวแต่พิจารณาที่ขั้นตอนการทำงานของผู้เรียนด้วย ตลอดจนมีการกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนไว้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยเกณฑ์การให้คะแนนที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ

1. การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินผลงานของผู้เรียนโดยกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนที่ควรมี เป็นภาพรวมของการทำงานทั้งหมดไม่ได้แยกแยะเป็นด้าน ๆ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การให้คะแนนแบบรวมมักนำมาใช้ในการประเมินที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินหรือสรุปผลการเรียนของผู้เรียนและต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้าง ๆ และจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากใช้ร่วมกับวิธีการประเมินในลักษณะอื่นด้วย เช่น การสังเกตและการใช้คำถาม

ตาราง 2 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวมของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	ผลงานมีความถูกต้องสมบูรณ์ แสดงถึงการเข้าใจปัญหา การใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จ และมีการอธิบายขั้นตอนของวิธีการดังกล่าวและสรุปคำตอบได้อย่างชัดเจน
3 (ดี)	ผลงานมีความถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์ แสดงถึงการเข้าใจปัญหา การใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จ และมีการอธิบายขั้นตอนของวิธีการดังกล่าวและสรุปคำตอบได้อย่างถูกต้อง
2 (พอใช้)	ผลงานไม่ถูกต้อง แต่ดำเนินการหรือแสดงวิธีทำได้อย่างถูกต้อง หรือผลงานบางส่วนมีความผิดพลาดหรือไม่ชัดเจน หรือแสดงถึงความไม่เข้าใจปัญหา มียุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จ แต่ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนของวิธีการดังกล่าวได้
1 ต้องปรับปรุง	ผลงานไม่ถูกต้อง พบว่ามีข้อมูลน้อย ไม่สมบูรณ์ ไม่มีรายละเอียด หรือมีการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วน แต่แก้ปัญหาไม่สำเร็จ

2. การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) เป็นการให้คะแนนตามองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการประเมิน เช่น เมื่อต้องการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา อาจแยกพิจารณาเกี่ยวกับความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา และการสรุปคำตอบของปัญหา ซึ่งในการให้คะแนนจะกำหนดเกณฑ์ของคะแนนในแต่ละด้านแล้วรายงานผลโดยจำแนกเป็นด้าน ๆ และอาจสรุปรวมคะแนนทุกด้านด้วยก็ได้ ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การให้คะแนนแบบวิเคราะห์มักนำมาใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อวินิจฉัยหาจุดเด่นหรือจุดด้อยของผู้เรียนในแต่ละด้านแล้วนำผลของการประเมินที่ได้ไปส่งเสริมจุดเด่นหรือแก้ไขจุดด้อยเหล่านั้นหรือใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพก่อนที่ผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาใหม่ต่อไป

ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาได้อย่างถูกต้อง - เข้าใจปัญหบางส่วนไม่ถูกต้อง - เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสมและเขียนประโยคสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง - เลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องแต่ยังมีบางส่วนผิด โดยอาจเขียนประโยคสัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการแก้ปัญหาละเอียดไม่ถูกต้อง
3. การใช้วิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้องเป็นบางครั้ง - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ไม่ถูกต้อง
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์ - สรุปคำตอบไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง - ไม่มีการสรุปคำตอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 222 – 224) กล่าวว่า การประเมินผลที่มีเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นระบบและชัดเจนจะช่วยให้ครูสามารถพิจารณาและตัดสินใจว่านักเรียนของตนมีความรู้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทาง

คณิตศาสตร์อยู่ในระดับใด ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือการให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์แบบรูปრიคส์

การให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์แบบรูปრიคส์ เป็นการให้คะแนนที่ไม่ได้พิจารณาที่คำตอบหรือผลลัพธ์สุดท้ายเพียงอย่างเดียว แต่ยังพิจารณาที่ขั้นตอนการทำงานของนักเรียนด้วย ตลอดจนมีการกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของนักเรียนไว้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปრიคส์สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การให้คะแนนแบบรูปრიคส์เป็นเครื่องมือช่วยให้ครูพิจารณาและตัดสินระดับความสามารถของนักเรียนด้านความรู้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การให้คะแนนแบบรูปრიคส์ยังเป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียนประเมินผลระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตนเองแล้วนำผลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตนให้ดียิ่งขึ้นได้อีกด้วย

การให้คะแนนแบบรูปრიคส์ที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ

1. การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ เป็นการให้คะแนนแบบรูปრიคส์ที่ประเมินผลงานที่นักเรียนทำหรือพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยการกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของนักเรียนที่ควรมีแยกแยะลงไปเป็นขั้น ๆ ของการทำงานในด้านที่พิจารณาถึง เช่น ด้านที่พิจารณาถึงเป็นการแก้ปัญหา ขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล ดังนั้น สิ่งแรกในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ก็คือการกำหนดขั้นตอนของการทำงานที่ต้องการประเมินว่ามีอะไรบ้าง หลังจากนั้นก็เป็นกำหนดพิสัยของคะแนนในแต่ละขั้นตอน

ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การให้คะแนนแบบวิเคราะห์มักนำมาใช้ในการประเมินผลที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยหาจุดเด่นหรือจุดด้อยของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการทำงานที่กำหนด แล้วนำผลของการประเมินที่ได้ไปส่งเสริมจุดเด่นหรือแก้ไขจุดด้อยเหล่านั้นหรือใช้ในการประเมินผลที่มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ก่อนที่นักเรียนจะเรียนเนื้อหาใหม่ต่อไป การประเมินผลโดยการให้คะแนนแบบวิเคราะห์จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับวิธีการประเมินผลอย่างอื่น เช่น การสังเกตและการใช้คำถาม

2. การให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการให้คะแนนแบบรูปრიคส์ที่ประเมินผลงานของนักเรียนโดยการกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของนักเรียนที่ควรมี เป็นภาพรวมของการทำงานทั้งหมดไม่ต้องแยกแยะเป็นขั้น ๆ ของการทำงาน

ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การให้คะแนนแบบองค์รวมมักนำมาใช้ในการประเมินผลที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินหรือสรุปผลการเรียนของนักเรียน การประเมินผลโดยการให้คะแนนแบบองค์รวมเป็นการประเมินที่เหมาะสมสำหรับการประเมินที่มีการวัดในช่วงกว้าง ๆ และ

ต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้าง ๆ และจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับวิธีการประเมินผล
 อย่างอื่น เช่น การสังเกต และการใช้คำถาม

จากการกำหนดเกณฑ์การประเมินตามสภาพจริงสรุปได้ว่า การประเมินตาม
 สภาพจริงนิยมใช้รูปวิธีเพื่ออธิบายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งการให้คะแนนแบบรูปวิธีมี 2 แบบ
 คือ การให้คะแนนแบบองค์รวมและการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ โดยครูอาจใช้การให้คะแนนแบบใด
 ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมินผลจะต้องสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ ทั้ง
 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้การประเมินนั้นมีประสิทธิภาพ

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

4.1 งานวิจัยในประเทศ

จรัส อินทลาภาพร; มารุต พัฒนาผล; วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด (2558)
 ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา ผลการ
 ศึกษาพบว่า 1) สะเต็มศึกษา (STEM Education) ในบริบทของต่างประเทศและประเทศไทยมี
 ความหมายแตกต่างกัน ดังนั้นในการนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ใน
 ประเทศไทยผู้สอนควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
 พุทธศักราช 2551 ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะสาระสำคัญในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
 ภาษาอังกฤษและเทคโนโลยีที่มีความแตกต่างกัน 2) สะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อผู้สอนและผู้เรียน
 3) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มีระดับของ
 การบูรณาการแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการแบบสอดแทรก (Infusion Integration)
 การบูรณาการแบบคู่ขนาน (Parallel Integration) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ
 (Multidisciplinary Integration) การบูรณาการแบบข้ามวิชา (Transdisciplinary Integration) ดังนั้น
 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจระดับของการบูรณา
 การทั้ง 4 ระดับดังกล่าวให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผู้สอนทั้ง
 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษและเทคโนโลยี ควรวางแผนในการจัดการ
 เรียนรู้ร่วมกัน 4) การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง
 (Authentic Assessment) ผู้สอนควรใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายและวัดหลายครั้ง

พลศักดิ์ แสงพรมศรี; ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันท์ธีระติกุล (2558) ได้
 ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง
 และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็ม
 ศึกษา กับแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มี
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลัง
 เรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและจากผลการทดลองใช้หลักสูตรตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ 1) ผลการประเมินหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนการทดลองใช้หลักสูตรพบว่าหลักสูตรตามแนวสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและองค์ประกอบของหลักสูตรมีความสอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ 2) ผลการประเมินหลักสูตรจากการทดลองใช้หลักสูตรพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) 3) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรอยู่ในระดับมาก 5) ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น

เบญจกาญจน์ ใส่ละม้ายและชลาริป สมานิติ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อาชีพ ในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เด็กปฐมวัยชายและหญิง จำนวน 25 คน อายุระหว่าง 5 – 6 ปี กำลังศึกษาในชั้นอนุบาล 3 ผลการวิจัยพบว่า 1) เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลจากแบบสังเกตพฤติกรรม พบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้น

1.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ซูโปรสและโคห์เลอร์ (Tsupro; & Kohler. 2009: 2) ได้ศึกษาและจัดทำรายงานสรุปผลการศึกษาผ่านการสนทนากลุ่ม การสำรวจความคิดเห็น และความต้องการของนักการศึกษาผ่านทางออนไลน์ในฤดูใบไม้ผลิปี 2008 เกี่ยวกับการจัดการศึกษาแบบ STEM ในเขตตะวันตกเฉียงใต้ของมลรัฐเพนซิลวาเนีย ผลการศึกษาพบว่า การสร้างความตระหนักให้แก่ครูผู้สอนถึงความจำเป็นของการจัดการศึกษาแบบ STEM เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้เกิดแนวทางการปฏิบัติงานไปในทิศทางเดียวกัน โดยครู ผู้บริหาร และที่ปรึกษาทางด้าน STEM ยินดีที่จะให้ความช่วยเหลือแก่สถาบันทางการศึกษาในระดับอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรมในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรม STEM ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน แต่ปัญหาที่นักศึกษามีความกังวลคือการจัดกิจกรรมใช้เวลาค่อนข้างมาก ตลอดจนถึงอาศัย

ความร่วมมือกับเพื่อนร่วมงานในการแก้ปัญหาาร่วมกัน (Team – based solution) แต่ครูก็มีความเห็นว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจและท้าทายหากทำกิจกรรม STEM ได้ประสบผลสำเร็จ

เฮฟเวอร์โล (Heaverlo. 2011) ได้พัฒนาการใช้สะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนหญิงเกรด 6 – 12 ที่มีความสนใจและถนัดในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในมลรัฐไอโอวา ผลการวิจัยพบว่า การสอนของครูคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษานอกหลักสูตรทำให้นักเรียนมีความสนใจและถนัดในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาที่ครูจัดขึ้นมีส่วนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนหันมาสนใจการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนโดยผู้สอน ผู้บริหาร และผู้ปกครอง ก็มีส่วนสำคัญในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

บราวน์ (Brown. 2012: 7 – 11) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสถานะของการวิจัยด้านสะเต็มศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยได้ทำการวิจัยเชิงสำรวจจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องตลอดจนบทความวิจัยที่แนะนำโดยนักการศึกษาและนักวิจัยรวมถึงครูผู้สอนในระดับอนุบาลถึงเกรด 12 ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับ STEM เพื่อตอบคำถามวิจัย 3 ข้อ คือ 1) ขอบข่ายของงานวิจัยด้านการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM มีอะไรบ้าง 2) งานวิจัยทางด้าน STEM สามารถพบได้ที่ใดบ้าง และ 3) ใครมีส่วนร่วมในการวิจัยทางด้าน STEM บ้าง โดยได้รวบรวมงานวิจัยจากฐานข้อมูลของบทความวิจัย 8 ฐาน ได้แก่ SI, TTET, STEM, MT, JTE, JEE, JRST และ JRME ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ปี 2007 ถึงวันที่ 1 ตุลาคม ปี 2010 โดยใช้คำว่า “STEM” และ “SMET” ในการค้นหาพบว่ามีความเกี่ยวข้องกับ STEM ทั้งสิ้นกว่า 1,100 เรื่องใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า มีงานวิจัยเพียง 60 เรื่องเท่านั้นที่ผู้วิจัยระบุว่าเป็นงานวิจัยด้าน STEM ส่วนบทความที่เหลือถึงแม้ว่าจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านของ STEM แต่ผู้เขียนบทความมิได้ระบุงานวิจัยนั้นๆ เป็นการศึกษากับ STEM ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำบทความทั้ง 60 เรื่องมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษ ซึ่งเขาได้แบ่งบทความออกเป็น 7 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านกิจกรรมซึ่งเป็นบทความเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในชั้นเรียน 2) ด้านพรรณนา (Descriptive) การอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมเหตุการณ์หรือวิธีการที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนแต่ไม่ได้ใช้กระบวนการวิจัยอย่างเป็นระบบ 3) บทบรรณาธิการซึ่งเป็นการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับ STEM 4) การแสดงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ STEM ที่มีผู้อื่นได้ทำการวิจัยไว้แล้ว 5) การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed method) 6) การวิจัยเชิงคุณภาพ และ 7) การวิจัยเชิงปริมาณ พบว่า บทความที่ศึกษาจะเป็นบทความด้านพรรณนามากที่สุด รองลงมาคือการแลกเปลี่ยนกิจกรรม การวิจัยแบบผสมผสาน การวิจัยเชิงคุณภาพ และการวิจัยเชิงปริมาณตามลำดับ และพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ STEM สามารถพบได้ในวารสารการศึกษาด้าน STEM (STEM) ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ST, JTE และ TTET ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในด้านขอบข่ายที่ศึกษา พบว่าบทความส่วนมากจะเน้นไปที่การศึกษาการบูรณาการองค์ประกอบของ

STEM (Integrative STEM) มากที่สุด ส่วนหน่วยงานที่ตีพิมพ์งานวิจัยด้าน STEM มากที่สุดคือ Purdue University, Pittsburgh University และ Illinois State University ตามลำดับ ส่วนผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยจะมีความหลากหลายกล่าวคือ หากเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพจะใช้กลุ่มเป้าหมายที่มีความเฉพาะเจาะจง แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว พบว่า งานวิจัยส่วนมากจะเน้นการศึกษากับครูและนักเรียนในระดับอนุบาลถึงเกรด 12

ศูนย์คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งมหาวิทยาลัยมิลลิวอลีนอยส์ (CeMaST. 2013: online) ได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยได้รับทุนสนับสนุนจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSF) ทุนไอเซ็นฮาวเวอร์ (Eisenhower fund) จากคณะกรรมการการศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยมิลลิวอลีนอยส์ เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการฝึกปฏิบัติบนฐานของประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับเกรด 6 – 9 ตามแนวการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM อย่างน้อย 3 รายวิชา โดยจัดการศึกษาแบบบูรณาการวันละ 120 นาที ตลอด 1 ภาคการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเกรด 6 มีคะแนนการทดสอบรายวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงขึ้น นักเรียนเกรด 7 มีคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของสแตนฟอร์ด (Stanford Achievement Test (SAT)) สูงกว่ากลุ่มควบคุมและมีทักษะการแก้ปัญหาสูงขึ้น ส่วนนักเรียนเกรด 8 มีผลคะแนนการทดสอบ TIMSS สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับครูพบว่า ครูมีการเรียนรู้เนื้อหาวิธีการสอนในการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่าง ๆ เข้ากับชีวิตประจำวันของผู้เรียนและเรียนรู้การทำงานร่วมกันมากขึ้น

เทอร์เนอร์ (Turner. 2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในการใช้สะเต็มศึกษาให้ประสบผลสำเร็จของนักการศึกษาทางตะวันออกเฉียงเหนือมิลลิวอลีนอยส์ วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา ลักษณะของสะเต็มศึกษา การสอนตามแนวสะเต็มศึกษาในชั้นเรียนให้ประสบความสำเร็จ และการใช้สะเต็มศึกษากับทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ผลการวิจัยพบว่า ครูและผู้บริหารได้ให้นิยามของสะเต็มศึกษาว่าเป็นการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน การทดลอง และเน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยจากการสำรวจครูและผู้บริหารกว่า 58.33% เห็นด้วยว่ามีความจำเป็นที่จะต้องนำสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนและจะต้องนำสะเต็มมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ จึงจะทำให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ แต่ครูและผู้บริหารยังไม่มีความพร้อมในด้านการจัดเตรียมสื่อและทรัพยากรในการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา อีกทั้งยังไม่มี ความเข้าใจที่ดีเกี่ยวกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

โฮล์มควิสต์ (Holmquist. 2014) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบนักเรียนสองกลุ่มในระดับประถมศึกษาที่เรียนการทำหุ่นยนต์ตามแนวสะเต็มศึกษาและไม่ได้เรียนตามแนวสะเต็มศึกษา อีกทั้งศึกษาทัศนคติต่อการเรียนหลังจากการทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาการเรียนด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนการทำหุ่นยนต์ตามแนวสะเต็มศึกษามีผลการเรียนและทัศนคติที่ดีขึ้นและสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนตามแนวสะเต็มศึกษา นอกจากนี้

ยังพบว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมียุทธวิธีในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้ดีขึ้นอีกด้วย

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า วิจัยส่วนใหญ่ทั้งในประเทศและต่างประเทศจะเป็นงานวิจัยที่ทดลองเพื่อดูผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาล้วนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ที่ดีขึ้นกว่าการเรียนแบบปกติ แสดงให้เห็นว่าสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่สามารถยกระดับความสามารถของผู้เรียนให้ดีขึ้นได้ อีกทั้งงานวิจัยบางส่วนซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงสำรวจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาพบว่า สะเต็มศึกษาในบริบทของประเทศไทยและต่างประเทศมีความแตกต่างกันที่ประเทศไทยมีการบูรณาการใน 3 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี ผสมกับแนวคิดการออกแบบทางวิศวกรรม ดังนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเป็นอย่างดีเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 30 คน นักเรียนเหล่านี้ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

2.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง

พาราโบลา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 3 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยในการดำเนินการแต่ละแผนใช้เวลา 4 คาบ คาบละ 50 นาที เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ไม่เกินระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตัวอย่างเกณฑ์การวัดผลและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา และกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

2. กำหนดกรอบแนวคิดและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และกำหนดจุดประสงค์ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในแต่ละกิจกรรม

3. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 3 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโท ตรวจสอบจนผ่านการพิจารณา

2.1.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้

แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 12 คาบ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเกณฑ์การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา

2. วิเคราะห์เนื้อหา ความคิดรวบยอด และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

3. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย มีจำนวน 2 ตอน ตอนที่ 1 มีจำนวน 15 ข้อ และตอนที่ 2 มีจำนวน 2 ข้อ

4. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทตรวจสอบจนผ่านการพิจารณา

2.1.3 แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

3. นำแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทตรวจสอบจนผ่านการพิจารณา

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญการสอนคณิตศาสตร์ 1 คน ผู้เชี่ยวชาญการสอน

วิทยาศาสตร์ 1 คน และเป็นครูในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา 1 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อคำถาม

2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อคำถาม โดยมีการให้คะแนนข้อสอบแต่ละข้อ ดังนี้

คะแนน +1	หมายถึง	ข้อสอบใช้ได้
คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าข้อสอบใช้ได้หรือไม่
คะแนน -1	หมายถึง	ข้อสอบใช้ไม่ได้

3) แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อคำถาม

2. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ สำหรับแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิดเรื่อง พาราโบลา ผู้วิจัยคัดเลือกปัญหาเฉพาะข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งผลการพิจารณาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จากผู้เชี่ยวชาญพบว่าแบบทดสอบในแต่ละข้อมีค่า IOC เป็น 1.00 ซึ่งสามารถแปลผลว่าใช้ได้ และนำไปคณะกรรมการควบคุมปริณิณานุกรมตรวจสอบอีกครั้ง

3. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มนาร่องจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาริตมหาวินิจฉัยรามคำแหง

4. นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มนาร่องมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกปัญหาที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยตอนที่ 1 คัดเลือกมาจำนวน 9 ข้อ และตอนที่ 2 คัดเลือกมาจำนวน 1 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ซึ่งผลการพิจารณาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จากผู้เชี่ยวชาญพบว่าค่าความยากง่ายของข้อสอบในแต่ละข้อมีค่าระหว่าง 0.38 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อมีค่าระหว่าง 0.20 – 0.80

5. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ได้ในข้อ 4 โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา

(α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ผู้วิจัยหามาได้ มีค่าเท่ากับ 0.74

6. ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ให้เหมาะสมและมีความชัดเจน และนำไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตรตรวจสอบอีกครั้งก่อนนำไปทดลอง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังการทดลอง (One – Group Posttest – Only Design) ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่เลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว มีการให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มตัวอย่างแล้วทำการทดสอบหลังการทดลองจากนั้นพิจารณาผลการทดลอง

การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 14 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 12 คาบเรียน และเวลาในการทดสอบหลังเรียน 2 คาบเรียน ซึ่งรายละเอียดการดำเนินการทดลอง มีดังนี้

1. ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิดเรื่อง พาราโบลา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สอนและผู้สังเกตการณ์ โดยมีครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง จำนวน 1 คน ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย และให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา หลังจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในแต่ละกิจกรรมเสร็จ

2. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เพื่อตรวจสอบความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในชั้นเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. คำนวณจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม

3. ทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนมากกว่าร้อยละ 65 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม ซึ่งใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z

(Z – Test for Population Proportion)

4. นำแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มาวิเคราะห์เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา แล้วแปลผลเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา โดยดัดแปลงแนวคิดของปิยนภ เหมวิเศษ (2551: 73) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง ไม่ดี

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง น้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง ดี

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง ดีมาก

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบ Z

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในชั้นเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในชั้นเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แหล่งที่มาของคะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1. การทำกิจกรรมฯ ในชั้นเรียน	60	53.53	89.21	2.31
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิดเรื่อง พาราโบลา	40	32.28	80.71	6.91
รวม	100	85.81	85.81	7.86

จากตาราง 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในชั้นเรียนเท่ากับ 53.53 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.31 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เท่ากับ 32.28 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.91 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนรวมจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เท่ากับ 85.81 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.86

การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ทำให้จำนวนนักเรียนมากกว่าร้อยละ 65 มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม ผู้วิจัยนำคะแนนรวมจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ในชั้นเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไปหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม หลังจากนั้นทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ซึ่งใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยแสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ ผ่านเกณฑ์ (คน)	ค่าสถิติทดสอบ Z	ค่าวิกฤติ
นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5	30	28	3.251	2.326

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 5 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01

ตอนที่ 2 เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 6, 7, 8 และ 9

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า: กิจกรรม CATAPULT

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
1	กิจกรรม : CATAPULT น่าสนใจและทำให้นักเรียน เกิดความสุขสนุกสนาน	4.23	0.73
2	นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น ทำท่าย เมื่อได้ทำกิจกรรม : CATAPULT	4.13	0.68
3	เนื้อหาในใบกิจกรรม : CATAPULT อ่านแล้วเข้าใจ ง่าย	4.20	0.61
4	กิจกรรม : CATAPULT ชวนคิด ชวนติดตาม นำศึกษาค้นคว้า	4.27	0.64
5	กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริมให้นักเรียนทำงาน ร่วมกันเป็นกลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนใน กลุ่ม	4.43	0.50
6	กิจกรรม : CATAPULT ทำให้นักเรียนฝึกคิด วางแผน ทำงานอย่างเป็นระบบด้วยตนเอง และ ได้รับประสบการณ์ตรง	4.33	0.55
7	กิจกรรม : CATAPULT ช่วยให้นักเรียน กระตือรือร้นต่อการเรียน	4.30	0.60
8	กิจกรรม : CATAPULT ทำให้นักเรียนเกิดความคิด ริเริ่มสร้างสรรค์	4.27	0.87
9	กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริมให้นักเรียนแสดง ความคิดเห็นได้อย่างอิสระ	4.37	0.56

ตาราง 6 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
10	กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริมให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ	4.20	0.55
11	กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิด ความรู้ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน	4.27	0.58
12	กิจกรรม : CATAPULT ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.13	0.73
13	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรม : CATAPULT ฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมีวินัยในตนเอง	3.93	0.83
14	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรม : CATAPULT ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เป็นที่พึงพอใจของนักเรียน	4.10	0.76
15	เวลาในการทำกิจกรรม : CATAPULT หดไปอย่างรวดเร็ว	3.70	0.92
16	นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นหลังจากทำกิจกรรม : CATAPULT	3.70	0.60
17	กิจกรรม : CATAPULT เป็นกิจกรรมที่บูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ และสอดคล้องกับเหตุการณ์ปัจจุบัน	4.10	0.55
18	กิจกรรม : CATAPULT เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบันและอนาคต	4.13	0.78
19	กิจกรรม : CATAPULT ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	4.27	0.69

ตาราง 6 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
20	กิจกรรม : CATAPULT สามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวันได้	4.10	0.61
รวมทั้งฉบับ		4.16	0.67

จากตาราง 6 แสดงให้เห็นว่า เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้
แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า: กิจกรรม CATAPULT ของกลุ่มตัวอย่างเมื่อพิจารณารวมทั้งฉบับมี
คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรม
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า: กิจกรรม SOLAR HOT
DOG COOKER

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
1	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker น่าสนใจและทำ ให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน	4.30	0.70
2	นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น ทำท่าย เมื่อได้ทำกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker	3.93	0.87
3	เนื้อหาในใบกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.27	0.74
4	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ชวนคิด ชวนติดตาม น่าศึกษาค้นคว้า	4.10	0.61
5	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้ นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและแลกเปลี่ยน เรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม	4.37	0.61
6	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียน ฝึกคิด วางแผน ทำงานอย่างเป็นระบบด้วยตนเอง และได้รับประสบการณ์ตรง	4.27	0.74

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
7	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ช่วยให้นักเรียน กระตือรือร้นต่อการเรียน	3.90	0.92
8	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียน เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	3.77	0.90
9	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้ นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ	4.47	0.57
10	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้ นักเรียนมีการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ ต่าง ๆ	4.40	0.67
11	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้ นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิด ความรู้ และ ประสบการณ์เดิมของนักเรียน	4.00	1.05
12	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียน สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.10	0.76
13	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมี วินัยในตนเอง	3.77	0.77
14	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เป็นที่พึงพอใจ ของนักเรียน	3.93	0.83
15	เวลาในการทำกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker หมดไปอย่างรวดเร็ว	3.77	0.90
16	นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นหลังจากทำ กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker	3.83	0.59
17	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker เป็นกิจกรรมที่ บูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ และสอดคล้อง กับเหตุการณ์ปัจจุบัน	3.97	0.61

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
18	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker เป็นประโยชน์ ต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบัน และอนาคต	4.17	0.75
19	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียน เห็นประโยชน์และคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรม	4.37	0.72
20	กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.10	0.61
รวมทั้งฉบับ		4.09	0.75

จากตาราง 7 แสดงให้เห็นว่า เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้
แนวคิด เรื่อง พาราโบลา: กิจกรรม SOLAR HOT DOG COOKER ของกลุ่มตัวอย่างเมื่อพิจารณา
รวมทั้งฉบับ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรม
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา: กิจกรรม CABIN JOHN
BRIDGE

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
1	กิจกรรม : Cabin John Bridge น่าสนใจและทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน	4.27	0.64
2	นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น ทำท่าย เมื่อได้ทำกิจกรรม : Cabin John Bridge	4.07	0.69
3	เนื้อหาในใบกิจกรรม : Cabin John Bridge อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.13	0.63
4	กิจกรรม : Cabin John Bridge ชวนคิด ชวนติดตาม น่าศึกษาค้นคว้า	4.23	0.73

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
5	กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม	4.00	0.74
6	กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนฝึกคิด วางแผน ทำงานอย่างเป็นระบบด้วยตนเอง และได้รับประสบการณ์ตรง	4.20	0.55
7	กิจกรรม : Cabin John Bridge ช่วยให้นักเรียนกระตือรือร้นต่อการเรียน	3.77	0.86
8	กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	4.10	0.76
9	กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ	4.10	0.71
10	กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ	3.87	0.68
11	กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิด ความรู้ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน	4.03	0.71
12	กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.17	0.59
13	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรม : Cabin John Bridge ฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมีวินัยในตนเอง	3.83	0.83
14	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรม : Cabin John Bridge ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เป็นที่พึงพอใจของนักเรียน	4.30	0.70
15	เวลาในการทำกิจกรรม : Cabin John Bridge หมดไปอย่างรวดเร็ว	4.00	0.74

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
16	นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นหลังจากทำ กิจกรรม : Cabin John Bridge	3.97	0.56
17	กิจกรรม : Cabin John Bridge เป็นกิจกรรมที่ บูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ และสอดคล้อง กับเหตุการณ์ปัจจุบัน	4.23	0.57
18	กิจกรรม : Cabin John Bridge เป็นประโยชน์ต่อ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบันและ อนาคต	3.97	0.72
19	กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนเห็น ประโยชน์และคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรม	4.40	0.67
20	กิจกรรม : Cabin John Bridge สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.33	0.61
รวมทั้งฉบับ		4.10	0.68

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่า เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้
แนวคิด เรื่อง พาราโบลา: กิจกรรม CABIN JOHN BRIDGE ของกลุ่มตัวอย่างเมื่อพิจารณารวมทั้ง
ฉบับ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.68

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรม
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
กิจกรรม : CATAPULT	4.16	0.67
กิจกรรม : SOLAR HOT DOG COOKER	4.09	0.75
กิจกรรม : CABIN JOHN BRIDGE	4.10	0.68
รวม	4.12	0.70

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า เจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของกลุ่มตัวอย่างเมื่อพิจารณารวมทั้ง 3 กิจกรรม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สมมติฐานของการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ทำให้จำนวนนักเรียนมากกว่าร้อยละ 65 มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 30 คน นักเรียนเหล่านี้ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง

2. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 3 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สารการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนใช้เวลาในการดำเนินการ 4 คาบ คาบละ 50 นาที (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด

เรื่อง พาราโบล่า และ (3) แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า เป็นแบบวัดเจตคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อศึกษาเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า

หลังจากสร้างเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำเครื่องมือเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความง่ายของปัญหา และความชัดเจนของข้อคำถาม แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มนำร่องจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง แล้วปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออีกครั้งก่อนนำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนต่อไปนี้ คือ

1. ผู้วิจัยสอนบททบทวนความรู้ เรื่อง พาราโบล่า ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า

2. ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า กิจกรรมที่ 1 ถึงกิจกรรมที่ 3 กิจกรรมละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเป็น 12 คาบ โดยทั้ง 3 กิจกรรม นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย และผู้วิจัยได้ประเมินผลจากการเขียนแสดงแนวคิด / วิธีทำในการหาคำตอบจากใบกิจกรรม การออกแบบและสร้างชิ้นงาน การสื่อสารและการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า

3. ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างตอบแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า หลังจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า แต่ละกิจกรรมเสร็จ

4. หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ทั้ง 3 กิจกรรมเสร็จแล้ว ผู้วิจัยทำการประเมินผลโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า เป็นรายบุคคล ซึ่งใช้เวลาในการทดสอบ 2 คาบ คาบละ 50 นาที

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา หลังจากทดลองแล้วผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลดังนี้

1. ผู้วิจัยนำคะแนนจากการทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม

2. ผู้วิจัยทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ทำให้จำนวนนักเรียนมากกว่าร้อยละ 65 มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม ซึ่งใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z

3. ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แต่ละกิจกรรมไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลผลเจตคติของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปรากฏผลดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวนมากกว่าร้อยละ 65 มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม ที่ระดับนัยสำคัญ .01

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา อยู่ในเกณฑ์ดี

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของคะแนนรวม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา อยู่ในเกณฑ์ดี

จากผลการวิจัยที่พบ สามารถพิจารณาเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสอบผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสาเหตุดังต่อไปนี้

1.1 กิจกรรมที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา เป็นกิจกรรมที่มีสถานการณ์ใกล้ตัวนักเรียน สามารถนำไปใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ประเด็นปัญหาหรือหัวข้อในกิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ทำทนายกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557: 4) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จะต้องจัดเนื้อหาบทเรียนตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยครูผู้สอนต้องออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เพื่อฝึกประสบการณ์ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมของนักเรียน อีกทั้งกิตติชัย สุทธิศิลป์ (2557: 85 – 87) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาถือเป็นก้าวแรกสู่การบูรณาการความรู้สู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย เพราะปรากฏการณ์รอบตัวไม่ได้เป็นผลของความรู้จากศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเพียงศาสตร์เดียว แต่ต้องอาศัยการประยุกต์ความรู้ที่เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งสิ้น

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ คอยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติกิจกรรม และหมุนเวียนไปสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนและแนะนำนักเรียนเท่าที่จำเป็น ซึ่งแนวทางการจัดกิจกรรมดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับแนวคิด

ของ สสวท. (2557: 7 – 8) ที่กล่าวถึง สิ่งที่คุณควรคำนึงจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน มีดังนี้ (1) จัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน เป็นต้น (2) ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน (3) จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าแสดงออก ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ (4) ครูเป็นผู้โค้ชคอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรม

1.3 หลังจากปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง

พาราโบล่า แต่ละกิจกรรมเสร็จ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมของกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ในห้องได้ร่วมอภิปรายและแสดงความคิดเห็น หากมีนักเรียนในกลุ่มอื่น ๆ มีวิธีการหาคำตอบหรือได้คำตอบที่แตกต่างจากกลุ่มที่นำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนของกลุ่มนั้น ๆ ได้นำเสนอวิธีการหาคำตอบที่แตกต่างออกไปด้วย ซึ่งทำให้นักเรียนในห้องได้เห็นวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายภายใต้สถานการณ์ปัญหาเดียวกัน และทำให้นักเรียนได้ทราบถึงข้อผิดพลาดของกลุ่มตนเองว่ามีข้อบกพร่องตรงจุดไหนและควรปรับปรุงอย่างไร ซึ่งการที่นักเรียนได้เรียนรู้ในลักษณะนี้ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน และคอยพัฒนาผลงานของกลุ่มตนเองให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ มิทเชลล์ เจ นาทาน (Mitchell J. Nathan. 2013) สมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรม (International Technology and Engineering Educators Association. 2014) และ สสวท. (2557: 4 – 6) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งได้มีการศึกษามาแล้วว่าสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือ Deeper Learning ได้แก่ การเรียนรู้ที่เตรียมความพร้อมผู้เรียนใน 5 ด้านสำคัญ ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจเนื้อหาแกนหลักทางวิชาการได้อย่างดี 2) การคิดวิเคราะห์วิจารณ์และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน 3) การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม 4) การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ และ 5) การเป็นผู้ริเริ่มและรับคำวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างดี

1.4 นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจปฏิบัติกิจกรรมเป็นอย่างดี สังเกตได้จากในขณะที่ผู้วิจัยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนในกลุ่มส่วนใหญ่จะช่วยกันพยายามทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรม มีการร่วมมือระดมความคิดและแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มเพื่อที่จะปฏิบัติกิจกรรมให้สำเร็จลุล่วง มีการสอบถามผู้วิจัยในกรณีที่มีข้อสงสัย มีความกระตือรือร้นในการออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า เป็นสถาน

การแก้ปัญหาที่น่าสนใจ โกลด์ตัวนักเรียน สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ และทำทหายความสามารถของนักเรียน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า มีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า อยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสาเหตุดังต่อไปนี้

2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นกิจกรรมที่มีสถานการณ์ปัญหาโกลด์ตัวนักเรียน สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้และทำทหายความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันทั้งในทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของพรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556: 55) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่งคั่งของประเทศได้

2.2 บรรยากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนได้นำความรู้และประสบการณ์เดิมมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน ๆ และครู ประกอบกับผู้วิจัยเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติกิจกรรม คอยใช้คำถามกระตุ้นให้คิดและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนมีปัญหาหรือข้อสงสัย พร้อมกับกล่าวชมเชยและให้กำลังใจเมื่อนักเรียนกล้าแสดงออก ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและตั้งใจปฏิบัติกิจกรรมเป็นอย่างดี ซึ่งมีส่วนทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบล่า

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ในชั้นเรียน ครูผู้สอนควรเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับและความรู้ความสามารถของนักเรียน และควรจัดกิจกรรมปรับพื้นฐานให้กับนักเรียนก่อน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่เพียงพอสำหรับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

1.2 ในขณะที่ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ครูควรสร้างบรรยากาศแห่งความเป็นกัลยาณมิตรโดยให้คำปรึกษา ให้ความสำคัญกับความคิดของนักเรียนทุกคน จัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดโดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น

1.3 การนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ ควรคำนึงถึงบริบทด้านต่าง ๆ ของโรงเรียน ตลอดจนตารางเวลาในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งครูผู้สอนอาจปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมกิจกรรม รวมทั้งแหล่งเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสม

1.4 ครูผู้สอนสามารถพิจารณาสถานการณ์ปัญหาหรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับสภาพของนักเรียน สภาพของท้องถิ่น และสถานการณ์แวดล้อมในปัจจุบันมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไม่ใช่สิ่งไกลตัวสำหรับนักเรียน

1.5 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้น ความรู้ด้านเนื้อหาของครูผู้สอนเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นโรงเรียนที่มีความพร้อมด้านบุคลากรสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ โดยเปิดโอกาสให้ครูผู้สอนในต่างสาขาวิชามาสอนร่วมกันเป็นทีม เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดของการนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นอื่น ๆ ที่เหลือ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาขึ้นได้ตามความเหมาะสมของแต่ละระดับช่วงชั้น

2.2 ควรมีการศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในประเด็นอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.3 ควรมีการศึกษาเพื่อสร้างหลักสูตร ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ในระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถานเอกอัครราชทูตไทย ประจำกรุงวอชิงตัน ดี.ซี. (2556). *โอบามาประกาศแผนใหม่ในการสร้างกลุ่มต้นแบบการสอน STEM (STEM Master Teaching Corps)*. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก http://www.ostc.thaiembdc.org/test2012/stnews_Sept12_5.
- กิตติชัย สุชาติโนบล. (2557). การศึกษาแบบสเต็ม. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์*. 49: 81 – 94.
- เขมวดี พงสานนท์. (2557). *STEM EDUCATION*. การปฐมนิเทศผู้รับทุนโครงการ สดวค. ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ประเภท Premium) ปีการศึกษา 2557. หน้า 1 – 4.
- จรัส อินทลาภพร; และคนอื่น ๆ. (2558). *การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/viewFile/29290/30066>.
- ชวลิต ชูกำแหง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้ (Learning Assessment)*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. หน้า 39 – 40.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *สอนประวัติศาสตร์ให้เด็กมีความสุขสนุกคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ชานนท์ จันทรา. (2555). *การประเมินในชั้นเรียนคณิตศาสตร์: จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: อาร์ แอนด์ เอ็น ปริ้นท์.
- เดือนงาม นามเมือง. (2552, เมษายน – มิถุนายน). Problem – Based Learning การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก. *วารสารวิชาการ*. 12(2): 34 – 36.
- ทศนา แคมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- เบญจกาญจน์ ไสละม้าย; และ ชลาธิป สมาหิโต. (2558, พฤษภาคม – สิงหาคม). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา. *วารสารวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. 26(2): 104 – 110.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553ข). *การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมด้วยกระบวนการกลุ่มในทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.
- . (2556). *การพัฒนาการคิด (ฉบับปรับปรุงใหม่)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วน จำกัด 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.

- ปิยะนาถ เหมวิเศษ. (2551). การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. (2556, เมษายน – มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร *Executive Journal*. 33(2): 49 – 56.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี; ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธีระติกุล. (2558, เมษายน). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 9: 401 – 415.
- พิจิตร อุดตะโปน. (2550). การใช้ชุดการเรียนรู้การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มนตรี จุฬาววัฒนทล. (2556, พฤศจิกายน – ธันวาคม). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors). นิตยสาร สสวท. 42(185): 14 – 18.
- มัทนรา ธรรมบุษย์. (2549, มกราคม). การส่งเสริมกลยุทธ์ PBL. วารสารวิทยาจารย์. 105(3): 42 – 45.
- รักษพล ธนานุวงศ์. (2556, 10 – 11 มกราคม). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ *STEM Education*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2559, จาก http://secondsci.ipst.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=331:stemworkshop&catid=19:2009-05-04-05-01-56&Itemid=34.
- วัชรีย์ กาญจน์กิริติ. (2554). การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก <http://www.phichsinee.cmru.ac.th/develop/admin/mydownload/file/210413191152.PDF>
- วัฒนา รัตนพรหม. (2548, มกราคม – เมษายน). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์. 20(1): 33 – 40.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี – สฤษดิ์วงศ์. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก http://www.noppawan.sskru.ac.th/data/learn_c21.pdf.
- วิมล ขอบชื่นชม. (2550, มกราคม – มิถุนายน). Problem Based Learning กับการพัฒนาผู้เรียนอย่างยั่งยืน. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต. 1(1): 86 – 89.

- ศศิมา อินชนะ. (2551). ผลของการจัดกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ประกอบการประเมินตามสภาพจริงที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.จ. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สนธิ พลชัยยา. (2557, กรกฎาคม – สิงหาคม). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท. 42(189): 7 – 8.
- สมศักดิ์ ภู่วิภาดารวรรณ์. (2553). หลักการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนและการประเมินตามสภาพจริง. กรุงเทพฯ: ดวงกมล.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555). *คู่มือคณิตศาสตร์มือาชีพเส้นทางสู่ความสำเร็จ*. กรุงเทพฯ: 3 – คิว มีเดีย.
- . (2557). สะเต็มศึกษา (STEM Education). สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก www.stemedthailand.org.
- . (2557). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556, มกราคม – ธันวาคม). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็มศึกษา” (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education). *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*. 19: 4 – 5.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558, เมษายน – มิถุนายน). สะเต็มศึกษา (STEM Education). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 17(2): 201 – 203.
- . (2558, กรกฎาคม – กันยายน). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2) : การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน (STEM Education (Part II) : How to Integrate STEM Education in Classroom Teaching). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 17(3): 155 – 159.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557, มกราคม – กุมภาพันธ์). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท. 42(186): 3 – 5.
- สุนัย มงคลธารณ์. (2557, มีนาคม – เมษายน). เรียนรู้สะเต็มผ่านงานวิจัย. นิตยสาร สสวท. 42(187): 39 – 42.
- สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2553). *หลักการวัดและการประเมิน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). มีผู้สำเร็จการศึกษาใหม่กว่าหนึ่งล้านคน ภายใต้โปรแกรมการศึกษา STEM ในหนึ่งทศวรรษข้างหน้า. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2559, จาก http://www.ostc.thaiembdc.org/test2012/stnews_Jan13_s.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- อนุวัติ คุ้มแก้ว. (2548). หลักการวัดและประเมินผลทางการศึกษา. เพชรบูรณ์. อัดสำเนา.
- เอกรินทร์ สีมหาศาล; และสุปรารถนา ยุกตะนันท์. (2546). การออกแบบเครื่องมือวัดและประเมินตามสภาพจริง. กรุงเทพฯ: บัณฑิตศึกษา.
- เอเอสทีวี ผู้จัดการออนไลน์. (2556). โละสอนแบบท่องจำ ผุด “สะเต็มศึกษา” เรียนวิทย์ – เทคโนโลยี ปฏิบัติเน้น ๆ. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2559, จาก <http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9560000005681>.
- Archbald, D.A. and Newman, F.M. (1992). *Beyond Standardized Testing : Assessing Authentic Academic Achievement in the Secondary School*. Reston, VA : National Association of Secondary Principals.
- Backer, E., et al. (1993). *Policy and Validity Prospects for Performance Based Assessment*. American Psychologist, pp. 1210 – 1218.
- Bellanca, J. and Brandt, R. (2010). *21st Century Skills, Rethinking How Students learn*. Bloomington, IN: Solution Tree.
- Bintz, W.P. (1991). “*Staying Connected*” : *Exploring New Functions for Assessment*. *Contemporary Education*. 62(4): 307 – 312.
- Brown, J. (2012, October – December). *The Current Status of STEM Education Research*. *Journal of STEM Education*. 13(5): 7 – 11.
- Center for Mathematics Science and Technology (CeMast). (2013). *Why STEM is Important?*. Retrieved January 27, 2016, from <http://cemast.illinoisstate.edu/educators/stem>.
- Cradler, J. (1991). *Authentic assessment : Finding the right tools*. *Thrust for Educational Leadership*. 49(2): 8 – 11.
- Dejarnette. (2012). *America’s children : providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and mathematics) initiatives*. *Education*. 133(1): 77 – 84.
- Delisle, Robert. (1997). *How to Use Problem – Based Learning in the Classroom*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

- Executive Office of the President. (2010). *Report to the President: Prepare and Inspire : K–12 Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) for America's Future*. Retrieved January 27, 2016, from <http://www.whitehouse.gov/ostp/pcast>.
- Heaverlo, Carol. (2011). *STEM Development: A Study of 6th – 12th Grade Girls' Interest and Confidence in Mathematics and Science*. Graduate Theses and Dissertations. Paper 10056.
- Herman, J.L.; & Winters, L. (1994). *Portfolio Research : A Slim Collection*. Educational Leadership. 10: 49 – 51.
- Holmquist, S.K. (2014). *A Multi – Case Study of Student Interactions with Educational Robots and Impact on Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Learning and Attitudes*. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy: University of South Florida.
- Illinois Mathematics and Science Academy. (2001). *Introduction to Problem Based Learning*. Retrieved October 27, 2016, from <http://pbln.imsa.edu/model/intro/index.html>.
- International Technology and Engineering Educators Association. (2014). *Technology and Engineering Bring STEM to Life*. Retrieved January 27, 2016, from <http://www.iteea.org/>.
- Johnson, D.W. et. al. (1981). *Effects of Cooperative, Competitive and Individualistic Goal Structures on Achievement : A Meta Analysis*. Psychological Bulletin. 89: 47 – 62.
- Kerr, William H. (2013). *Norwin STEM Innovation Center for Teaching and Learning : Proposal for an Exemplary Business – Education Collaboration Model*. Pennsylvania: Norwin STEM Innovation Center. Retrieved January 27, 2016, from <http://www.norwinsd.org/STEMwhitePaper>.
- Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., and Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy : a state by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*. 14(3): 5 – 12.
- Lantz, Hays B. (2009). *Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?.* Retrieved January 27, 2016, from www.currttechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.
- Linn, R., et al. (1991). *Complex, Performance – Base Assessments. Expectations and Validation Criterion*. Educational Research. 20(8): 15 – 21.

- Mitchell, J.N. (2013). *Save the Penguins: Integrated STEM Education Unit. STEM Education Workshop at IPST*. January.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K – 12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Retrieved February 2, 2016, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165.
- National Science Teachers, Association (NSTA). (2011). *Quality Science Education and 21st Century Skills*. Retrieved February 2, 2016, from <http://www.nsta.org/about/positions/21stcentury.aspx>.
- Partnership for 21st Century Skills. *P21 Framework Definitions*. Retrieved February 2, 2016, from <http://www.p21.org/storage/documents/P21-Framework-Definitions.pdf>.
- Rachel, B.J. (2008). *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Retrieved January 5, 2016, from <http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf>.
- Robert, A. (2013). *STEM is here. Now what? Technology and Engineering Teacher*, September, 22 – 27.
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM Education, STEMmania. The Technology Teacher*, 68(4), 20 – 26.
- Stanford Graduate School of Education. (n.d.). *Design – Based Learning (DBL) to Innovate STEM Education*. Retrieved February 2, 2016, from <http://gse-it.stanford.edu/research/project/dbl>.
- STEM Caucus Steering, Committee. (n.d.). *Why was the STEM Education Caucus Created?*. Retrieved January 27, 2016, from <http://stemedcaucus2.org/>.
- Torp, Linda; & Sage, Sara. (1998). *Problem as Possibilities: Problem – Based Learning for K – 12*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Turner, K. (2013). *Northeast Tennessee Educators' Perception of STEM Education. Implementation*. Electronic Theses and Dissertations. Paper 1202. Retrieved January 5, 2016, from <http://dc.etsu.edu/etd/1202>.
- Tsupros, Nancy; & Kohler, Randy. (2009). *STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Washington D.C. : The Intermediate Unit 1 STEM Education Center*.
- Wiggins, G. (1989). *Teaching to the (authentic) Test*. Educational Leadership, 46(7), 141 – 147.
- Wolf, A. (1990). *Knowledge and Competence : Current Issues in Training and Education*. Sheffield : Department of Employment COIC.



ภาคผนวก ก
การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

แบบทดสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดผล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบอัตนัยทั้งหมด 2 ตอน ตอนที่ 1 มีจำนวน 9 ข้อ และตอนที่ 2 มีจำนวน 1 ข้อ โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาหรือไม่

คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
1.2 คำนวณค่า IOC เป็นรายข้อ แล้วเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการคำนวณ IOC คือ

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

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 10 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
ตอนที่ 2						
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

2. หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

2.1 หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา โดยใช้สูตร

$$p = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	p	คือ ค่าความยากง่าย
	S_U	คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา โดยใช้สูตร

$$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	r	คือ ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient)

ตาราง 11 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดความสามารถทางการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.55	0.62
2	0.39	0.46
3	0.56	0.20
4	0.69	0.25
5	0.57	0.43
6	0.52	0.23
7	0.46	0.54
8	0.38	0.21
9	0.48	0.33
ตอนที่ 2 ข้อที่ 1	0.47	0.80

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.74



ตาราง 12 คะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

คนที่	คะแนนจากการทำกิจกรรมการ เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (60 คะแนน)	คะแนนจากการทำ แบบทดสอบวัดความสามารถ (40 คะแนน)	คะแนนรวม (100 คะแนน)
1	50.00	38.00	88.00
2	54.05	38.50	92.55
3	53.71	37.50	91.21
4	50.00	33.50	83.50
5	57.08	37.50	94.58
6	52.80	34.00	86.80
7	53.71	37.00	90.71
8	54.05	36.50	90.55
9	52.80	25.00	77.80
10	57.08	34.50	91.58
11	52.80	40.00	92.80
12	57.08	29.00	86.08
13	54.05	26.50	80.55
14	54.05	38.50	92.55
15	53.71	27.00	80.71
16	50.00	38.00	88.00
17	52.80	35.50	88.30
18	50.00	14.00	64.00
19	52.80	35.00	87.80
20	53.71	36.00	89.71
21	57.08	30.00	87.08
22	50.00	13.00	63.00
23	57.08	28.00	85.08
24	54.05	36.00	90.05
25	52.80	35.75	88.55
26	57.08	40.00	97.08
27	50.00	26.00	76.00

ตาราง 12 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (60 คะแนน)	คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถ (40 คะแนน)	คะแนนรวม (100 คะแนน)
28	54.05	26.50	80.55
29	53.71	27.00	80.71
30	53.71	34.75	88.46

ตาราง 13 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

x	f	fx	x^2	fx^2
63.00	1	63.00	3969.00	3969.00
64.00	1	64.00	4096.00	4096.00
76.00	1	76.00	5776.00	5776.00
77.80	1	77.80	6052.84	6052.84
80.55	2	161.10	6488.30	12976.61
80.71	2	161.42	6514.10	13028.21
83.50	1	83.50	6972.25	6972.25
85.08	1	85.08	7238.61	7238.61
86.08	1	86.08	7409.77	7409.77
86.80	1	86.80	7534.24	7534.24
87.08	1	87.08	7582.93	7582.93
87.80	1	87.80	7708.84	7708.84
88.00	2	176.00	7744.00	15488.00
88.30	1	88.30	7796.89	7796.89
88.46	1	88.46	7825.17	7825.17
88.55	1	88.55	7841.10	7841.10
89.71	1	89.71	8047.88	8047.88
90.05	1	90.05	8109.00	8109.00
90.55	1	90.55	8199.30	8199.30

ตาราง 13 (ต่อ)

x	f	fx	x ²	fx ²
90.71	1	90.71	8228.30	8228.30
91.21	1	91.21	8319.26	8319.26
91.58	1	91.58	8386.90	8386.90
92.55	2	185.10	8565.50	17131.01
92.80	1	92.80	8611.84	8611.84
94.58	1	94.58	8945.38	8945.38
97.08	1	97.08	9424.53	9424.53
รวม	30	2574.34		222699.85

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum fx}{\sum f} \\ &= \frac{2574.34}{30} \\ &= 85.81\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S.D. &= \sqrt{\frac{n \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{30(222699.85) - (2574.34)^2}{30(29)}} \\ &= 7.86\end{aligned}$$

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา ซึ่งใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนประชากร โดยใช้สถิติทดสอบ Z (Z – test for population proportion)

สมมติฐาน คือ $H_0 : p \leq 0.65$

$H_1 : p > 0.65$

สถิติทดสอบ
$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

เมื่อ $\hat{p}$ แทนสัดส่วนของจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 65 ขึ้นไปของคะแนนรวม

p_0 แทนสัดส่วนของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ต้องการทดสอบ

$$\hat{p} = \frac{28}{30} = 0.933$$

$$p_0 = 0.65$$

n แทนจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน

แทนค่า
$$Z = \frac{0.933 - 0.65}{\sqrt{\frac{0.65(1-0.65)}{30}}} = \frac{0.283}{\sqrt{0.00758}}$$

ดังนั้น $Z = 3.251$

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z > Z_{.01}$

จากตารางได้ $Z_{.01} = 2.326$

และ $3.251 > 2.326$ อยู่ในบริเวณวิกฤต

เพราะฉะนั้นปฏิเสธ H_0 นั่นคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สามารถสอบผ่านเกณฑ์ มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 65 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ 1

รายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม	รหัสวิชา ค 31202	กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2559
เรื่อง catapult		จำนวน 4 คาบ
ครูผู้สอน นางสาวเปรียบฟ้า ด้วงนุ่น		

➤ **สาระของรายวิชาที่เกี่ยวข้อง**

วิชาวิทยาศาสตร์ (S)

สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (T)

สาระที่ 3 : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

วิชาคณิตศาสตร์ (M)

สาระที่ 6 : ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

➤ **มาตรฐานการเรียนรู้**

วิชาวิทยาศาสตร์ (S)

มาตรฐาน ว 4.2 : เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (T)

มาตรฐาน ง 3.1 : เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

วิชาคณิตศาสตร์ (M)

มาตรฐาน ค 6.1 : มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

➤ **ตัวชี้วัด**

วิชาวิทยาศาสตร์ (S)

1. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
2. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (T)

1. ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต
2. ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลให้เป็นสารสนเทศ เพื่อประกอบการตัดสินใจ
3. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนอผลงาน ในรูปแบบที่เหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์ของงาน
4. ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างชิ้นงานหรือโครงงานอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบ

วิชาคณิตศาสตร์ (M)

1. ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
2. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม
3. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน
4. เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

➤ การบูรณาการความรู้กับวิศวกรรมศาสตร์

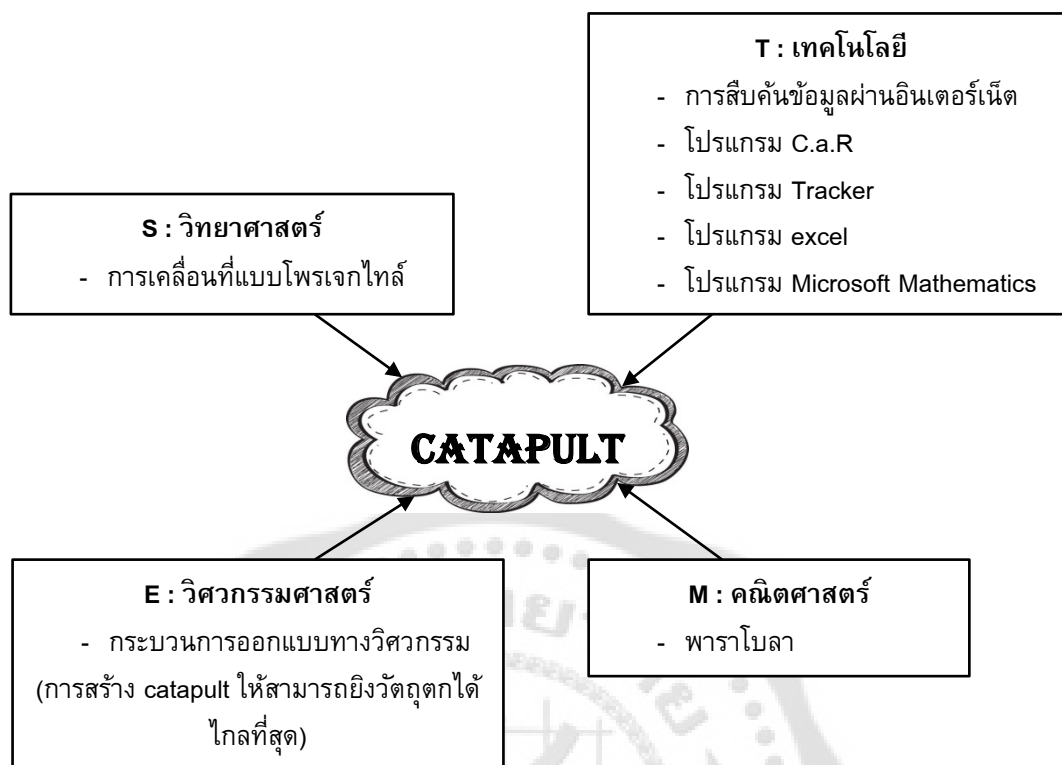
วิศวกรรมศาสตร์

การบูรณาการความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะเกี่ยวกับการออกแบบ (design) วางแผน (planning) การแก้ปัญหา (problem solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (constraints and criteria) ที่กำหนด

➤ สารสำคัญ

เครื่องยิงก้อนหิน (catapult) เป็นอาวุธที่ใช้ในการทำสงครามสมัยกรีก – โรมัน ซึ่งเครื่องยิงก้อนหินนั้นมี 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องเหวี่ยง เครื่องดีด และเครื่องยิง ซึ่งมีการพัฒนาตามลำดับในแต่ละยุคสมัย โดยในสมัยก่อนการสร้างเครื่องยิงก้อนหินจะต้องสร้างให้ใหญ่ แข็งแรง และสามารถยิงก้อนหินไปยังเป้าหมายให้ได้ระยะทางที่ไกลที่สุด และถ้าเราสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของก้อนหินจะเห็นว่าก้อนหินที่ถูกยิงนั้นมีการเคลื่อนที่ในแนวโค้งพาราโบลา ซึ่งการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

➤ กรอบแนวคิดของกิจกรรม catapult



1. จุดประสงค์ของกิจกรรม : เพื่อให้นักเรียน

1.1 นำความรู้เรื่องพาราโบลาและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปใช้แก้ปัญหาในใบกิจกรรม : CATAPULT ได้

1.2 ออกแบบและสร้างเครื่อง catapult โดยใช้แนวคิดของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

1.3 ใช้โปรแกรม Excel และโปรแกรม Tracker ในการสร้างกราฟพาราโบลาและหาสมการพาราโบลาที่ได้จากการทดลอง

1.4 สื่อสารและนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม : CATAPULT

2. สารการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	คณิตศาสตร์ (M)
- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างอิสระ โดยมีแรงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกมากระทำเพียงแรงเดียวเท่านั้น เป็นการเคลื่อนที่ที่มีวิธีการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง เช่น การขว้างหรือยิงวัตถุออกไป	- การสืบค้นวิธีการสร้างเครื่อง catapult ผ่าน internet - การใช้โปรแกรม C.a.R ในการสร้างกราฟพาราโบลาและหาสมการพาราโบลา	- พาราโบลา คือ เซตของจุด P ใดๆ บนระนาบ ที่อยู่ห่างจากจุดที่ตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากับระยะทางที่จุด P นั้นห่างจากเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่ง จุดที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า โฟกัส และเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า ไดรเรกทริกซ์ของพาราโบลา

3. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

- 3.1 คลิปวิดีโอ : Kingdom of Heaven – Siege on Jerusalem third day
- 3.2 ใบกิจกรรม : สสำรวจพาราโบลา
- 3.3 โปรแกรม C.a.R : สสำรวจพาราโบลา
- 3.4 เอกสารแนะแนวทาง เรื่อง พาราโบลา
- 3.5 ใบกิจกรรม : CATAPULT
- 3.6 โปรแกรม Microsoft Mathematics : WEAPON TEST
- 3.7 โปรแกรม Excel
- 3.8 โปรแกรม Tracker

4. กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1

➤ ขั้นนำ

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการให้นักเรียนชมคลิปวิดีโอ : Kingdom of Heaven – Siege on Jerusalem third day (ประมาณ 2 นาที) จากนั้นให้นักเรียนทุกคนช่วยกันอภิปรายความรู้ที่ได้จากการชมคลิปวิดีโอ โดยครูตั้งคำถามให้นักเรียนตอบดังนี้

- 1) จากคลิปวิดีโอที่นักเรียนรับชม ทหารใช้อาวุธใดบ้างในการทำสงคราม
[นักเรียนควรตอบว่า ธนู เครื่องยิงก้อนหิน และหอก]
- 2) อาวุธเหล่านั้นมีการเคลื่อนที่อย่างไร
[นักเรียนควรตอบว่า ธนู เครื่องยิงก้อนหิน และหอก มีลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวโค้งพาราโบลา ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์]

4.2 ครูตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่นักเรียนตอบ

4.3 ครูสรุปคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

➤ ขั้นสอน

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 40 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 5 คน จากนั้นครูแจกใบกิจกรรม : สสำรวจพาราโบลา ให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดในการทำใบกิจกรรม : สสำรวจพาราโบลา ข้อที่ 1 และ 2

4.5 เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มทำใบกิจกรรม : สสำรวจพาราโบลา ข้อที่ 1 และ 2 เสร็จแล้ว ครูตรวจสอบความถูกต้องให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามในข้อที่ 3 – 5 โดยมีประเด็นคำถามดังนี้

- 1) ให้นักเรียนพิจารณาจุดแต่ละจุดที่ได้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรกับจุด F และเส้นตรง L

[นักเรียนควรตอบว่า จุดที่ได้แต่ละจุดอยู่ห่างจากจุด F และเส้นตรง L เป็นระยะทางเท่ากัน]

- 2) เมื่อเขียนจุดทั้งหมดในระนาบที่มีสมบัติเดียวกันจะได้กราฟที่เรียกว่าอะไร

[นักเรียนควรตอบว่า พาราโบลา]

- 3) บทนิยามของพาราโบลาคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า พาราโบลา คือ เซตของจุด P ใด ๆ บนระนาบ ที่อยู่ห่างจากจุดที่ตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากับระยะทางที่จุด P นั้นห่างจากเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่ง จุดที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า โฟกัส และเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า ไคเรตริกซ์ ของพาราโบลา]

4.6 ครูใช้โปรแกรม C.a.R : สำรวจพาราโบลา เพื่อตรวจสอบคำตอบที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรม : สำรวจพาราโบลา

- 4.7 ครูสรุปคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

4.8 ครูแจกเอกสารแนะนำทาง เรื่อง พาราโบลา จากนั้นครูอธิบายบทนิยามของพาราโบลา องค์ประกอบต่าง ๆ ของพาราโบลา ทฤษฎีบทของพาราโบลา พาราโบลาที่มีแกนสมมาตรอยู่ในแนวนอน พาราโบลาที่มีแกนสมมาตรอยู่ในแนวตั้ง และพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่ (h, k)

4.9 ครูถามนักเรียนว่านอกจากธนู เครื่องยิงก้อนหิน และหอกที่นักเรียนชมในคลิปวิดีโอ ยังมีอาวุธโบราณได้อีกบ้างที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวโค้งพาราโบลา

[นักเรียนควรตอบว่า หนังสติ๊ก เชือกใช้ยิงก้อนหิน (sling) ปืนใหญ่ เป็นต้น]

4.10 ครูแจกใบกิจกรรม : CATAPULT ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง พาราโบลา ครูให้นักเรียนทำใบกิจกรรม : CATAPULT หัวข้อ WEAPON TEST โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดในการหาคำตอบ

➤ ขั้นสรุป

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.11 ครูมอบหมายงานให้นักเรียนกลับไปศึกษาหัวข้อ PHYSICS OF CATAPULT และหัวข้อ CATAPULT DESIGN ในใบกิจกรรม : CATAPULT โดยในหัวข้อ CATAPULT DESIGN ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปสืบค้นการออกแบบและการสร้างเครื่อง catapult จาก website ที่แนะนำในใบกิจกรรม และให้นักเรียนร่างแบบเครื่อง catapult มาส่งครู พร้อมทั้งระบุวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการออกแบบและสร้างเครื่อง catapult

คาบที่ 2

➤ ขั้นนำ

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยใบกิจกรรม : CATAPULT หัวข้อ WEAPON TEST ที่ให้นักเรียนทำเมื่อคาบที่แล้ว โดยครูจะใช้โปรแกรม Microsoft Mathematics : WEAPON TEST ในการตรวจสอบคำตอบ

4.2 ครูสรุปคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

➤ ขั้นสอน

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 40 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบความเรียบร้อยของวัสดุและอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างเครื่อง catapult และแบบของเครื่อง catapult ที่ผ่านการตรวจของครูเรียบร้อยแล้ว

4.4 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างเครื่อง catapult ของกลุ่มตนเอง โดยมีเงื่อนไขว่าเครื่อง catapult นั้นต้องสามารถยิงวัตถุให้ตกได้ในระยะทางที่ไกลที่สุด

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมขั้นที่ 1 – 3 มาช่วยในการสร้างเครื่อง catapult

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a Challenge) : ครูจะเป็นผู้ระบุเงื่อนไขในการสร้างเครื่อง catapult ว่าเครื่อง catapult นั้นต้องสามารถยิงวัตถุให้ตกได้ในระยะทางที่ไกลที่สุด จากนั้นนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจในเงื่อนไขดังกล่าว และจำเป็นต้องหาวิธีการในการสร้างเครื่อง catapult เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่ครูกำหนด

ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideals) : นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องสืบค้น รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่เหมาะสมที่สุด เพื่อออกแบบและสร้างเครื่อง catapult

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) : นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องกำหนดขั้นตอนในการทำงาน เป้าหมายของงาน และระยะเวลาในการดำเนินงานให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาเครื่อง catapult เพื่อใช้ในการทดลอง

➤ ขั้นสรุป

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5 ครูตรวจสอบความเรียบร้อยในการสร้างเครื่อง catapult ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม หากกลุ่มใดยังไม่เสร็จให้กลับไปทำต่อเป็นการบ้าน แล้วนำมาให้ครูตรวจสอบความเรียบร้อยอีกครั้งหนึ่ง

คาบที่ 3

➤ ขั้นนำ

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ครูอธิบายวิธีการทดลองเครื่อง catapult แก่นักเรียนทุกกลุ่ม โดยนักเรียนสามารถ

อ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากใบกิจกรรม : CATAPULT หน้า 13

➤ ขั้นสอน

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 40 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2 ครูสอนการใช้โปรแกรม Tracker และโปรแกรม Excel ในการสร้างกราฟพาราโบลา และหาสมการพาราโบลาที่ได้จากการทดลองให้นักเรียน ก่อนที่นักเรียนจะเริ่มทำการทดลอง

4.3 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มทำการแข่งขันทดลองยิงเครื่อง catapult เพื่อดูว่ากลุ่มไหนที่เครื่อง catapult สามารถยิงวัตถุให้ตกได้ในระยะทางที่ไกลที่สุด กลุ่มนั้นจะเป็นผู้ชนะ

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมขั้นที่ 4 ในการปฏิบัติกิจกรรม

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) : นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งขันทดลองยิงเครื่อง catapult เพื่อดูว่ากลุ่มไหนที่เครื่อง catapult สามารถยิงวัตถุให้ตกได้ในระยะทางที่ไกลที่สุด โดยแต่ละกลุ่มจะต้องเลือกผู้ยิง 1 คน ผู้ระบุตำแหน่ง 1 คน ผู้จับเวลา 1 คน และผู้ถ่ายวิดีโอระหว่างการทดลอง 1 คน จากนั้นให้ทำการทดลองซ้ำประมาณ 3 – 4 ครั้ง เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำที่สุด

4.4 เมื่อทดลองเสร็จแล้วครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองและตอบคำถามหลังการทดลองในใบกิจกรรม : CATAPULT หน้า 13 – 20

4.5 ครูให้นักเรียนใช้โปรแกรม Tracker และโปรแกรม Excel ในการสร้างกราฟพาราโบลาและหาสมการพาราโบลาที่ได้จากการทดลอง จากนั้นนำกราฟและสมการที่ได้ไปตอบคำถามในใบกิจกรรม : CATAPULT หน้า 15 – 20

➤ ขั้นสรุป

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.6 ครูมอบหมายงานให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม : CATAPULT เพื่อนำมาเสนอในคาบถัดไป และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม : CATAPULT ให้เสร็จเรียบร้อยเพื่อนำมาส่งครูหลังการนำเสนอเสร็จ

คาบที่ 4

คาบนี้ใช้เวลาประมาณ 50 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในคาบนี้นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมขั้นที่ 5 ในการปฏิบัติกิจกรรม

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) : นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม : CATAPULT โดยให้เวลากลุ่มละ 10 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการนำเสนอครูมอบรางวัลให้กับกลุ่มที่ชนะการทดลอง

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในกิจกรรมนี้ มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
- นำความรู้เรื่องพาราโบลาและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปใช้แก้ปัญหาในใบกิจกรรม : CATAPULT ได้	<u>วิธีวัดผล :</u> พิจารณาจาก “ความถูกต้องและความชัดเจนของการตอบคำถาม” ในใบกิจกรรม : CATAPULT <u>เครื่องมือวัดผล :</u> คำถามในใบกิจกรรม : CATAPULT หน้า 1, 2, 13, 14, 19	<u>เกณฑ์การให้คะแนน :</u> ในแต่ละข้อคำถาม ถ้า นักเรียน ตอบได้ถูกต้อง จะได้ คะแนน 1 คะแนน ถ้า นักเรียน ตอบไม่ถูกต้อง จะได้ คะแนน 0 คะแนน <u>เกณฑ์การประเมินผล :</u> ถ้า นักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 ใน 2 ของคะแนนเต็ม ถือว่าผ่าน
- ใช้โปรแกรม Excel และโปรแกรม Tracker ในการสร้างกราฟพาราโบลาและหาสมการพาราโบลาที่ได้จากการทดลอง	<u>วิธีวัดผล :</u> พิจารณาจาก “ความถูกต้องของกราฟพาราโบลาและสมการพาราโบลา” ในใบกิจกรรม : CATAPULT <u>เครื่องมือวัดผล :</u> คำถามในใบกิจกรรม : CATAPULT หน้า 2, 15 – 18, 20	<u>เกณฑ์การให้คะแนน :</u> ในแต่ละข้อคำถาม ถ้า นักเรียน ตอบได้ถูกต้อง จะได้ คะแนน 1 คะแนน ถ้า นักเรียน ตอบไม่ถูกต้อง จะได้ คะแนน 0 คะแนน <u>เกณฑ์การประเมินผล :</u> ถ้า นักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 ใน 2 ของคะแนนเต็ม ถือว่าผ่าน

เกณฑ์การให้คะแนนการออกแบบและสร้างชิ้นงาน กิจกรรม : CATAPULT (เต็ม 100 คะแนน)

จุดประสงค์ของกิจกรรม : เพื่อให้นักเรียน

- ออกแบบและสร้างเครื่อง catapult โดยใช้แนวคิดของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

วิธีวัดผล : พิจารณาจาก “ความถูกต้องและชัดเจนของขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่อง catapult” ในใบกิจกรรม : CATAPULT หัวข้อ CATAPULT

DESIGN และเครื่อง catapult ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างเสร็จ

เครื่องมือวัดผล : ใบกิจกรรม : CATAPULT หัวข้อ CATAPULT DESIGN และเครื่อง catapult ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างเสร็จ

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน				
	0 คะแนน	5 คะแนน	10 คะแนน	15 คะแนน	20 คะแนน
การใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ กระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรม	ไม่มีร่องรอย (ข้อความ ในใบกิจกรรม) ของการ ใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม	มีร่องรอยการใช้หลัก การทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออก แบบทางวิศวกรรม แต่ เป็นการใช้ในประเด็นที่ ไม่สำคัญกับการพัฒนา ชิ้นงาน และยังมีความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อน	มีการใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม ในประเด็นที่สำคัญกับ การพัฒนาชิ้นงาน แต่ยังมีความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อน	มีการใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม ในประเด็นที่สำคัญกับ การพัฒนาชิ้นงาน และ มีความเข้าใจที่ถูกต้อง แต่ยังขาดการพิจารณา ในรายละเอียด	มีการใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม ในประเด็นที่สำคัญกับ การพัฒนาชิ้นงาน และ มีความเข้าใจที่ถูกต้อง พร้อมมีการพิจารณาใน รายละเอียด

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน				
ความสำเร็จของงาน	0 คะแนน	5 คะแนน	10 คะแนน	15 คะแนน	20 คะแนน
	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	สามารถทำงานสำเร็จ แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด และใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จ แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด โดยใช้เวลามากกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานสำเร็จ และเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด แต่ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานสำเร็จ และเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด ภายในเวลาที่กำหนด
ประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์	0 คะแนน	5 คะแนน	10 คะแนน	15 คะแนน	คะแนนพิเศษ
	ไม่มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน และดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ แต่ไม่มีการวิเคราะห์ผลและนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการพัฒนาชิ้นงาน	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน และดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพได้ และมีการวิเคราะห์ผล แต่ไม่ได้นำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการพัฒนาชิ้นงาน	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน และดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพได้ มีการวิเคราะห์ผล และนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการพัฒนาชิ้นงาน	ภายใต้เวลาที่กำหนด เท่ากัน กลุ่มที่สามารถสร้างเครื่อง catapult ให้สามารถยิงวัตถุให้ตกได้ในระยะทางที่ไกลที่สุด 3 ลำดับแรก จะได้รับคะแนนพิเศษ 30 20 และ 10 คะแนนตามลำดับ

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน			
	0 คะแนน	5 คะแนน	10 คะแนน	15 คะแนน
การวางแผนและการทำงานร่วมกัน	- ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผน ระดมความคิด และอภิปรายของกลุ่ม - ไม่มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบของสมาชิกภายในกลุ่ม - มีบางคนไม่มีส่วนร่วมในกระบวนการทำงาน	- มีการระดมความคิด อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน - ไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน แต่มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ - มีบางคนไม่มีส่วนร่วมในการพัฒนาชิ้นงาน	- มีการระดมความคิด อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน - ไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน แต่มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ - ทุกคนมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน	- มีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน ในประเด็นปัญหาที่พบ - มีการประชุมเพื่อวางแผนการทำงาน และมีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ - ทุกคนมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน
ความคิดสร้างสรรค์	0 คะแนน ลอกเลียนแบบจากผลงานหรือแนวคิดของผู้อื่นทั้งหมด โดยไม่มีการอ้างอิงถึงหรือให้เครดิตกับเจ้าของผลงานต้นแบบ	5 คะแนน ใช้แนวคิดที่มีในแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยมีการให้เครดิตกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการปรับปรุงหรือพัฒนาขึ้นจากแนวคิดต้นแบบ	10 คะแนน มีการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานขึ้นจากแนวคิดต้นแบบ และมีการให้เครดิตกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	15 คะแนน ใช้จินตนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ในการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้นจากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้เครดิตกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง

อ้างอิงจาก : สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (มกราคม – กุมภาพันธ์, 2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท., 43, หน้า 14 – 17.

Buck Institute For Education. (2015). Rubrics. Retrieved from <http://bie.org/objects/cat/rubrics>.

เกณฑ์การให้คะแนนการสื่อสารและการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม : CATAPULT (เต็ม 36 คะแนน)

จุดประสงค์ของกิจกรรม : เพื่อให้นักเรียน

- สื่อสารและนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม : CATAPULT

วิธีวัดผล : พิจารณาจาก “ความถูกต้องและชัดเจนของการสื่อสารและการนำเสนอ” ผลการปฏิบัติกิจกรรม : CATAPULT

เครื่องมือวัดผล : วิธีการสื่อสารและการนำเสนอของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน				
	0 คะแนน	1 คะแนน	3 คะแนน	5 คะแนน	8 คะแนน
การบรรยาย	- บรรยายถึงข้อมูลหลักการ ผลการทดสอบ กราฟ ฯลฯ และอธิบายให้เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน ผู้ฟังไม่สามารถติดตามและเข้าใจได้	- บรรยายถึงข้อมูลหลักการ ผลการทดสอบ กราฟ ฯลฯ และอธิบายให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน กระชับ สอดคล้องกัน ผู้ฟังสามารถติดตามและเข้าใจได้บ้าง - ใช้ความเร็วในการพูดที่ช้าหรือเร็วเกินไป และมีการใช้คำควบกล้ำไม่ถูกต้อง	- บรรยายถึงข้อมูลหลักการ ผลการทดสอบ กราฟ ฯลฯ และอธิบายให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน กระชับ สอดคล้องกัน ผู้ฟังสามารถติดตามและเข้าใจได้เป็นส่วนใหญ่ - ใช้ความเร็วในการพูดที่ช้าหรือเร็วเกินไป และมีการใช้คำควบกล้ำไม่ถูกต้อง	- บรรยายถึงข้อมูลหลักการ ผลการทดสอบ กราฟ ฯลฯ และอธิบายให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน กระชับ สอดคล้องกัน ผู้ฟังสามารถติดตามและเข้าใจได้ง่ายทั้งหมด - ใช้ความเร็วในการพูดที่พอดี ไม่ช้าหรือเร็วเกินไป แต่มีการใช้คำควบกล้ำไม่ถูกต้อง	- บรรยายถึงข้อมูลหลักการ ผลการทดสอบ กราฟ ฯลฯ และอธิบายให้เหตุผลประกอบอย่างชัดเจน กระชับ สอดคล้องกัน ผู้ฟังสามารถติดตามและเข้าใจได้ง่ายทั้งหมด - ใช้ความเร็วในการพูดที่พอดี ไม่ช้าหรือเร็วเกินไป และมีการใช้คำควบกล้ำได้ถูกต้อง

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน				
	0 คะแนน	1 คะแนน	3 คะแนน	5 คะแนน	8 คะแนน
สื่อที่ใช้ในการนำเสนอ	- แสดงข้อมูลและสื่อประกอบต่าง ๆ ได้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา ผู้ฟังไม่สามารถเข้าใจได้	- แสดงข้อมูลและสื่อประกอบต่าง ๆ เช่น ภาพ กราฟ คลิปวิดีโอ ทัศน ได้สอดคล้องกับเนื้อหา และส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาได้บ้าง - สื่อต่าง ๆ หลายสื่อไม่มีความชัดเจน ผู้ฟังไม่สามารถเข้าใจได้ - การนำเสนอสื่อต่างๆ มีการขัดข้องหลายครั้ง	- แสดงข้อมูลและสื่อประกอบต่าง ๆ เช่น ภาพ กราฟ คลิปวิดีโอ ทัศน ได้สอดคล้องกับเนื้อหา และส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาส่วนใหญ่ - สื่อต่าง ๆ บางสื่อไม่มีความชัดเจน ผู้ฟังไม่สามารถเข้าใจได้ - การนำเสนอสื่อต่างๆ มีการขัดข้องบ้าง	- แสดงข้อมูลและสื่อประกอบต่าง ๆ เช่น ภาพ กราฟ คลิปวิดีโอ ทัศน ได้สอดคล้องกับเนื้อหา และส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาทั้งหมด - สื่อต่าง ๆ มีความชัดเจน ผู้ฟังสามารถเข้าใจได้ - การนำเสนอสื่อต่างๆ มีการขัดข้องบ้าง	- แสดงข้อมูลและสื่อประกอบต่าง ๆ เช่น ภาพ กราฟ คลิปวิดีโอ ทัศน ได้สอดคล้องกับเนื้อหา และส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาทั้งหมด - สื่อต่าง ๆ มีความชัดเจน ผู้ฟังสามารถเข้าใจได้ - การนำเสนอสื่อต่างๆ เป็นไปอย่างราบรื่นไม่ติดขัด

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน			
	0 คะแนน	1 คะแนน	3 คะแนน	5 คะแนน
เนื้อหา	- มีเนื้อหาไม่ครบทุกหัวข้อที่จำเป็นในการนำเสนอ - ภาพ คลิป หรือข้อความที่นำมาใช้ไม่มีการอ้างอิงที่มา	- มีเนื้อหาของหัวข้อที่จำเป็นในการนำเสนอครบทุกหัวข้อ - มีการเรียงลำดับเนื้อหาที่สับสน ผู้ฟังไม่สามารถติดตามและเข้าใจได้ทั้งหมด - ภาพ คลิป หรือข้อความที่นำมาใช้ไม่มีการอ้างอิงที่มาบางชิ้น	- มีเนื้อหาของหัวข้อที่จำเป็นในการนำเสนอครบทุกหัวข้อ - มีการเรียงลำดับเนื้อหาที่ผู้ฟังสามารถติดตามและเข้าใจได้ง่าย - ภาพ คลิป หรือข้อความที่นำมาใช้ไม่มีการอ้างอิงที่มาบางชิ้น	- มีเนื้อหาของหัวข้อที่จำเป็นในการนำเสนอครบทุกหัวข้อ - มีการเรียงลำดับเนื้อหาที่ผู้ฟังสามารถติดตามและเข้าใจได้ง่าย - ภาพ คลิป หรือข้อความที่นำมาใช้มีการอ้างอิงที่มาถูกต้องทั้งหมด
บุคลิกภาพและการแสดงออก	0 คะแนน - มีการอ่านสไลด์หรือเอกสารตลอดช่วงการนำเสนอ	1 คะแนน - มีการสบตาผู้ฟัง แต่มีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ่อยครั้ง - ใช้มือและท่าทางไม่เหมาะสมหรือบุคลิกไม่มีความมั่นใจหรือแต่งกายไม่สุภาพเรียบร้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง	3 คะแนน - มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางไม่เหมาะสมหรือบุคลิกไม่มีความมั่นใจหรือแต่งกายไม่สุภาพเรียบร้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง	5 คะแนน - มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางได้เหมาะสม บุคลิกมีความมั่นใจ แต่งกายสุภาพเรียบร้อย

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน			
	0 คะแนน	2 คะแนน	6 คะแนน	10 คะแนน
การควบคุมเวลา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)	นำเสนอได้น้อยกว่าหรือเกิน เวลาที่กำหนดมากกว่า 10 นาที	นำเสนอได้น้อยกว่าหรือเกิน เวลาที่กำหนดมากกว่า 5 นาที	นำเสนอได้เกินเวลาที่กำหนด เล็กน้อย	นำเสนอได้ภายในเวลาที่ กำหนด

อ้างอิงจาก : Buck Institute For Education. (2015). Rubrics. Retrieved from <http://bie.org/objects/cat/rubrics>.

บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา : กิจกรรม CATAPULT

ผลการสอน

ปัญหาและอุปสรรค

แนวทางแก้ไข

ลงชื่อ เปรียบฟ้า ตัวงุ่ม
ผู้สอน

ใบกิจกรรม : สำรวจพาราโบลา



1. ให้นักเรียนลากเส้นตรง L เส้นหนึ่งและกำหนดจุดหนึ่งที่จุดหนึ่งให้ชื่อว่า จุด F โดยที่จุด F ไม่อยู่บนเส้นตรง L

2. ปักหมุดตรงที่จุด F ผูกเส้นเชือกซึ่งยาวเท่ากับ AB โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดที่จุด A บนไม้ที่อีกปลายหนึ่งผูกติดที่จุด F เลื่อนไม้ที่ไปตามแนวเส้นตรง L แล้วใช้ดินสอหรือปากกาทำเส้นเชือกพาดตามแนวไม้

3. ให้นักเรียนพิจารณาจุดแต่ละจุดที่ได้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรกับจุด F และเส้นตรง L

.....

4. เมื่อเขียนจุดทั้งหมดในระนาบที่มีสมบัติเดียวกันนี้จะได้กราฟที่เรียกว่า

5. จากข้อ 4 นักเรียนคิดว่ากราฟดังกล่าวที่เรียกว่า คือ

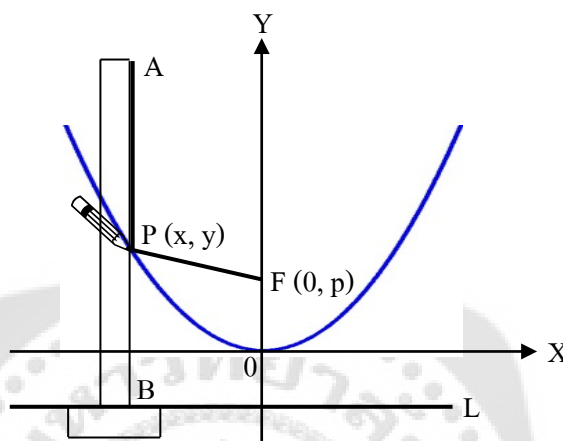
.....



เฉลยใบกิจกรรม : สำรวจพาราโบลา



- ให้นักเรียนลากเส้นตรง L เส้นหนึ่งและกำหนดจุดคงที่จุดหนึ่งให้ชื่อว่า จุด F โดยที่จุด F ไม่อยู่บนเส้นตรง L



- ปักหมุดตรงที่จุด F ผูกเส้นเชือกซึ่งยาวเท่ากับ AB โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดที่จุด A บนไม้ที่อีกปลายหนึ่งผูกติดที่จุด F เลื่อนไม้ที่ไปตามแนวเส้นตรง L แล้วใช้ดินสอหรือปากกาทำเส้นเชือกพาดตามแนวไม้
- ให้นักเรียนพิจารณาจุดแต่ละจุดที่ได้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรกับจุด F และเส้นตรง L
ตอบ จุดที่ได้แต่ละจุดอยู่ห่างจากจุด F และเส้นตรง L เป็นระยะทางเท่ากัน
- เมื่อเขียนจุดทั้งหมดในระนาบที่มีสมบัติเดียวกันนี้จะได้กราฟที่เรียกว่า พาราโบลา
- จากข้อ 4 นักเรียนคิดว่ากราฟดังกล่าวที่เรียกว่า พาราโบลา คือ เซตของจุด P ใด ๆ บนระนาบ ที่อยู่ห่างจากจุดที่ตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากับระยะทางที่จุด P นั้นห่างจากเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่ง จุดที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า โฟกัส และเส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่นี้เรียกว่า ไดเรกทริกซ์ ของพาราโบลา

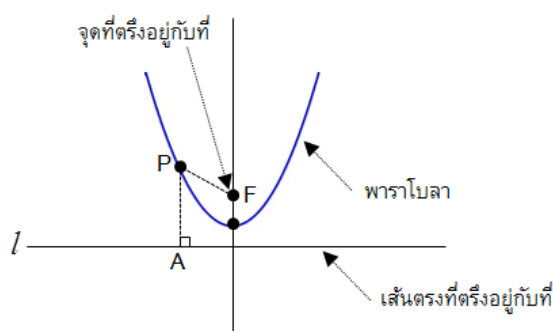


เอกสารแนะแนวทาง เรื่อง พาราโบลา



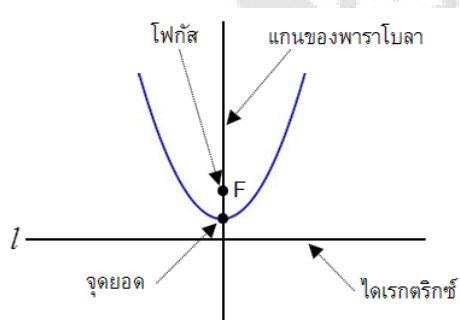
บทนิยาม พาราโบลา (parabola) คือ เซตของจุด P ใด ๆ บนระนาบที่อยู่ห่างจากจุดที่ตรึงอยู่ กับที่จุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากับระยะทางที่จุด P นั้นห่างจากเส้นตรงที่ตรึงอยู่ กับที่ เส้นหนึ่ง

จากบทนิยาม แสดงว่าถ้าจะหากราฟของพาราโบลาจะต้องมีจุดตรึงอยู่กับที่จุดหนึ่งและ เส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่เส้นหนึ่งขึ้นมาก่อน เช่น ให้ F เป็นจุดที่ตรึงอยู่กับที่และ l เป็นเส้นตรงที่ตรึง อยู่กับที่ ดังรูป



ดังนั้น ไม่ว่าจุด P จะอยู่ ณ ตำแหน่งใดบนกราฟ พาราโบลา จุด P จะต้องมีความยาวของเส้นตรงที่ตรึงอยู่ กับที่ เส้นหนึ่ง เท่ากับ ระยะทางที่จุด P นั้นห่างจากจุดที่ตรึงอยู่ กับที่ จุดหนึ่ง เสมอ คือ

เพื่อความสะดวก ในการกล่าวถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับกราฟพาราโบลา ขอให้นักเรียน ทำความรู้จักเกี่ยวกับชื่อขององค์ประกอบต่าง ๆ เสียก่อน



- ◆ จุดที่ตรึงอยู่กับที่ เรียกว่า
- ◆ เส้นตรงที่ตรึงอยู่กับที่ เรียกว่า
- ◆ เส้นตรงที่ผ่านโฟกัสและตั้งฉากกับไดเรกทริกซ์ เรียกว่า
- ◆ จุดที่กราฟของพาราโบลาตัดกับแกนของ พาราโบลา เรียกว่า

ทฤษฎีบท 1 ให้ $p > 0$

- (1) สมการของพาราโบลาที่มีโฟกัสที่ $(p, 0)$ และ $x = -p$ เป็นสมการของไดเรกทริกซ์ คือ $y^2 = 4px$
- (2) สมการของพาราโบลาที่มีโฟกัสที่ $(-p, 0)$ และ $x = p$ เป็นสมการของไดเรกทริกซ์ คือ $y^2 = -4px$

พาราโบลาที่มีแกนสมมาตรอยู่ในแนวนอน



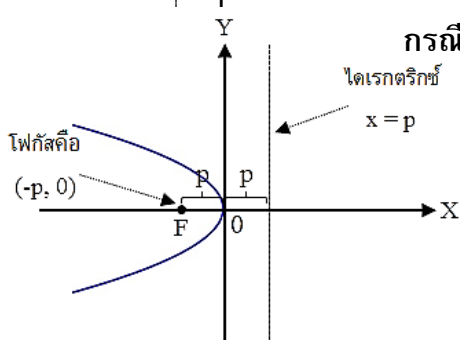
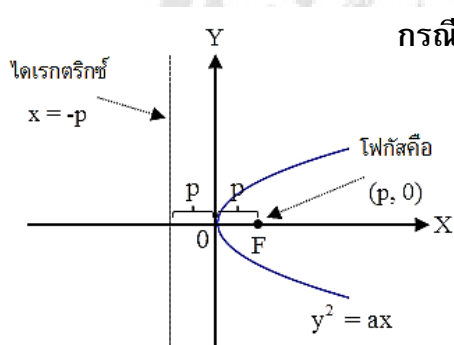
จากทฤษฎีบท 1 นักเรียนจะพบว่า เรามีสมการของพาราโบลาอยู่ 2 แบบ คือ $y^2 = 4px$ และ $y^2 = -4px$ ซึ่งถ้านักเรียนสังเกตให้ดีแล้ว จะเห็นได้ว่าสมการทั้งสองนี้มีโครงสร้างเหมือนกัน และแตกต่างกันเฉพาะที่เครื่องหมาย + และ - เท่านั้น ดังนั้นสมการทั้งสองจะอยู่ในรูปของ $y^2 = ax$ เมื่อ a คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x และกราฟจะมีลักษณะใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าของ a ดังนี้

$y^2 = ax$ { ถ้า $a > 0$ กราฟจะเปิดทางขวา
ถ้า $a < 0$ กราฟจะเปิดทางซ้าย

ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ นั้น ขอให้ดูจากบทสรุปดังต่อไปนี้

1. สมการทั้งสองรูปแบบจะอยู่ในรูปของ $y^2 = ax$ โดยที่มีแกนสมมาตรอยู่บนแกน x และจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด $(0, 0)$

กราฟของสมการดังกล่าวจะมีลักษณะใดนั้น ขึ้นอยู่กับค่าของ a



2. เนื่องจากโฟกัสเป็นจุดบนแกน x ดังนั้นพาราโบลาทั้งสองรูปแบบจะมีแกน x เป็นแกนของพาราโบลา (แกน x ตั้งฉากกับไดเรกทริกซ์) ซึ่งอาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่ามีแกน x เป็นแกนสมมาตร
3. พาราโบลาทั้งสองรูปแบบจะมีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด $(0, 0)$
4. ค่า p ที่คำนวณได้จะเป็นจำนวนบวกเสมอ มองในแง่กราฟ p คือ ระยะทางจากจุดยอดถึงโฟกัส และ p คือ ระยะทางจากจุดยอดถึงไดเรกทริกซ์

ตัวอย่างที่ 1 จากสมการของพาราโบลา $y^2 = 16x$ จงหาโฟกัส สมการของไดเรกตริกซ์ พร้อมทั้งเขียนกราฟอย่างคร่าว ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 2 จากสมการของพาราโบลา $y^2 = -12x$ จงหาโฟกัส สมการของไดเรกตริกซ์ พร้อมทั้งเขียนกราฟอย่างคร่าว ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ทฤษฎีบท 2 ให้ $p > 0$

(1) สมการของพาราโบลาที่มีโฟกัสที่ $(0, p)$ และ

$y = -p$ เป็นสมการของไดเรกตริกซ์ คือ $x^2 = 4py$

(2) สมการของพาราโบลาที่มีโฟกัสที่ $(-p, 0)$ และ

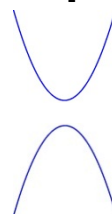
$y = p$ เป็นสมการของไดเรกตริกซ์ คือ $x^2 = -4py$

พาราโบลาที่มีแกนสมมาตรอยู่ในแนวตั้ง



สมการทั้งสองจะอยู่ในรูปของ $x^2 = ay$ และกราฟจะมีลักษณะใดขึ้นอยู่กับค่าของ a ดังนี้

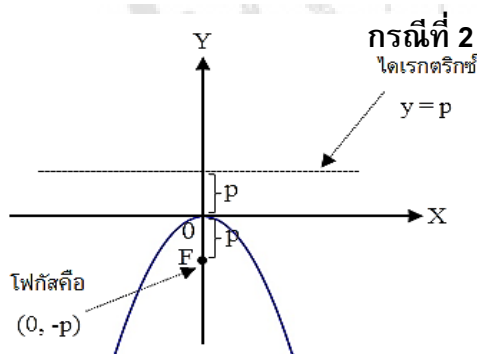
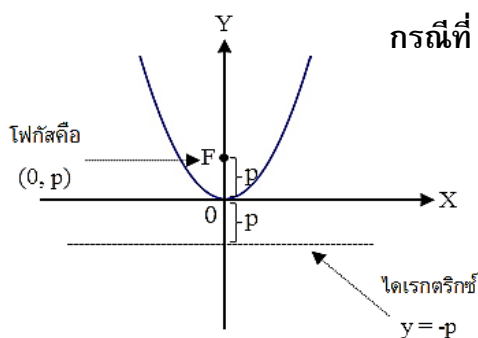
$x^2 = ay$ ถ้า $a > 0$ กราฟจะเปิดด้านบน
ถ้า $a < 0$ กราฟจะเปิดด้านล่าง



ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ นั้น ขอให้ดูจากบทสรุปดังต่อไปนี้

1. สมการทั้งสองรูปแบบจะอยู่ในรูปของ $x^2 = ay$ โดยมีแกนสมมาตรอยู่บนแกน y และมีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด $(0, 0)$

กราฟของสมการดังกล่าวจะมีลักษณะใดนั้น ขึ้นอยู่กับค่าของ a



2. เนื่องจากโฟกัสอยู่บนแกน y ดังนั้นพาราโบลาทั้งสองรูปแบบจะมีแกน y เป็นแกนของพาราโบลา (แกน y ตั้งฉากกับไดเรกทริกซ์) ซึ่งอาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่ามีแกน y เป็นแกนสมมาตร
3. พาราโบลาทั้งสองรูปแบบจะมีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด $(0, 0)$
4. ค่า p ที่คำนวณได้จะเป็นจำนวนบวกเสมอ มองในแง่กราฟ
 p คือ ระยะทางจากจุดยอดถึงโฟกัส
 p คือ ระยะทางจากจุดยอดถึงไดเรกทริกซ์

ตัวอย่างที่ 3 จงบรรยายลักษณะของกราฟ $x^2 = 12y$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 4 จงบรรยายลักษณะของกราฟ $x^2 = -8y$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 5 จงหาสมการของพาราโบลา ซึ่งมีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด แกน Y เป็นแกนของพาราโบลา และจุด (1, 3) เป็นจุดบนกราฟของพาราโบลา

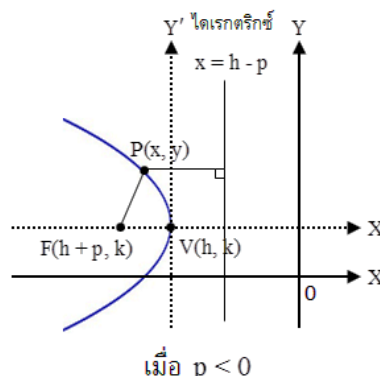
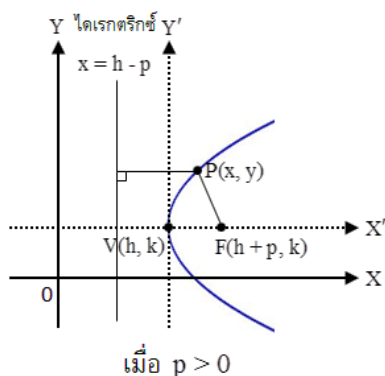
.....

.....

.....

.....

.....

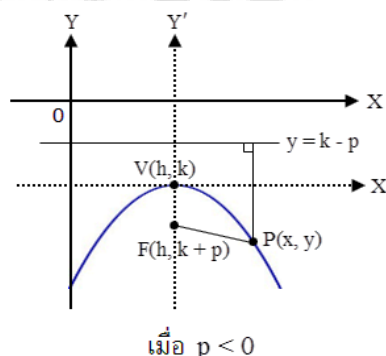
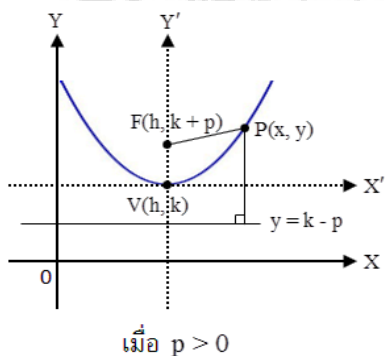


สมการพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่ (h, k) และมีปลายเปิดตามแกน X มีสมการรูปมาตรฐาน

คือ

$$(y - k)^2 = 4p(x - h)$$

1. ถ้า $p > 0$ ถ้า $p < 0$
2. แกนของพาราโบลานานกับแกน X และมีสมการคือ
3. โฟกัสอยู่ที่ 4. สมการเส้นไดเรกทริกซ์ คือ
5. เลตัสเรกตัมยาวเท่ากับ



สมการพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่ (h, k) และมีปลายเปิดตามแกน Y มีสมการรูปมาตรฐาน

คือ

$$(x - h)^2 = 4p(y - k)$$

1. ถ้า $p > 0$ ถ้า $p < 0$
2. แกนของพาราโบลานานกับแกน Y และมีสมการคือ
4. โฟกัสอยู่ที่ 4. สมการเส้นไดเรกทริกซ์ คือ
5. เลตัสเรกตัมยาวเท่ากับ

ตัวอย่างที่ 7 จงหารายละเอียดต่าง ๆ ของพาราโบลา

1) $(y - 2)^2 = -8(x + 3)$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) $(x - 4)^2 = 8(y - 3)$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 8 จงหาจุดยอด โฟกัส สมการของไดเรกทริกซ์ สมการของแกนพาราโบลา ความยาวของเลตัสเรกตัม จากสมการ

1) $y^2 - 6y - 4x + 13 = 0$

.....

.....

.....

.....

$$2) \quad x^2 - 12x + 4y + 52 = 0$$

จากตัวอย่างเกี่ยวกับพาราโบลาทั้งหมดที่กล่าวมา นักเรียนจะพบว่า ถ้าสมการของพาราโบลาอยู่ในรูป $(y - k)^2 = a(x - h)$ เราก็สามารถเขียนสมการดังกล่าวให้อยู่ในรูป $y^2 + Ay + Bx + C = 0$ หรือถ้าสมการของพาราโบลาอยู่ในรูป $(x - h)^2 = a(y - k)$ เราก็สามารถเขียนสมการดังกล่าวให้อยู่ในรูป $x^2 + Ax + By + C = 0$

ถ้าสมการของพาราโบลาอยู่ในรูปของ $y^2 + Ay + Bx + C = 0$ หรือ $x^2 + Ax + By + C = 0$ เราเรียกสมการดังกล่าวนี้ว่า **สมการทั่วไปของพาราโบลา** และเราสามารถสรุปลักษณะของพาราโบลาจากสมการดังกล่าวได้อย่างคร่าว ๆ ได้ดังนี้

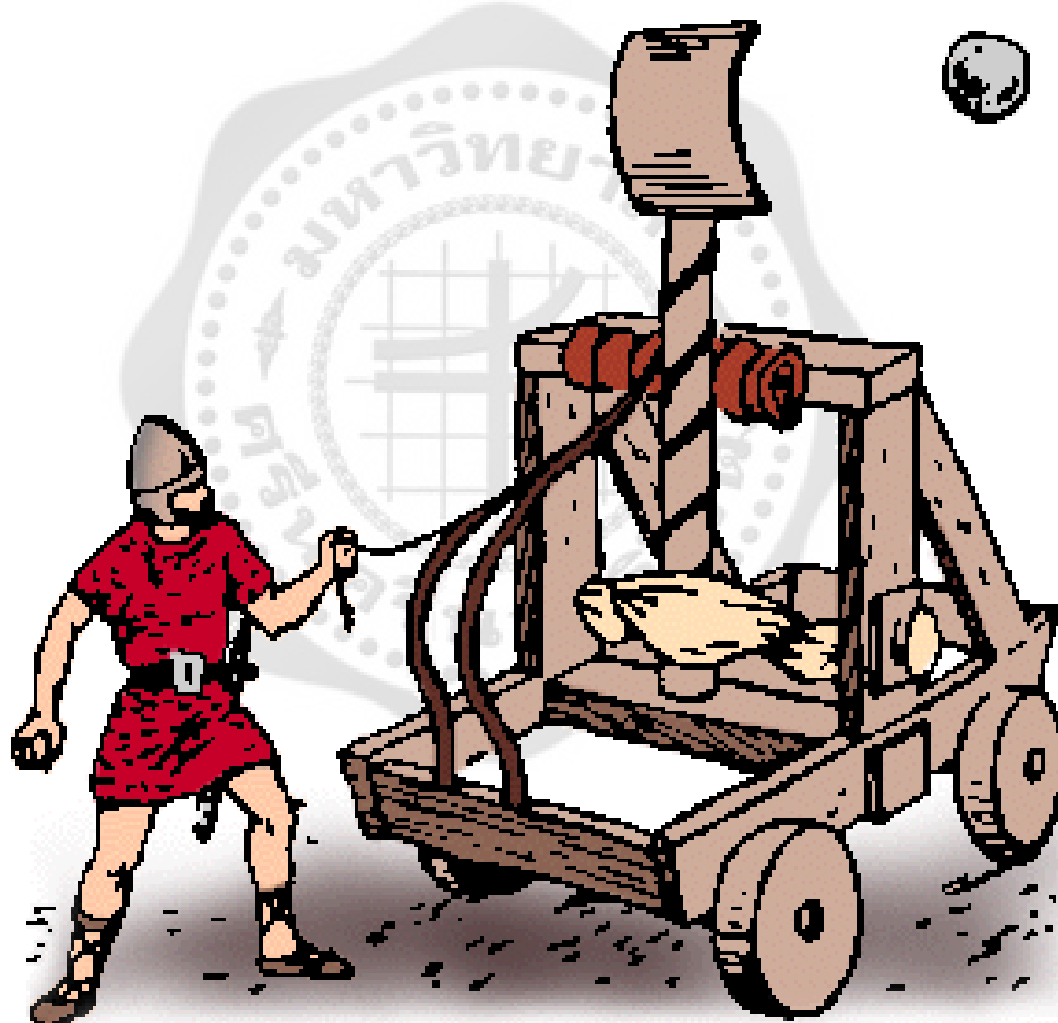
(1) ถ้าสมการของพาราโบลาอยู่ในรูปของ $y^2 + Ay + Bx + C = 0$ จะพบว่า เลขชี้กำลังสูงสุดของตัวแปร y เท่ากับ 2 และเลขชี้กำลังสูงสุดของตัวแปร x เท่ากับ 1 ในลักษณะเช่นนี้กราฟของพาราโบลาจะมีลักษณะเปิดทางด้านขวาหรือด้านซ้าย (แกนของพาราโบลานานกับแกน X)

(2) ถ้าสมการของพาราโบลาอยู่ในรูปของ $x^2 + Ax + By + C = 0$ จะพบว่า เลขชี้กำลังสูงสุดของตัวแปร x เท่ากับ 2 และเลขชี้กำลังสูงสุดของตัวแปร y เท่ากับ 1 ในลักษณะเช่นนี้กราฟของพาราโบลาจะมีลักษณะเปิดทางด้านบนหรือเปิดด้านล่าง (แกนของพาราโบลานานกับแกน Y)

ตัวอย่างที่ 9 จงหาสมการของพาราโบลา ซึ่งแกนของพาราโบลานานกับแกน Y และกราฟของพาราโบลาผ่านจุด $(0, 1)$, $(2, 5)$ และ $(3, 4)$



CATAPULT



WEAPON'S TEST



ในประวัติศาสตร์เครื่องโยนและเครื่องดีด เช่น catapult และ trebuchet เป็นอาวุธประเภทหนึ่งที่มีความนิยมมากในการทำสงครามช่วงสมัยกรีก – โรมัน ต่อมาอาวุธที่ใช้ในการทำสงครามได้พัฒนาไปเป็นเครื่องยิง เช่น cannon culverin และ bombard เมื่ออาวุธเหล่านี้ถูกโยนหรือยิงการเคลื่อนที่ของอาวุธจะอยู่ในรูปพาราโบลาซึ่งเป็นตัวแบบในรูปสมการกำลังสอง ถ้าทหารจะทำสงครามและพวกเขาต้องเลือกอาวุธที่สามารถทำลายและผ่านกำแพงปราสาทที่สูง 8 เมตร และมีระยะห่างออกไป 22 เมตร หากนักเรียนเป็นทหารนักเรียนคิดว่าอาวุธที่กำหนดให้ในตารางด้านล่างชนิดใด สามารถยิงผ่านกำแพงปราสาทนี้ได้

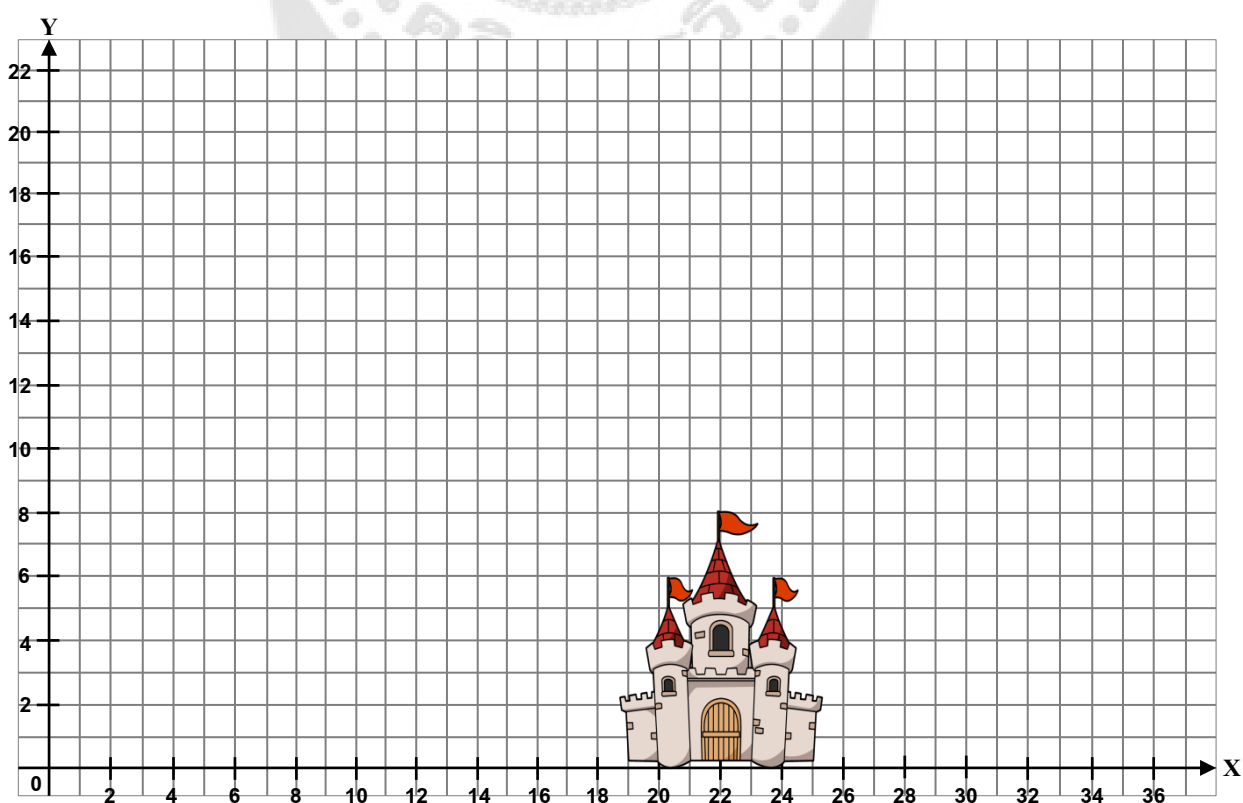
จงใช้สมการพาราโบลาที่กำหนดให้หาระยะทางและความสูงของอาวุธที่ถูกยิงออกไป พร้อมทั้งพิจารณาว่าอาวุธชนิดใดสามารถผ่านกำแพงปราสาทได้และวาดกราฟประกอบการเคลื่อนที่ของอาวุธแต่ละชนิด

ให้ x แทน ระยะทางที่อาวุธถูกยิงออกไป
 y แทน ความสูงของอาวุธที่ถูกยิงออกไป

อาวุธ	สมการพาราโบลา	จุดยอดของ สมการ พาราโบลา	ระยะทางที่ สอดคล้องกับ สมการพาราโบลา
ธนู (BOW)	$y = -0.09(x - 12)^2 + 13$		
หอก (SPEAR)	$y = -0.18x^2 + 3.6x$		
เครื่องยิงก้อนหิน (CATAPULT)	$y = -0.034(x - 18)^2 + 11$		
แถบหรือเชือกใช้ยิง ก้อนหิน (SLING)	$y = -0.35x^2 + 3.5x$		
ปืนใหญ่ขนาดกลาง (CULVERIN)	$y - 7.5 = -0.06(x - 11)^2$		
ปืนใหญ่ใช้ยิงถล่ม กำแพง (BOMBARD)	$y = -0.057(x - 19)^2 + 20.5$		

อาวุธ	สมการพาราโบลา	ระยะทางที่ไกลที่สุด	ระยะที่สูงที่สุด	ผ่านกำแพงปราสาทได้หรือไม่
ธนู (BOW)	$y = -0.09(x-12)^2 + 13$			
หอก (SPEAR)	$y = -0.18x^2 + 3.6x$			
เครื่องยิงก้อนหิน (CATAPULT)	$y = -0.034(x-18)^2 + 11$			
แถบหรือเชือกใช้ยิงก้อนหิน (SLING)	$y = -0.35x^2 + 3.5x$			
ปืนใหญ่ขนาดกลาง (CULVERIN)	$y - 7.5 = -0.06(x-11)^2$			
ปืนใหญ่ใช้ยิงถล่มกำแพง (BOMBARD)	$y = -0.057(x-19)^2 + 20.5$			

จงวาดกราฟแสดงการเคลื่อนที่ของอาวุธแต่ละชนิดว่าสามารถผ่านกำแพงปราสาทได้หรือไม่



KEY : WEAPON'S TEST



ในประวัติศาสตร์เครื่องโยนและเครื่องดีด เช่น catapult และ trebuchet เป็นอาวุธประเภทหนึ่งที่มีความนิยมมากในการทำสงครามช่วงสมัยกรีก – โรมัน ต่อมาอาวุธที่ใช้ในการทำสงครามได้พัฒนาไปเป็นเครื่องยิง เช่น cannon culverin และ bombard เมื่ออาวุธเหล่านี้ถูกโยนหรือยิงการเคลื่อนที่ของอาวุธจะอยู่ในรูปพาราโบลาซึ่งเป็นตัวแบบในรูปสมการกำลังสอง ถ้าทหารจะทำสงครามและพวกเขาต้องเลือกอาวุธที่สามารถทำลายและผ่านกำแพงปราสาทที่สูง 8 เมตร และมีระยะห่างออกไป 22 เมตร หากนักเรียนเป็นทหารนักเรียนคิดว่าอาวุธที่กำหนดให้ในตารางด้านล่างชนิดใด สามารถยิงผ่านกำแพงปราสาทนี้ได้

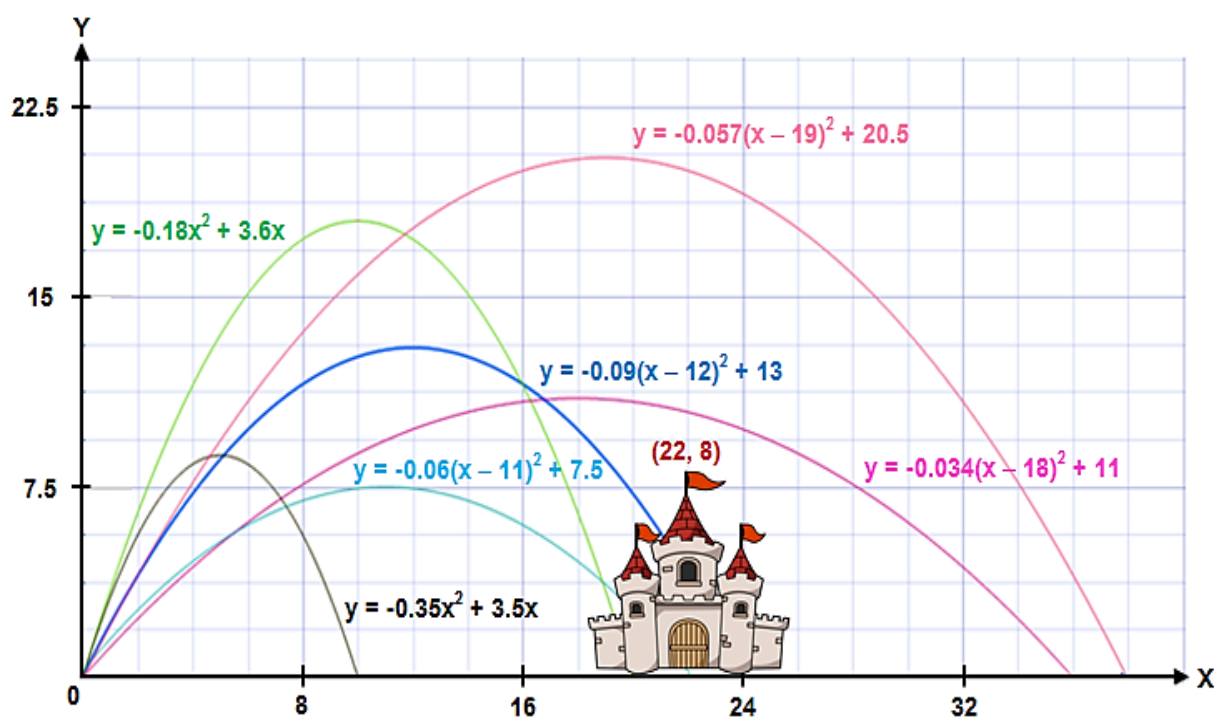
จงใช้สมการพาราโบลาที่กำหนดให้หาระยะทางและความสูงของอาวุธที่ถูกยิงออกไป พร้อมทั้งพิจารณาว่าอาวุธชนิดใดสามารถผ่านกำแพงปราสาทได้และวาดกราฟประกอบการเคลื่อนที่ของอาวุธแต่ละชนิด

ให้ x แทน ระยะทางที่อาวุธถูกยิงออกไป
 y แทน ความสูงของอาวุธที่ถูกยิงออกไป

อาวุธ	สมการพาราโบลา	จุดยอดของ สมการ พาราโบลา	ระยะทางที่ สอดคล้องกับ สมการพาราโบลา
ธนู (BOW)	$y = -0.09(x-12)^2 + 13$	(12, 13)	$x = 0$ และ $x = 24$
หอก (SPEAR)	$y = -0.18x^2 + 3.6x$	(10, 18)	$x = 0$ และ $x = 20$
เครื่องยิงก้อนหิน (CATAPULT)	$y = -0.034(x-18)^2 + 11$	(18, 11)	$x = 0$ และ $x = 36$
แถบหรือเชือกใช้ยิง ก้อนหิน (SLING)	$y = -0.35x^2 + 3.5x$	(5, 8.75)	$x = 0$ และ $x = 10$
ปืนใหญ่ขนาดกลาง (CULVERIN)	$y - 7.5 = -0.06(x-11)^2$	(11, 7.5)	$x = 0$ และ $x = 22$
ปืนใหญ่ใช้ยิงถล่ม กำแพง (BOMBARD)	$y = -0.057(x-19)^2 + 20.5$	(19, 20.5)	$x = 0$ และ $x = 38$

อาวุธ	สมการพาราโบลา	ระยะทางที่ไกลที่สุด	ระยะที่สูงที่สุด	ผ่านกำแพงปราสาทได้หรือไม่
ธนู (BOW)	$y = -0.09(x-12)^2 + 13$	24 เมตร	13 เมตร	ไม่ได้
หอก (SPEAR)	$y = -0.18x^2 + 3.6x$	20 เมตร	18 เมตร	ไม่ได้
เครื่องยิงก้อนหิน (CATAPULT)	$y = -0.034(x-18)^2 + 11$	36 เมตร	11 เมตร	ได้
แถบหรือเชือกใช้ยิงก้อนหิน (SLING)	$y = -0.35x^2 + 3.5x$	10 เมตร	8.75 เมตร	ไม่ได้
ปืนใหญ่ขนาดกลาง (CULVERIN)	$y - 7.5 = -0.06(x-11)^2$	22 เมตร	7.5 เมตร	ไม่ได้
ปืนใหญ่ใช้ยิงถล่มกำแพง (BOMBARD)	$y = -0.057(x-19)^2 + 20.5$	38 เมตร	20.5 เมตร	ได้

จงวาดกราฟแสดงการเคลื่อนที่ของอาวุธแต่ละชนิดว่าสามารถข้ามผ่านกำแพงปราสาทได้หรือไม่



PHYSICS OF CATAPULT



การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile Motion)

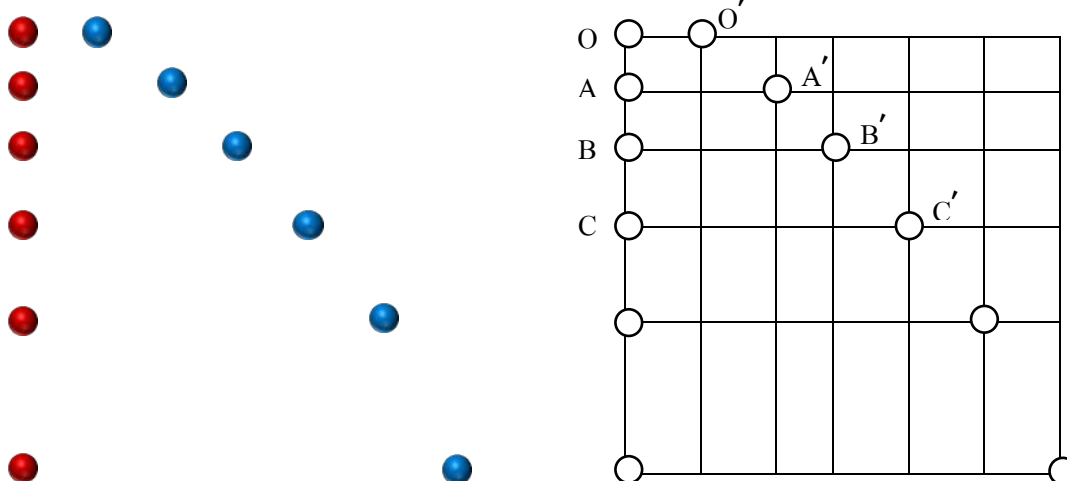
ถ้าพิจารณาเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกเหล็กที่ทุ่มโดยนักกีฬาทุ่มน้ำหนักหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกบาสเก็ตบอลจะพบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่นั้นเป็นแนวโค้งแบบพาราโบลา ถ้าไม่มีแรงต้านของอากาศหรือแรงต้านทานมีผลน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด จะเรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า **การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile Motion)** และเรียกวัตถุที่เคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าวนี้ว่า **โพรเจกไทล์ (Projectile)**



รูปที่ 1 การเล่นกีฬาบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ คือการเคลื่อนที่ในแนวระดับและในแนวตั้งพร้อมกัน โดยที่แนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงดึงดูดของโลก ส่วนในแนวระดับเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

การศึกษาปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ทำโดยการปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระพร้อมกับติดวัตถุอีกอันหนึ่งซึ่งเหมือนวัตถุแรกทุกประการออกไปในแนวระดับจากจุดเดียวกันซึ่งอยู่สูงจากพื้นระยะหนึ่งแล้วบันทึกภาพอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่เริ่มเคลื่อนที่ ดังรูป

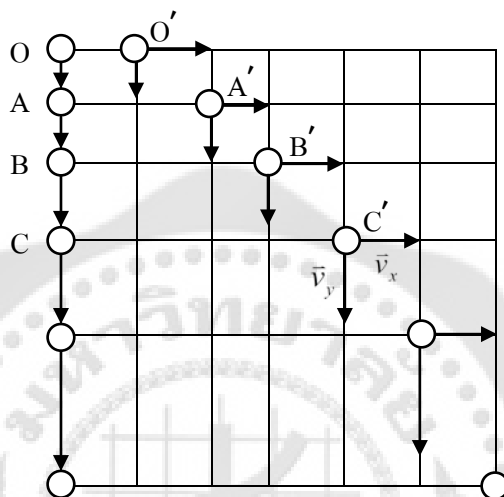


รูปที่ 2 ซ้าย : การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกในแนวตั้งและถูกติดในแนวระดับพร้อมกัน

ขวา : การกระจัดในแนวตั้งและการกระจัดในแนวระดับที่วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ได้

จากรูปที่ 2 กำหนดให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตั้งจาก O ถึง A จาก A ถึง B และจาก B ถึง C ใช้เวลาเท่ากัน ในทำนองเดียวกันวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวโค้งจะเคลื่อนที่จาก O' ถึง A' จาก A' ถึง B' และจาก B' ถึง C' โดยใช้เวลาเท่ากัน

การศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบเสรี ที่ตำแหน่ง A กับ A' หรือ B กับ B' หรือ C กับ C' วัตถุมีความเร็วในแนวตั้งเท่ากัน สำหรับวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์นั้น ที่ตำแหน่ง A' B' หรือ C' วัตถุมีความเร็วตามแนวระดับคงตัวและเท่ากันด้วย



รูปที่ 3 ความเร็วของวัตถุที่ตกในแนวตั้งและวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

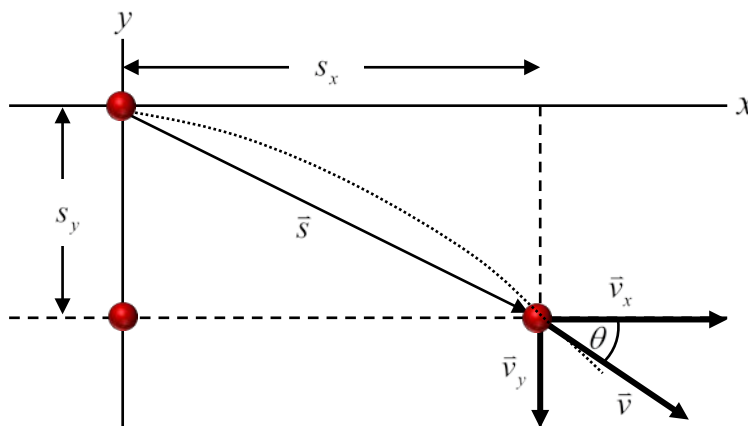
จะเห็นได้ว่า วัตถุที่เคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ทั้งในแนวระดับและแนวตั้งพร้อม ๆ กันและเป็นอิสระต่อกัน การเคลื่อนที่ในแนวระดับจะเหมือนกับการเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วคงตัว (ความเร่งเป็นศูนย์) ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งจะเหมือนกับการตกแบบเสรีด้วยความเร่งคงตัว การที่มีการเคลื่อนที่ทั้งสองแนวนี้นี้ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งได้

1. การเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวตั้งของการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์จะแยกพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวระดับและการเคลื่อนที่ในแนวตั้งออกจากกัน แล้วจึงนำมาพิจารณารวมกันเพื่อหาความเร็วลัพธ์หรือการกระจัดลัพธ์ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ดังนี้

การเคลื่อนที่ในแนวระดับ

วัตถุซึ่งถูกขว้างออกไปในแนวระดับจะมีความเร็วในแนวระดับคงตัว ($u_x = v_x$) เพราะว่ามีแรงลัพธ์ในแนวระดับที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ โดยถือว่าแรงต้านของอากาศมีค่าน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด



รูปที่ 4 วัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยเริ่มจากจุดกำเนิดของแกนอ้างอิง xy

*** การกำหนดเครื่องหมายของปริมาณในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ กำหนดให้ปริมาณที่มีทิศไปทางขวามีเครื่องหมาย + ส่วนปริมาณที่มีทิศทางลง ได้แก่ การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง มีเครื่องหมาย -

จากรูปที่ 4 ให้แกน x เป็นแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวระดับ
 s_x คือ การกระจัดของวัตถุในแนวระดับ
 u_x คือ ความเร็วของวัตถุในแนวระดับซึ่งมีค่าคงตัว
 การกระจัดของวัตถุในแนวระดับในช่วงเวลา t ได้จากสมการ

$$s_x = u_x t$$

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจกไทล์ในแนวดิ่งจะเหมือนกับการปล่อยวัตถุตกแบบเสรี คือมีความเร็วต้นเป็นศูนย์และมีความเร่งคงตัว a_y ที่มีค่าเท่ากับความเร่งโน้มถ่วง g ซึ่งมีทิศทางลง

จากรูปที่ 4 ให้แกน y เป็นแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวดิ่ง

v_y คือ ความเร็วในแนวดิ่ง จะหา v_y ที่เวลา t ได้จากสมการ

$$v_y = u_y + a_y t$$

ในที่นี้ $u_y = 0$ และ $a_y = -g = -9.8 \text{ m/s}^2$

ดังนั้น $v_y = -gt$

s_y คือ การกระจัดในแนวดิ่ง เมื่อเวลาผ่านไป t จะหา s_y ได้จากสมการ

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

ดังนั้น $s_y = -\frac{1}{2} g t^2$

สมการการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

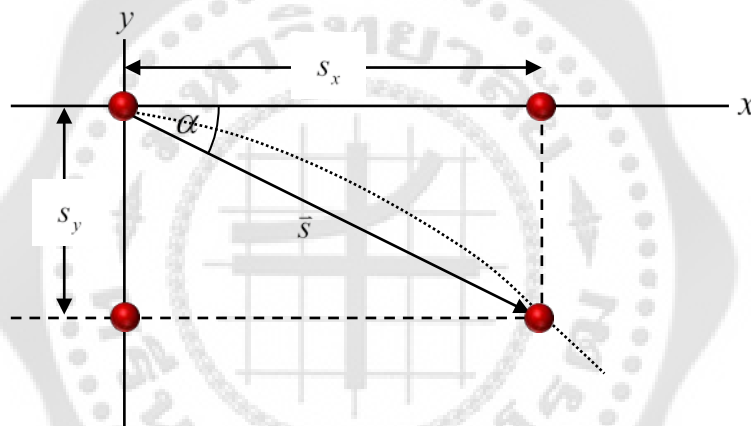
$$\vec{v}_y = \vec{u}_y + \vec{g}t$$

$$v_y^2 = u_y^2 + 2g\bar{s}_y$$

$$\bar{s}_y = \vec{u}_y t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

2. การกระจัดและความเร็วของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์มีการเคลื่อนที่ทั้งในแนวระดับและแนวดิ่งพร้อมกัน ซึ่งสามารถหาขนาดของการกระจัดและขนาดของความเร็วในแนวดิ่งและแนวระดับแยกจากกัน แล้วนำมาคิดรวมกันในภายหลังเพื่อหาการกระจัดขณะหนึ่งและความเร็วขณะหนึ่งของวัตถุ ดังนี้



รูปที่ 5 การกระจัดของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

ถ้าให้ s_x คือ การกระจัดในแนวระดับของวัตถุวัดจากจุดเริ่มต้น

s_y คือ การกระจัดในแนวดิ่งของวัตถุวัดจากจุดเริ่มต้น

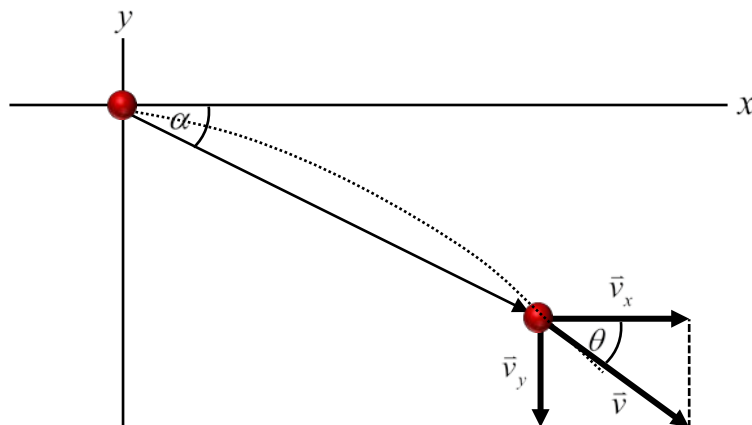
s คือ การกระจัดลัพธ์ของวัตถุซึ่งวัดจากจุดเริ่มต้น

ดังนั้น

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

สำหรับทิศทางของการกระจัดของวัตถุ ถ้าให้มุมที่การกระจัดทำกับแนวแกน $+x$ มีค่า α จะหาได้จาก

$$\tan \theta = \frac{s_y}{s_x}$$



รูปที่ 6 ความเร็วขณะหนึ่งของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

ความเร็วขณะหนึ่งของการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์จะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นโค้งพาราโบลา ซึ่งหาได้เช่นเดียวกับการหาค่าดิฟเฟอเรนเชียล จะได้
ขนาดของความเร็ว หาได้จาก

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

ทิศทางของความเร็ว หาได้จาก

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

เมื่อ v_x คือ ความเร็วของวัตถุในแนวระดับ

v_y คือ ความเร็วของวัตถุในแนวตั้ง

v คือ ความเร็วลัพธ์ของวัตถุในแนวเส้นสัมผัส

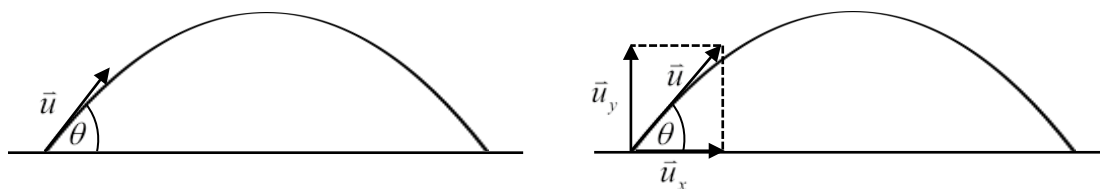
θ คือ มุมที่ความเร็วลัพธ์ของวัตถุในแนวเส้นสัมผัสกระทำกับแนวระดับ

3. วัตถุที่มีความเร็วต้นทำมุมกับแนวระดับ

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ที่ผ่านมานั้น วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้นในแนวระดับ ต่อไปเราจะศึกษาการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ที่มีความเร็วต้นในทิศทางทำมุมกับแนวระดับ เช่น การพุ่งแหลน การทุ่มน้ำหนัก การกระโดดไกล เป็นต้น

ให้วัตถุเคลื่อนที่ออกจากจุดกำเนิดของระบบแกนมุมฉาก xy ด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ ในทิศทางทำมุม θ กับแกน x หรือพื้นระดับ แนวการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นโค้งพาราโบลาว่า ดังรูปที่ 7ก ซึ่งความเร็วต้น $\vec{u}$ แยกเป็นความเร็วในแนวระดับและแนวตั้ง ดังรูปที่ 7ข การวิเคราะห์การเคลื่อนที่

ในลักษณะนี้จะแยกออกเป็น การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งด้วยความเร่งคงตัว g และการเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็วคงตัว



ก. ความเร็วต้นในทิศทางทำมุม θ กับแนวระดับ

ข. ความเร็วในแนวระดับและแนวดิ่ง

รูปที่ 7 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร็วต้นทำมุมกับแนวระดับ

การเคลื่อนที่ในแนวระดับ

u_x คือ ความเร็วต้นในแนวระดับ $u_x = u \cos \theta$

s_x คือ การกระจัดในแนวระดับ

t คือ ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่

จาก

$$s_x = u_x t$$

จะได้

$$s_x = (u \cos \theta) t$$

ขนาดการกระจัดในแนวระดับ s_x หรือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวระดับจากเริ่มต้นจนตกถึงพื้นระดับเดิม เรียกว่า **พิสัย (range)** ของวัตถุ

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

u_y คือ ความเร็วต้นในแนวดิ่ง $u_y = u \sin \theta$

a_y คือ ความเร่งในแนวดิ่ง ซึ่งเท่ากับ $-g$

s_y คือ การกระจัดในแนวดิ่ง

t คือ ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

ซึ่งเท่ากับช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวระดับ

*** การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งจะมีปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ทั้งขึ้นและลง ได้แก่ ความเร็ว ความเร่ง และการกระจัด จึงกำหนดให้ปริมาณที่มีทิศทางขึ้นมีเครื่องหมาย + และปริมาณที่มีทิศทางลงมีเครื่องหมาย -

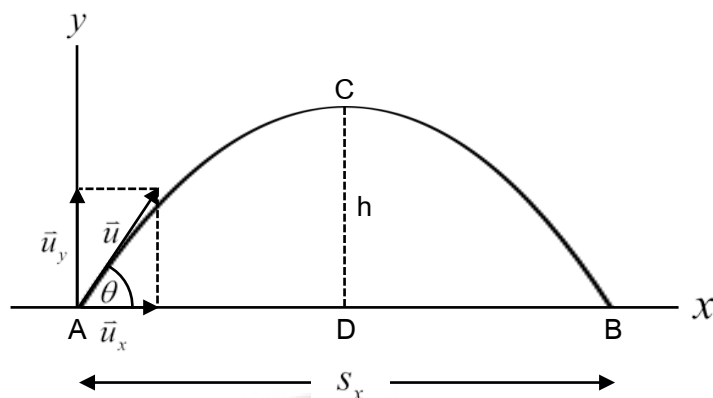
จาก

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

จะได้

$$s_y = (u \sin \theta) t - \frac{1}{2} g t^2$$

4. การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ เมื่อจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายอยู่ในแนวระดับเดียวกัน มีลักษณะแนวการเคลื่อนที่เป็นรูปพาราโบลาเต็มรูป



รูปที่ 8 แสดงการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์
เมื่อจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายอยู่ในแนวระดับเดียวกัน

- 1) สูตรการหาเวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่

$$t = \frac{2u \sin \theta}{g}$$

โดยที่ t = เวลาจาก $A \rightarrow B$ (s)

- 2) สูตรการหาการกระจัดในแนวระดับ (s_x)

$$s_x = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g}$$

โดยที่ s_x = การกระจัดในแนวระดับ จาก $A \rightarrow B$ (m)

- 3) สูตรการหาการกระจัดในแนวดิ่ง (s_y)

$$s_y = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

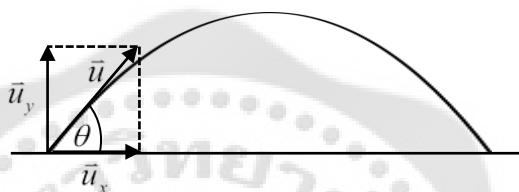
โดยที่ s_y = การกระจัดในแนวดิ่ง จาก $A \rightarrow C$ (m)

4) สูตรความสัมพันธ์ระหว่าง s_x และ s_y

$$\frac{s_y}{s_x} = \frac{1}{4} \tan \theta$$

5. การหามุมขว้างวัตถุให้ตกใกล้ที่สุด

พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกขว้างออกไปด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ ในทิศทางทำมุม θ กับแนวระดับ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกขว้างออกไปด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ ในทิศทางทำมุม θ กับแนวระดับ

ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวระดับ จะเป็น

$$s_x = u_x t = (u \cos \theta) t$$

t เป็นช่วงเวลาที่วัตถุตกถึงพื้นจากการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวดิ่ง หาได้จาก

$$s_y = (u \sin \theta) t + \frac{1}{2} (-g) t^2$$

พิจารณาเมื่อวัตถุตกถึงพื้น $s_y = 0$ จะได้

$$0 = \left(u \sin \theta - \frac{1}{2} g t \right) t$$

ดังนั้น $t = 0$ และ $t = \frac{2u \sin \theta}{g}$

แต่ $t = 0$ เป็นเวลาขณะที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ ดังนั้นช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่จนกระทั่งตกถึงพื้น จึงเป็น

$$t = \frac{2u \sin \theta}{g} \quad \dots\dots\dots(1)$$

จะได้ว่า ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวระดับจากเริ่มต้นจนตกถึงพื้นระดับเดิมหรือพิสัยของวัตถุ มีค่าเป็น

$$s_x = (u \cos \theta)t$$

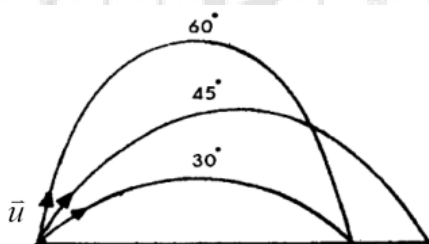
$$s_x = (u \cos \theta) \left(\frac{2u \sin \theta}{g} \right)$$

$$s_x = \frac{u^2}{g} (2 \sin \theta \cos \theta)$$

จากความรู้ทางตรีโกณมิติ $2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$

ดังนั้น
$$s_x = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g} \dots\dots\dots(2)$$

จาก (2) จะเห็นได้ว่า ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวระดับ (s_x) จะขึ้นอยู่กับความเร็วต้น (u) และมุมที่ขว้างวัตถุออกไป (θ) ถ้าต้องการขว้างวัตถุให้ได้ระยะทางในแนวระดับไกลที่สุดด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง จะต้องขว้างวัตถุในทิศทางที่ทำมุมกับแนวระดับที่เหมาะสมค่าหนึ่งซึ่งทำให้ $\sin 2\theta$ มีค่ามากที่สุด เนื่องจาก $\sin 2\theta$ มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าของ $\sin 90^\circ$ ดังนั้นจะได้ $2\theta = 90^\circ$ หรือ $\theta = 45^\circ$



รูปที่ 10 พิสัยของวัตถุที่ถูกขว้างออกไปด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่ง แต่มุมต่างกัน

นั่นคือ การขว้างวัตถุด้วยอัตราเร็วคงตัวค่าหนึ่งในทิศทางทำมุมกับแนวระดับต่าง ๆ กัน เมื่อขว้างวัตถุในทิศทางทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ วัตถุจะเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลที่สุดในแนวระดับเมื่อตกถึงพื้น ทั้งนี้ไม่คิดแรงต้านจากอากาศ และการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่มีการหมุน

CATAPULT DESIGN



ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นการออกแบบและการสร้างเครื่อง catapult จากเว็บไซต์ที่แนะนำข้างต้น เพื่อนำมาออกแบบเครื่อง catapult ของกลุ่มตนเอง

Website แนะนำ :

- ◆ <http://sweeneymath.blogspot.com/2009/08/m-catapult-project-pt1-catapult-plans.html>
- ◆ <http://www.stormthecastle.com/catapult/free-catapult-plan.html>
- ◆ <http://www.stormthecastle.com/catapult/how-to-build-a-catapult.html>
- ◆ <https://www.youtube.com/watch?v=BuNfdv0yFTg>
- ◆ https://www.youtube.com/watch?v=WpLFC_SOpXs
- ◆ <https://m.wikihow.com/Make-a-Mini-Catapult>
- ◆ [http://www.8ismyluckynumber.blogspot.com/2013/03/catapults-and-m-in-name-of-quadratics.html?showComment=1383619122573#c8460004333681105384.](http://www.8ismyluckynumber.blogspot.com/2013/03/catapults-and-m-in-name-of-quadratics.html?showComment=1383619122573#c8460004333681105384)

วัสดุและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ :

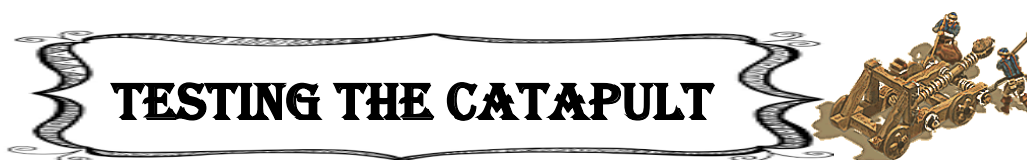
- | | |
|---------------|------------------------|
| 1. ไม้ไผ่ติ่ม | 2. ลูกปิงปอง |
| 3. ยางรัด | 4. แก้วพลาสติกขนาดเล็ก |

THE DESIGN



ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบเครื่อง catapult พร้อมทั้งระบุรายละเอียดของ
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง catapult (ความกว้าง, ความยาว)

A large, empty rounded rectangular box with a double-line border, intended for students to draw their catapult design.



วิธีการทดลอง :

1. นำเครื่อง catapult วางไว้บนพื้น ระวางอย่าให้เครื่อง catapult เคลื่อน
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกผู้ยิง 1 คน ผู้ระบุตำแหน่ง 1 คน ผู้จับเวลา 1 คน และผู้ถ่ายวิดีโอระหว่างทำการทดลอง 1 คน
 - ให้ทำการทดลอง 4 ครั้ง และบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกข้อมูลการยิง
 - ในการทดลองผู้ยิงจะทำหน้าที่ยิงเครื่อง catapult โดยที่ผู้ยิงจะต้องยิงไปในทางเดียวกันทุกครั้ง ส่วนผู้ระบุตำแหน่งจะนำเทปขาวมาติดที่ตำแหน่งที่ลูกปิงปองตกลงสู่พื้น จากนั้นวัดระยะทางจากจุดยิงมายังจุดที่ลูกปิงปองตกลงสู่พื้น (ในหน่วยเมตร) แล้วบันทึกระยะทางและเวลาที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่

คำชี้แจง : จงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาตอบคำถามต่อไปนี้

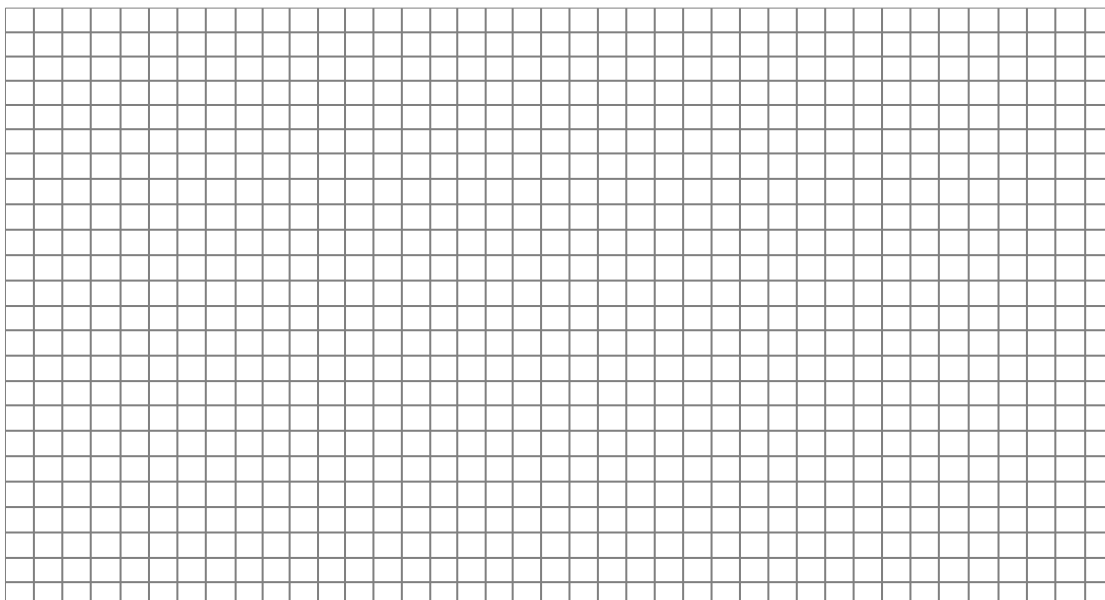
1. จงบันทึกผลการทดลองลงในตารางด้านล่างที่กำหนดให้

ตัวแปรที่ศึกษา	ครั้งที่ทำการทดลอง			เฉลี่ย
	1	2	3	
ระยะทาง (m)				
เวลา (s)				

2. จงหาสมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง จุดยอด และวาดกราฟประกอบการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

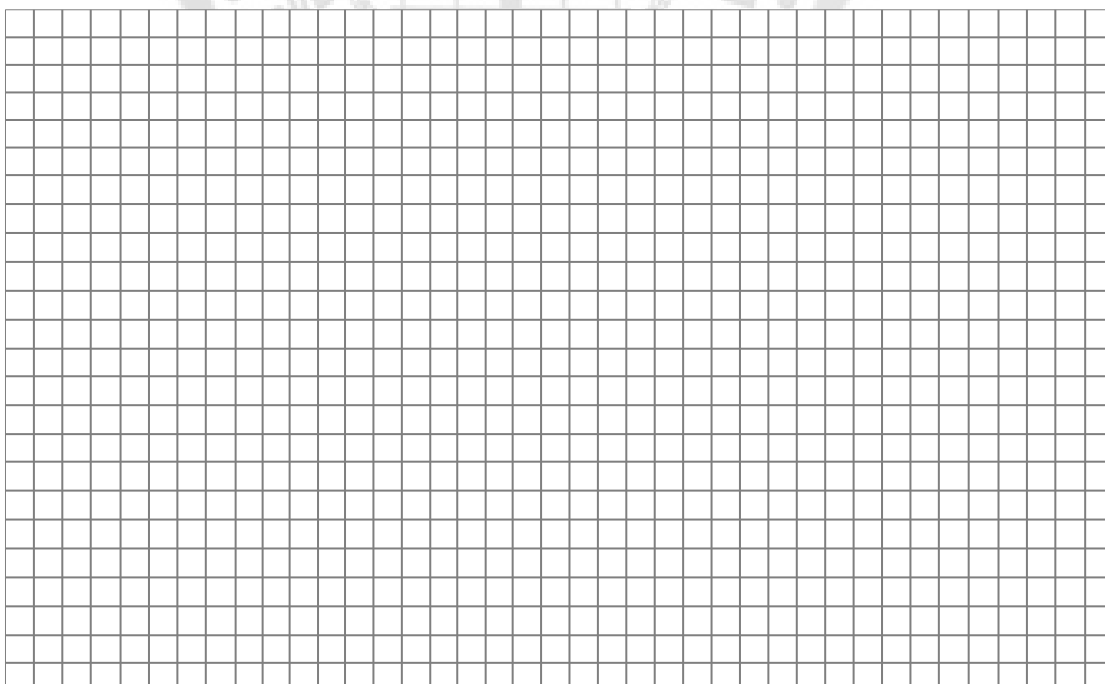
3. ถ้าหากเลื่อนจุดยิง สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองจะเปลี่ยนไปหรือไม่อย่างไร
 (***)เลือกการทดลองที่เครื่อง catapult สามารถยิงลูกปิงปองได้ไกลที่สุด)

3.1 เลื่อนจุดยิงไปข้างหน้า 5 หน่วย



สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง คือ จุดยอด คือ

3.2 เลื่อนจุดยิงไปข้างหลัง 3 หน่วย



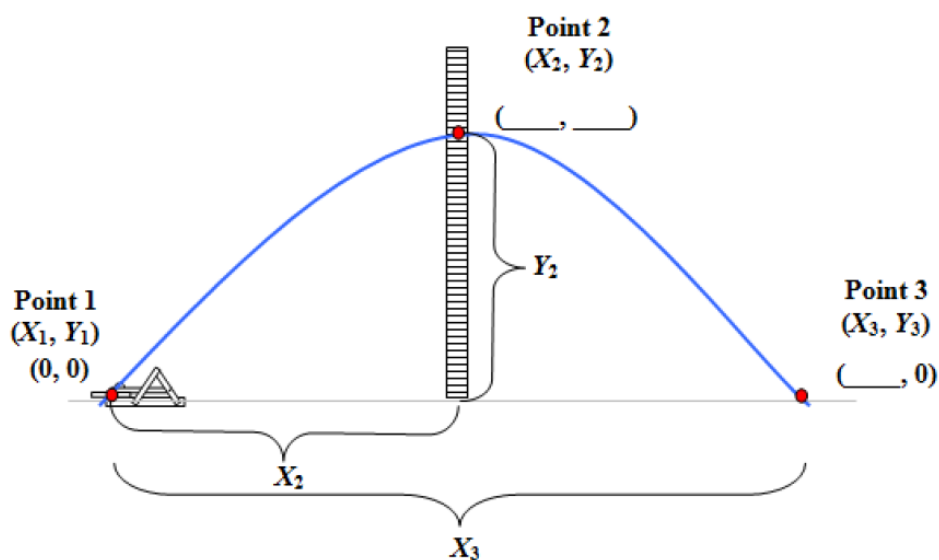
สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง คือ จุดยอด คือ

4. ลูกปิงปองของกลุ่มนักเรียนเคลื่อนที่ได้ไกลเป็นลำดับที่เท่าไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
5. หากนักเรียนต้องการให้เครื่อง catapult ของกลุ่มตนเองสามารถยิงลูกปิงปองได้ไกลที่สุด นักเรียนจะต้องปรับปรุงเครื่อง catapult ของกลุ่มตนเองอย่างไร



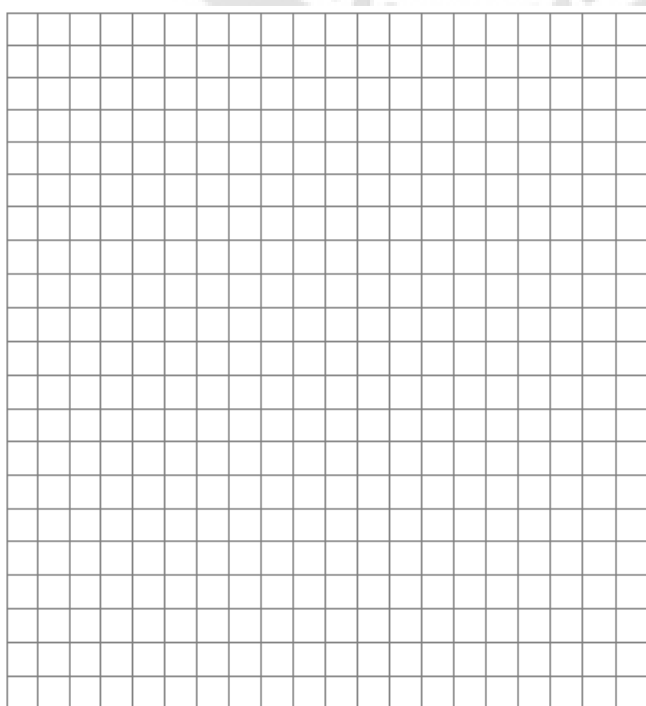
แบบบันทึกข้อมูลการยิงครั้งที่ 1

คำชี้แจง : จงใช้เครื่อง catapult ยิงลูกบอล และวัดระยะ X_2 , Y_2 และ X_3



จงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเติมลงในตารางที่กำหนดให้

จุดที่ 1	$X_1 =$	$Y_1 =$
จุดที่ 2	$X_2 =$	$Y_2 =$
จุดที่ 3	$X_3 =$	$Y_3 =$

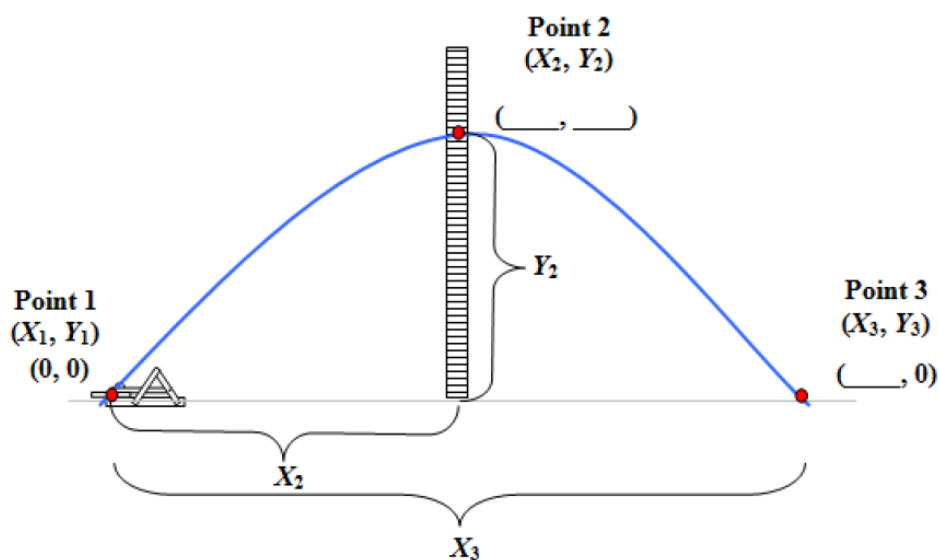


$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \dots x^2 + \dots x + \dots$$

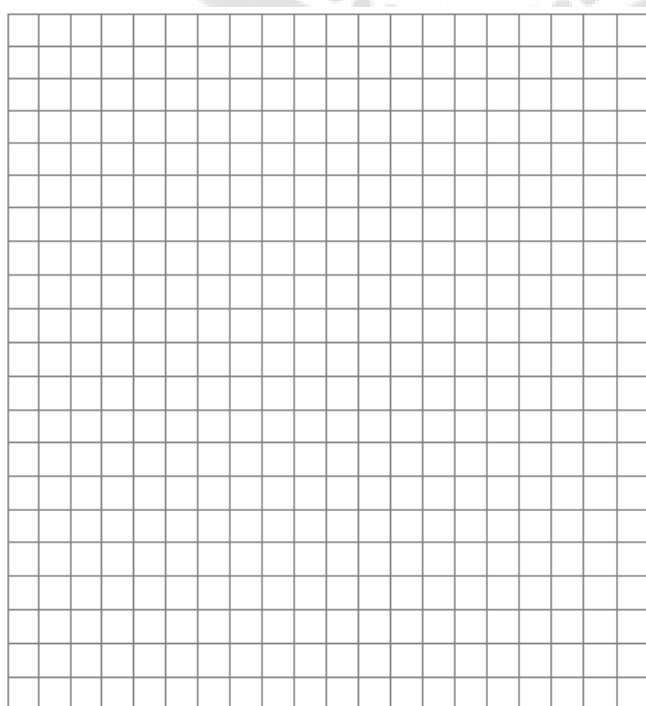
แบบบันทึกข้อมูลการยิงครั้งที่ 2

คำชี้แจง : จงใช้เครื่อง catapult ยิงลูกบอล และวัดระยะ X_2 , Y_2 และ X_3



จงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเติมลงในตารางที่กำหนดให้

จุดที่ 1	$X_1 =$	$Y_1 =$
จุดที่ 2	$X_2 =$	$Y_2 =$
จุดที่ 3	$X_3 =$	$Y_3 =$

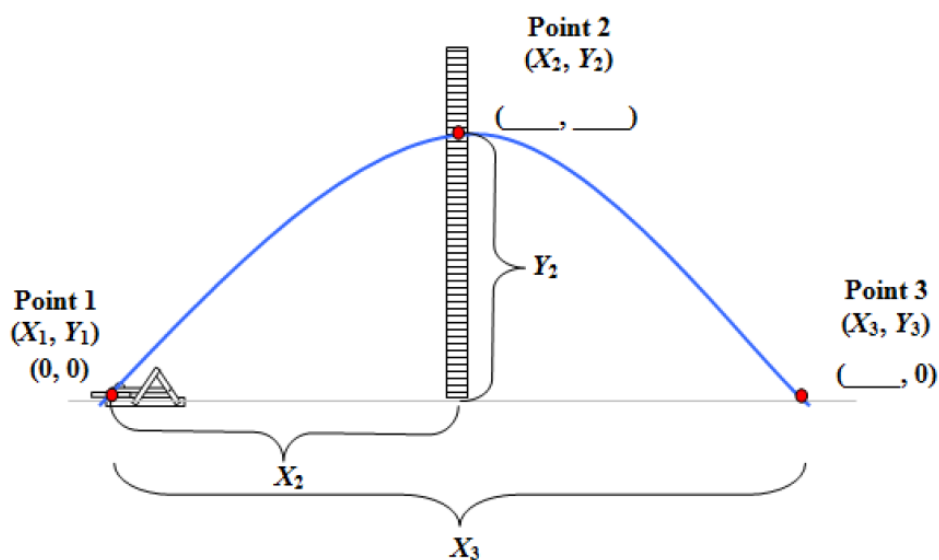


$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \dots\dots x^2 + \dots\dots x + \dots\dots$$

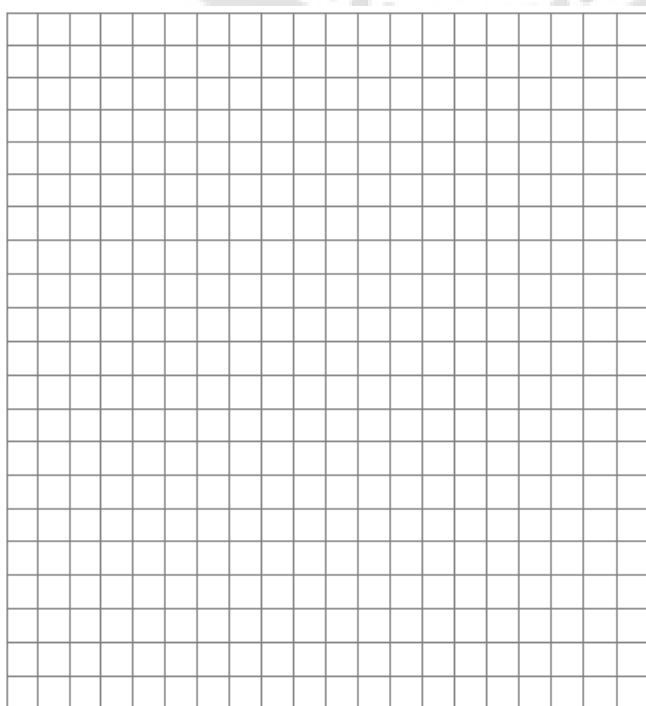
แบบบันทึกข้อมูลการยิงครั้งที่ 3

คำชี้แจง : จงใช้เครื่อง catapult ยิงลูกบอล และวัดระยะ X_2 , Y_2 และ X_3



จงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเติมลงในตารางที่กำหนดให้

จุดที่ 1	$X_1 =$	$Y_1 =$
จุดที่ 2	$X_2 =$	$Y_2 =$
จุดที่ 3	$X_3 =$	$Y_3 =$

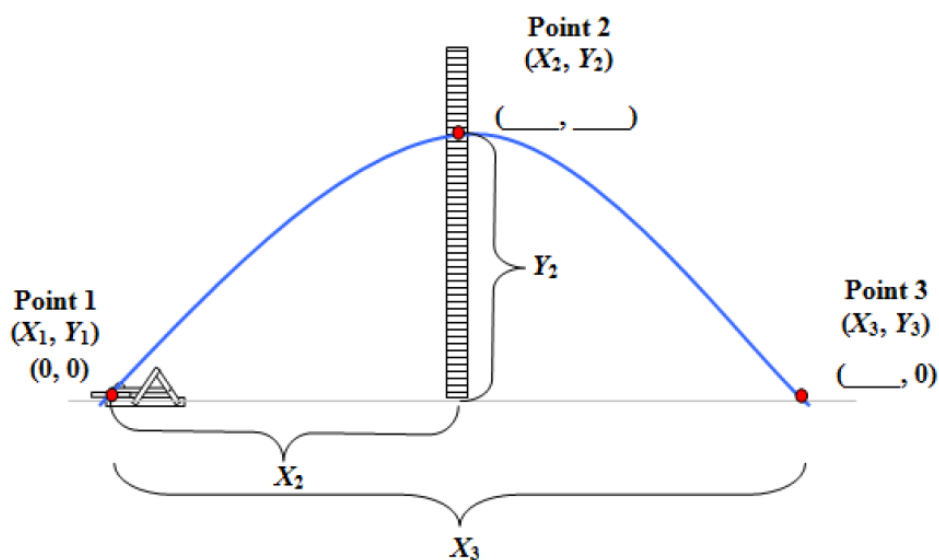


$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \dots x^2 + \dots x + \dots$$

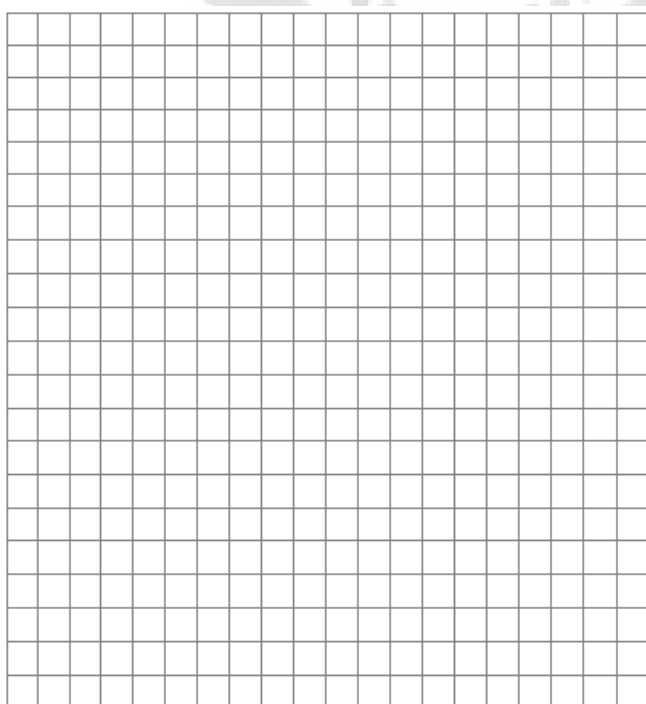
แบบบันทึกข้อมูลการยิงครั้งที่ 4

คำชี้แจง : จงใช้เครื่อง catapult ยิงลูกบอล และวัดระยะ X_2 , Y_2 และ X_3



จงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเติมลงในตารางที่กำหนดให้

จุดที่ 1	$X_1 =$	$Y_1 =$
จุดที่ 2	$X_2 =$	$Y_2 =$
จุดที่ 3	$X_3 =$	$Y_3 =$



$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \dots\dots x^2 + \dots\dots x + \dots\dots$$



ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

**แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัยมีทั้งหมด 2 ตอน ตอนที่ 1 มีจำนวน 15 ข้อ และตอนที่ 2 มีจำนวน 2 ข้อ ให้นักเรียนตอบคำถามที่กำหนดให้ต่อไปนี้ พร้อมทั้งแสดงวิธีทำโดยละเอียด

ตอนที่ 1

➤ **กิจกรรม : CATAPULT**

1. นักเรียนชั้น ม. 5/3 ทำการทดลองยิงลูกปิงปองด้วยเครื่อง catapult กำหนดให้จุดยิงอยู่ที่จุดกำเนิด โดยนักเรียนกลุ่มที่ 1 ได้สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง คือ $y = -0.097(x-16)^2 + 25$ และนักเรียนกลุ่มที่ 2 ได้สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง คือ $y = -0.05x^2 + 2.5x$ นักเรียนคิดว่านักเรียนกลุ่มไหนสามารถยิงลูกปิงปองได้ไกลกว่ากัน และหาจุดยอดของการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง พร้อมทั้งวาดกราฟประกอบ

.....

.....

.....

.....

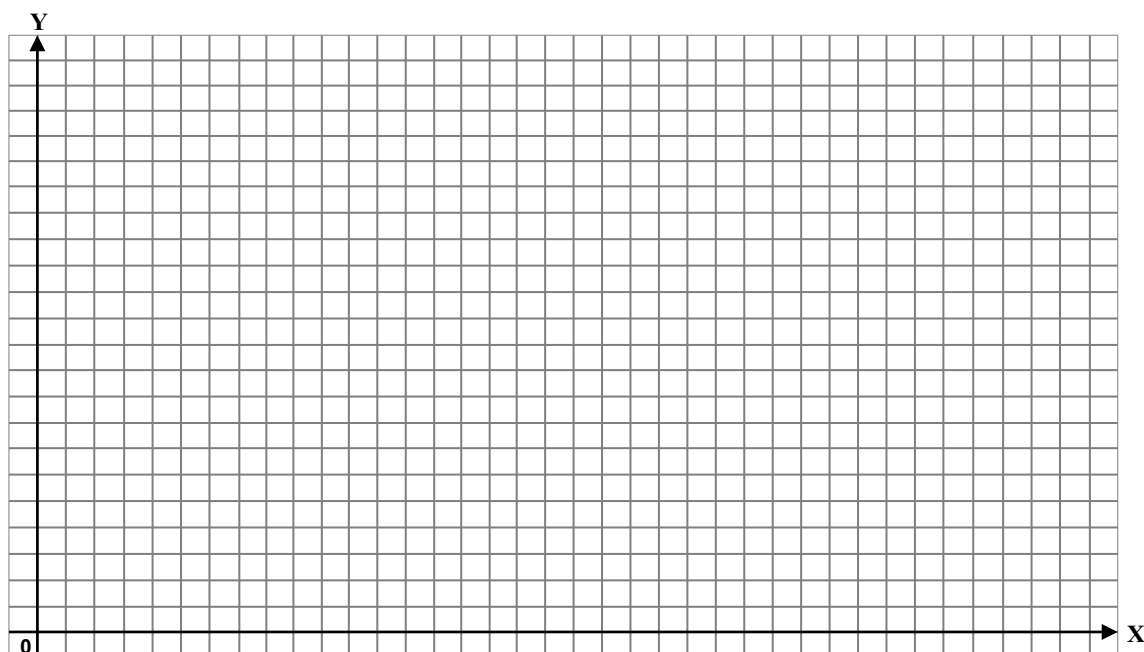
.....

.....

.....

.....

.....



2. จากข้อมูลด้านล่างที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าเครื่อง catapult ของใครสามารถยิงวัตถุได้สูงที่สุด เมื่อความเร็วที่ใช้ในการยิงเท่ากัน ให้ตอบเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง

(Hint : $u_y = \frac{1}{2}gt$ และ $s_y = \frac{u_y^2}{2g}$ เมื่อ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

ชื่อ	ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวนอน (เมตร)	เวลาที่วัตถุอยู่ในอากาศ (วินาที)	ระยะทางที่สูงที่สุด (เมตร)
สโรชินี	0.65 เมตร	0.6 วินาที	
เชษฐา	0.8 เมตร	0.8 วินาที	
อัคนี	0.32 เมตร	0.3 วินาที	

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. หากนักเรียนต้องการให้เครื่อง catapult ของกลุ่มตนเองสามารถยิงวัตถุให้ตกได้ไกลที่สุด จะต้องยิงวัตถุในทิศทางทำมุมกี่องศา กับแนวระดับ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

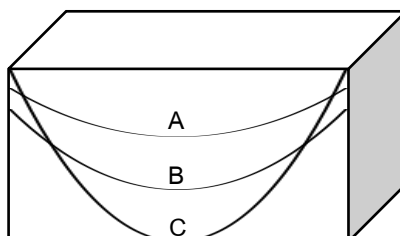
.....

.....

.....

➤ กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker

4. จากรูปที่กำหนดให้ต่อไปนี้ หากนักเรียนต้องการสร้างเตาทำฮอตดอกพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถทำให้ออทอดกสุกได้เร็ว นักเรียนควรสร้างโค้งพาราโบลาแบบ A, B หรือ C เพราะเหตุใด



.....

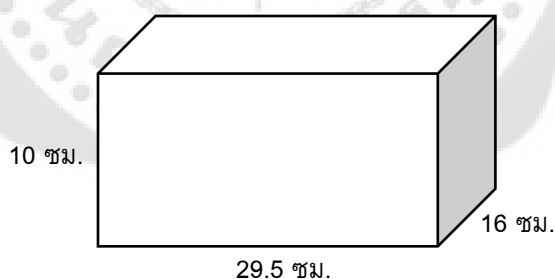
.....

.....

.....

.....

5. จากข้อ 4 หากกล่องใบนั้นกว้าง 16 เซนติเมตร ยาว 29.5 เซนติเมตร และสูง 10 เซนติเมตร จงหาสมการพาราโบลาและจุดโฟกัส พร้อมทั้งวาดกราฟประกอบ กำหนดให้จุดต่ำสุด คือ (0, 0)



.....

.....

.....

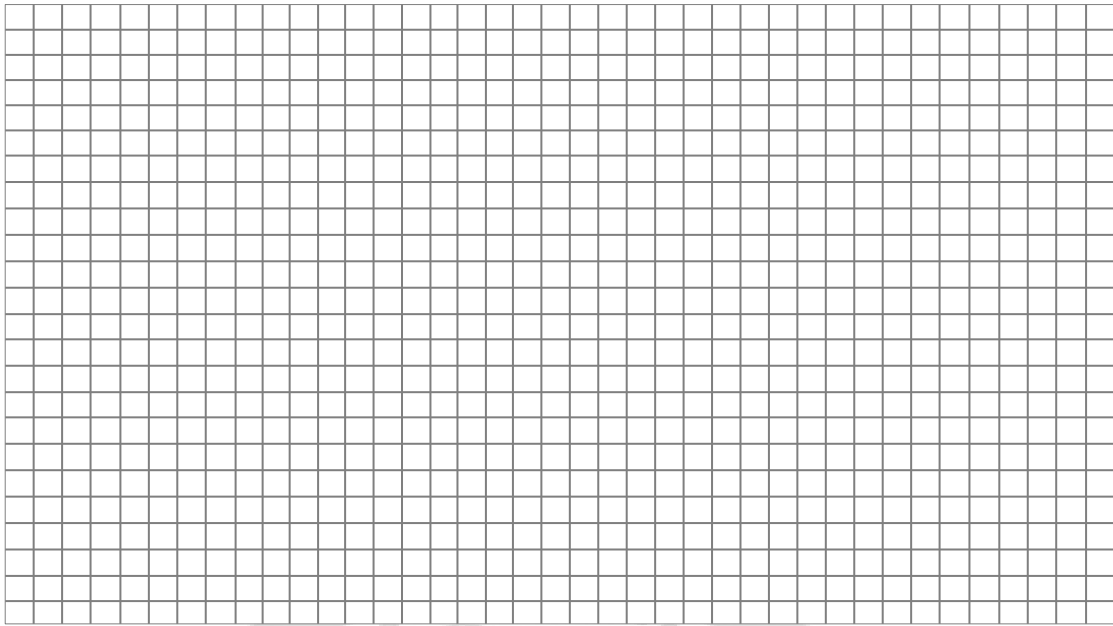
.....

.....

.....

.....

.....



6. จงอธิบายหลักการทำงานของเตาทำสอทอดกพลังงานแสงอาทิตย์

.....

.....

.....

.....

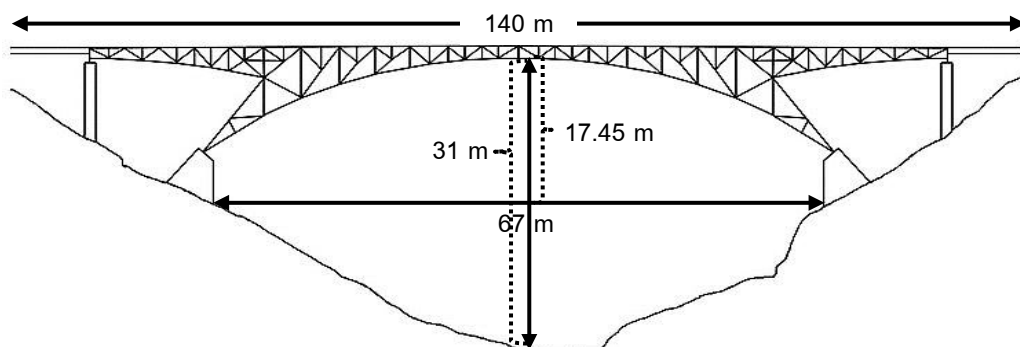
.....

.....

.....

➤ กิจกรรม : Cabin John Bridge

7. สะพานคาบิน จอห์น เป็นสะพานหินแบบโค้ง ตั้งอยู่ที่คาบิน จอห์น รัฐแมรีแลนด์ สะพานมีความยาวทั้งหมด 140 เมตร กว้าง 61 เมตร และสูง 31 เมตร เหนือลำธารคาบิน จอห์น ช่วงกลางของสะพาน (span) บริเวณส่วนโค้ง ยาว 67 เมตร และสูง 17.45 เมตร ดังรูป

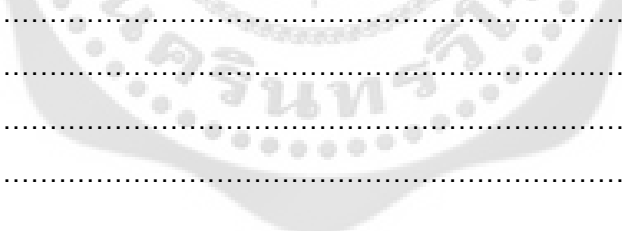


กำหนดให้ จุดยอดของโด่งสะพานอยู่ที่จุด $(0, 17.45)$ จงหาจุดที่กราฟพาราโบลาผ่านอีก 2 จุดที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งวาดกราฟประกอบ

.....

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, equal-sized squares formed by thin, dark gray lines. There are 20 columns and 20 rows of squares, creating a total of 400 square units. The background is white, and the grid covers the entire area of the page.

จงหาค่า a และสมการพาราโบลา จากสมการพาราโบลา $y = ax^2 + k$ เมื่อ $a \neq 0$



8. เหตุใดวิศวกรจึงเลือกสร้างสะพานแบบโค้งเหนือลำธารคาบิน จอห์น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. จงอธิบายหลักการทำงานของสะพานแบบโค้ง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2

➤ Arch Bridge

คำชี้แจง : จงสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสะพานแบบโค้ง เพื่อนำมาตอบคำถามด้านล่างที่กำหนดให้

1. ชื่อสะพาน :
2. สถานที่ตั้งของสะพาน :
3. สะพานถูกสร้างเหนือหรือพาดผ่านสิ่งกีดขวางใด :
4. สะพานสร้างขึ้นเมื่อ :
5. วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างสะพาน :
6. สถาปนิกและวิศวกรที่ออกแบบและสร้างสะพาน :
7. โครงสร้างของสะพาน :

คำชี้แจง : จงตอบคำถามที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าเหตุใดวิศวกรจึงเลือกสร้างสะพานแบบโค้งที่สถานที่แห่งนี้

2. จงสืบค้นประวัติการก่อสร้างของสะพานแห่งนี้

3. จงออกแบบสะพานที่นักเรียนไปสืบค้น พร้อมทั้งระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ของสะพาน และหากนักเรียนจะต้องทำโมเดลสะพาน นักเรียนสามารถใช้วัสดุและอุปกรณ์อะไรบ้างในการทำโมเดล

**เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัยมีทั้งหมด 2 ตอน ตอนที่ 1 มีจำนวน 15 ข้อ และตอนที่ 2 มีจำนวน 2 ข้อ ให้นักเรียนตอบคำถามที่กำหนดให้ต่อไปนี้ พร้อมทั้งแสดงวิธีทำโดยละเอียด

ตอนที่ 1

➤ **กิจกรรม : CATAPULT**

1. นักเรียนชั้น ม. 5/3 ทำการทดลองยิงลูกปิงปองด้วยเครื่อง catapult กำหนดให้จุดยิงอยู่ที่จุดกำเนิด โดยนักเรียนกลุ่มที่ 1 ได้สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง คือ $y = -0.097(x-16)^2 + 25$ และนักเรียนกลุ่มที่ 2 ได้สมการการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง คือ $y = -0.05x^2 + 2.5x$ นักเรียนคิดว่านักเรียนกลุ่มไหนสามารถยิงลูกปิงปองได้ไกลกว่ากัน และหาจุดยอดของการเคลื่อนที่ของลูกปิงปอง พร้อมทั้งวาดกราฟประกอบ

วิธีทำ

จาก $y = -0.097(x-16)^2 + 25$

จะได้ จุดยอดของพาราโบลา คือ (16, 25)

ดังนั้น ระยะทางที่ลูกปิงปองของนักเรียนกลุ่มที่ 1 เคลื่อนที่ เท่ากับ 32 หน่วย

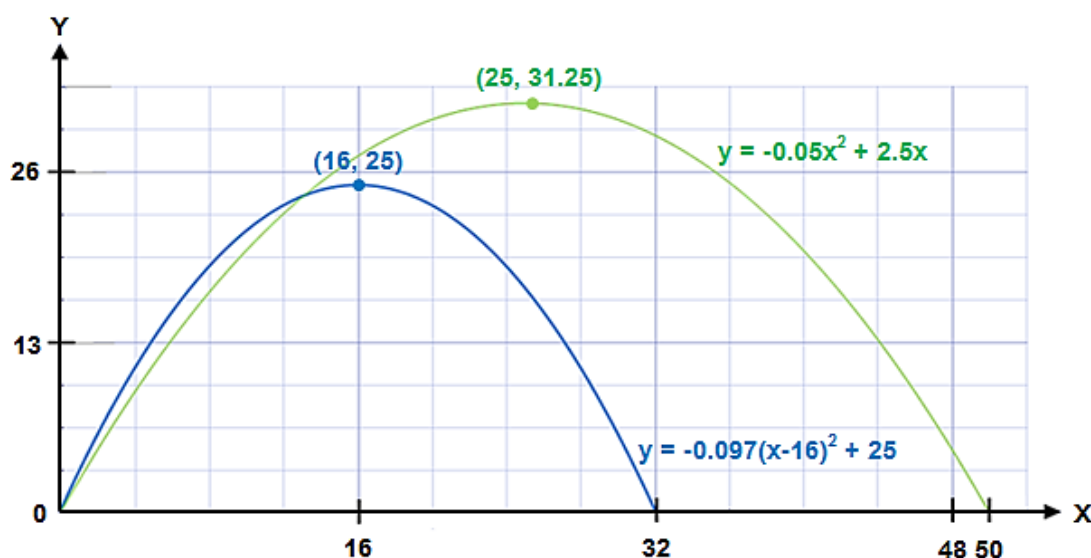
จาก $y = -0.05x^2 + 2.5x$

นั่นคือ จุดยอดของพาราโบลา หาได้จาก $\left(\frac{-b}{2a}, \frac{4ac-b^2}{4a}\right)$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } \left(\frac{-b}{2a}, \frac{4ac-b^2}{4a}\right) &= \left(\frac{-2.5}{2(-0.05)}, \frac{4(-0.05)(0) - (2.5)^2}{4(-0.05)}\right) \\ &= (25, 31.25) \end{aligned}$$

ดังนั้น ระยะทางที่ลูกปิงปองของนักเรียนกลุ่มที่ 2 เคลื่อนที่ เท่ากับ 50 หน่วย

ดังนั้น นักเรียนกลุ่มที่ 2 สามารถยิงลูกปิงปองได้ไกลกว่านักเรียนกลุ่มที่ 1



2. จากข้อมูลด้านล่างที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าเครื่อง catapult ของใครสามารถยิงวัตถุได้สูงที่สุด เมื่อความเร็วที่ใช้ในการยิงเท่ากัน ให้ตอบเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง

(Hint : $u_y = \frac{1}{2}gt$ และ $s_y = \frac{u_y^2}{2g}$ เมื่อ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

ชื่อ	ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวนอน (เมตร)	เวลาที่วัตถุอยู่ในอากาศ (วินาที)	ระยะทางที่สูงที่สุด (เมตร)
สโรชินี	0.65 เมตร	0.6 วินาที	<u>0.44 เมตร</u>
เชษฐา	0.8 เมตร	0.8 วินาที	<u>0.78 เมตร</u>
อัคนี	0.32 เมตร	0.3 วินาที	<u>0.11 เมตร</u>

วิธีทำ ต้องการหาระยะทางที่สูงที่สุดของวัตถุที่สโรชินียิงด้วยเครื่อง catapult

จาก $u_y = \frac{1}{2}gt$

จะได้ $u_y = \frac{1}{2}(9.8)(0.6)$

$u_y = 2.94$

จาก $s_y = \frac{u_y^2}{2g}$

จะได้ $s_y = \frac{(2.94)^2}{2 \times 9.8}$

$s_y = 0.44$

ดังนั้น ระยะทางที่สูงที่สุดของวัตถุที่สโรชินียิงด้วยเครื่อง catapult เท่ากับ 0.44 เมตร

ต้องการหาระยะทางที่สูงที่สุดของวัตถุที่เชษฐายิงด้วยเครื่อง catapult

จาก $u_y = \frac{1}{2}gt$

จะได้ $u_y = \frac{1}{2}(9.8)(0.8)$

$u_y = 3.92$

จาก $s_y = \frac{u_y^2}{2g}$

จะได้ $s_y = \frac{(3.92)^2}{2 \times 9.8}$

$s_y = 0.78$

ดังนั้น ระยะทางที่สูงที่สุดของวัตถุที่เขชฐายิงด้วยเครื่อง catapult เท่ากับ 0.78 เมตร

ต้องการหาระยะทางที่สูงที่สุดของวัตถุที่อัคนี้ยิงด้วยเครื่อง catapult

จาก $u_y = \frac{1}{2}gt$

จะได้ $u_y = \frac{1}{2}(9.8)(0.3)$

$$u_y = 1.47$$

จาก $s_y = \frac{u_y^2}{2g}$

จะได้ $s_y = \frac{(1.47)^2}{2 \times 9.8}$

$$s_y = 0.11$$

ดังนั้น ระยะทางที่สูงที่สุดของวัตถุที่อัคนี้ยิงด้วยเครื่อง catapult เท่ากับ 0.11 เมตร

3. หากนักเรียนต้องการให้เครื่อง catapult ของกลุ่มตนเองสามารถยิงวัตถุให้ตกได้ไกลที่สุด จะต้องยิงวัตถุในทิศทางทำมุมกี่องศา กับแนวระดับ เพราะเหตุใด

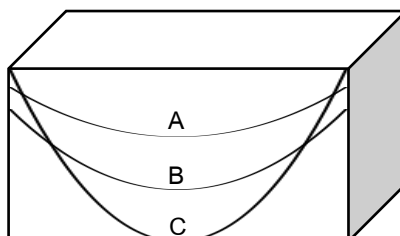
ตอบ จะต้องยิงวัตถุในทิศทางทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ วัตถุจึงจะตกได้ไกลที่สุด

จากสมการ $s_x = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g}$ จะเห็นว่า ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวระดับ

(s_x) จะขึ้นอยู่กับความเร็วต้น (u) และมุมที่ยิงวัตถุออกไป (θ) ถ้าต้องการยิงวัตถุให้ไ้ระยะทางในแนวระดับไกลที่สุดด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง จะต้องยิงวัตถุในทิศทางที่ทำมุมกับแนวระดับที่เหมาะสมค่าหนึ่งซึ่งทำให้ $\sin 2\theta$ มีค่ามากที่สุด เนื่องจาก $\sin 2\theta$ มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าของ $\sin 90^\circ$ ดังนั้นจะได้ $2\theta = 90^\circ$ หรือ $\theta = 45^\circ$

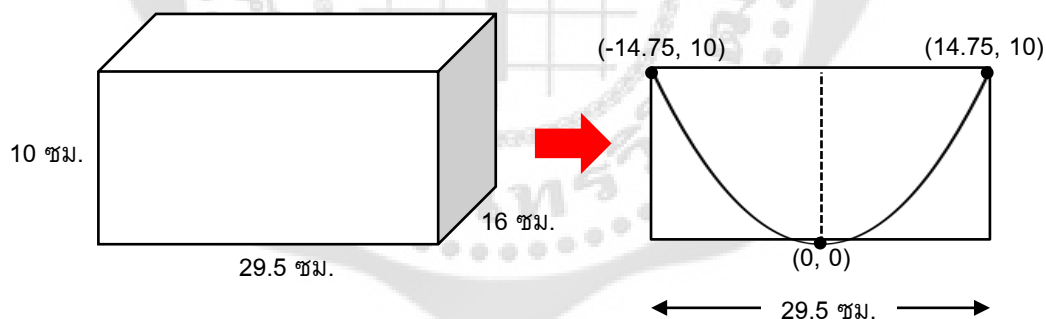
➤ กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker

4. จากรูปที่กำหนดให้ต่อไปนี้ หากนักเรียนต้องการสร้างเตาทำฮอตดอกพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถทำให้อฮอตดอกสุกได้เร็ว นักเรียนควรสร้างโค้งพาราโบลาแบบ A, B หรือ C เพราะเหตุใด

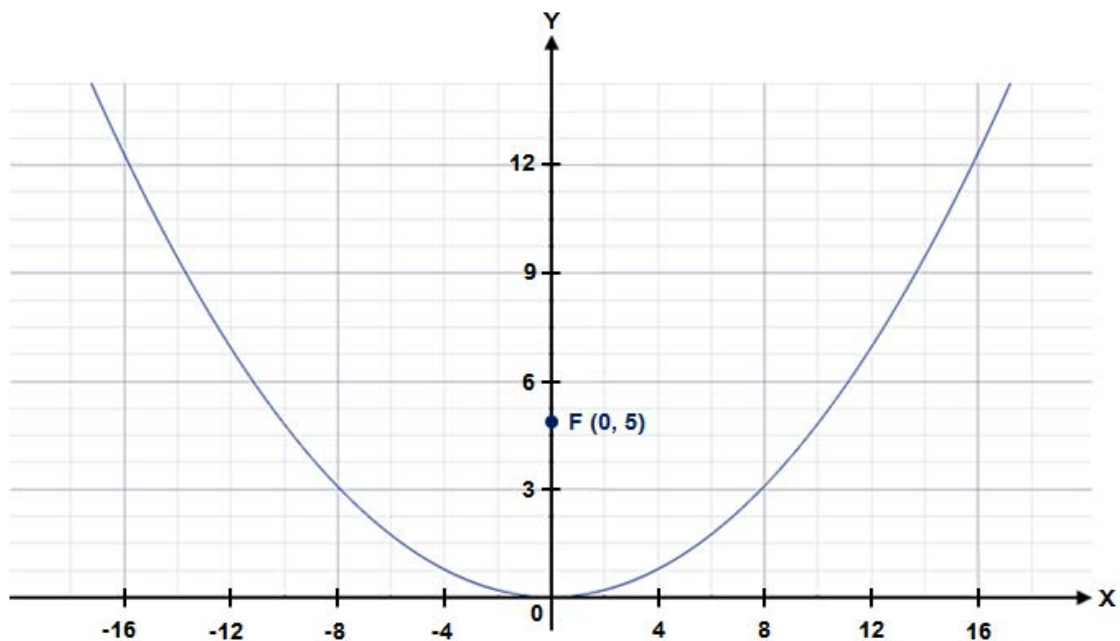


ตอบ ควรสร้างโค้งพาราโบลาแบบ C เพราะยิ่งโค้งพาราโบลาของเตาทำฮอตดอกพลังงานแสงอาทิตย์มีความเว้ามากก็จะสามารถรวมแสงอาทิตย์ได้มาก และสะท้อนแสงไปรวมกันที่โฟกัสได้มากเช่นกัน ซึ่งจะทำให้ฮอตดอกสุกได้เร็ว

5. จากข้อ 1 หากกล่องใบนั้นกว้าง 16 เซนติเมตร ยาว 29.5 เซนติเมตร และสูง 10 เซนติเมตร จงหาสมการพาราโบลาและจุดโฟกัส พร้อมทั้งวาดกราฟประกอบ กำหนดให้จุดต่ำสุด คือ (0, 0)



วิธีทำ จากสมการพาราโบลา $y = ax^2$
 จะได้ $10 = a(14.75)^2$
 $a = 0.05$
 ดังนั้น สมการพาราโบลา คือ $y = 0.05x^2$
 หาจุดโฟกัสจาก $4p = \frac{1}{a}$
 จะได้ $p = \frac{1}{4(0.05)}$
 $p = 5$
 ดังนั้น จุดโฟกัส คือ (0, 5)



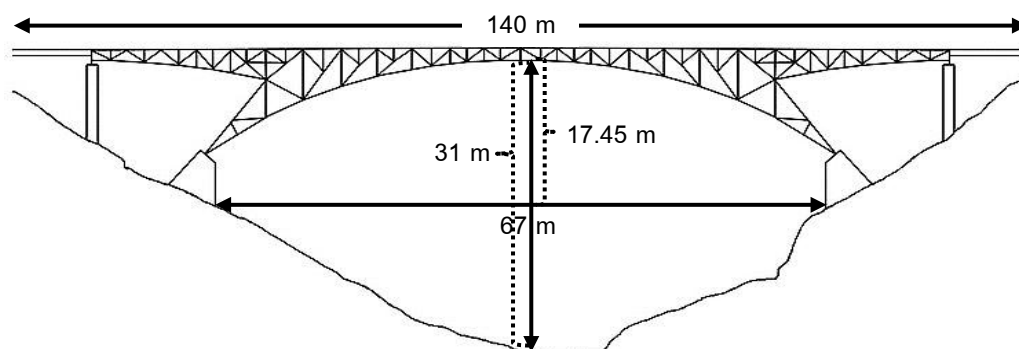
6. จงอธิบายหลักการทำงานของเตาทำฮอตดอกพลังงานแสงอาทิตย์

ตอบ

เมื่อแสงอาทิตย์พุ่งมายังผิวสะท้อนของเตาทำฮอตดอกพลังงานแสงอาทิตย์ในทิศทางที่ขนานกับแกนของเตาทำฮอตดอกพลังงานแสงอาทิตย์ ผิวสะท้อนนั้นจะสะท้อนแสงไปรวมกันที่จุดโฟกัส ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับที่ปิ้งฮอตดอก

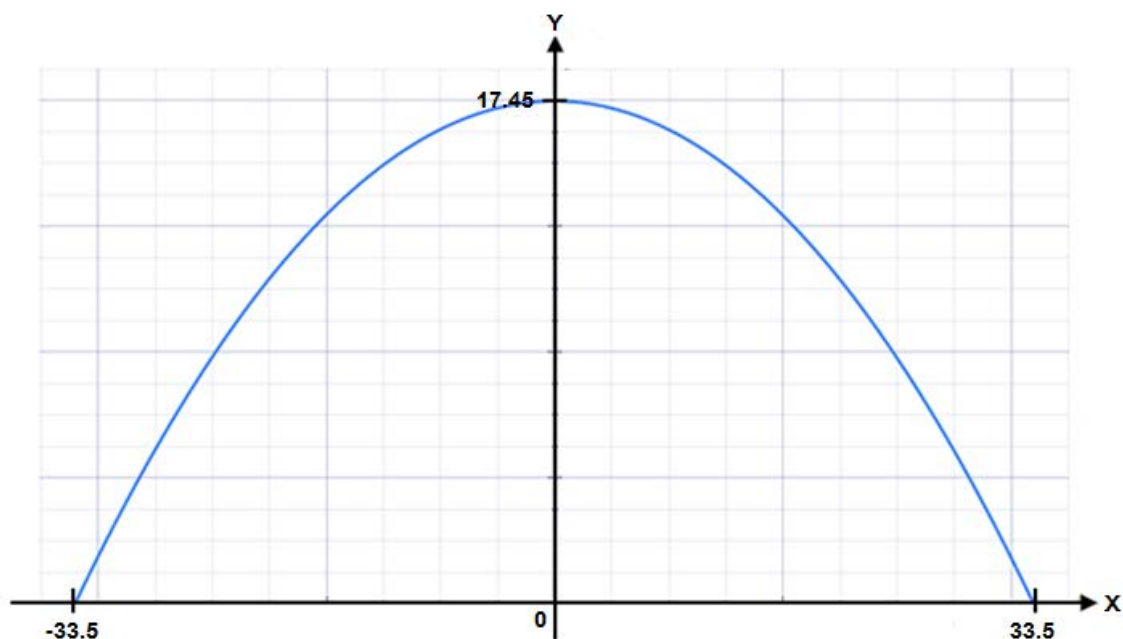
➤ **กิจกรรม : Cabin John Bridge**

7. สะพานคาบิน จอห์น เป็นสะพานหินแบบโค้ง ตั้งอยู่ที่คาบิน จอห์น รัฐแมริแลนด์ สะพานมีความยาวทั้งหมด 140 เมตร กว้าง 61 เมตร และสูง 31 เมตร เหนือลำธารคาบิน จอห์น ช่วงกลางของสะพาน (span) บริเวณส่วนโค้งยาว 67 เมตร และสูง 17.45 เมตร ดังรูป



กำหนดให้ จุดยอดของโค้งสะพานอยู่ที่จุด $(0, 17.45)$ จงหาจุดที่กราฟพาราโบลาผ่านอีก 2 จุดที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งวาดกราฟประกอบ

ตอบ จุด 2 จุด ที่เป็นไปได้ ได้แก่ $(-33.5, 0)$ และ $(33.5, 0)$



จงหาค่า a และสมการพาราโบลา จากสมการพาราโบลา $y = ax^2 + k$ เมื่อ $a \neq 0$

วิธีทำ จากข้อ 11 กราฟเป็นรูปพาราโบลาคว่ำ นั่นคือ $a < 0$

นั่นคือ $y = -ax^2 + k$ และจุดยอดอยู่ที่ $(0, k)$

จะได้ $y = -ax^2 + 17.45$ _____ (1)

แทน $(33.5, 0)$ ในสมการ (1)

จะได้ $y = -ax^2 + 17.45$

$$0 = -a(33.5)^2 + 17.45$$

$$-17.45 = -a(33.5)^2$$

$$a = \frac{-17.45}{-(33.5)^2}$$

$$a = 0.0155$$

ดังนั้น สมการพาราโบลา คือ $y = -0.0155x^2 + 17.45$

8. เหตุใดวิศวกรจึงเลือกสร้างสะพานแบบโค้งเหนือลำธารคาบิน จอห์น

ตอบ

จากหลักในการเลือกใช้สะพาน วิศวกรจะต้องสำรวจพื้นที่บริเวณที่จะใช้สร้างสะพาน ได้แก่ 1. สำรวจแนวทางข้างลำน้ำ โดยเลือกช่วงที่สั้นที่สุดซึ่งจะนำมาสู่การออกแบบที่ประหยัด 2. สำรวจข้อมูลลำน้ำ เช่น รูปตัดลำน้ำ ระดับน้ำสูงสุด – ต่ำสุด สภาพดินท้องน้ำ และสิ่งที่มาตามลำน้ำ เช่น ขอนไม้ เรือขนาดใหญ่ เพื่อกำหนดช่วงลอดสะพาน (ช่วง span) ระดับพื้นสะพาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบความสูงของสะพาน นอกจากนี้ในการเลือกโครงสร้างสะพานสามารถพิจารณาจากช่วง span และสิ่งกีดขวางใต้สะพาน ดังนี้

*span คือ ช่วงกว้างระหว่างเสาตอม่อที่รองรับสะพาน

1. สะพานแบบคาน (beam bridge) : สามารถออกแบบ span ให้มีความยาว 10 – 30 เมตร สะพานแบบนี้พบได้ทั่วไปตามชุมชนเมืองและชนบท
2. สะพานแบบโครง (truss bridge) : สามารถออกแบบ span ให้มีความยาว 40 – 60 เมตร เป็นสะพานที่มีความแข็งแรงมาก มักจะสร้างเพื่อเป็นเส้นทางสัญจรสำหรับทางรถไฟ
3. สะพานแบบโค้ง (arch bridge) : การออกแบบ span ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้สร้างสะพาน หากสะพานสร้างจากหินหรืออิฐสามารถออกแบบ span ให้มีความยาว 50 – 100 เมตร แต่หากสะพานสร้างจากคอนกรีตหรือเหล็กสามารถออกแบบ span ให้มีความยาว 200 – 500 เมตร สะพานแบบโค้งมีความแข็งแรงทนทานมากเหมาะสำหรับทำเป็นสะพานข้ามลำธาร หุบเขาหรือเหวลึก เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างตอม่อสูง
4. สะพานขึง (cable – stayed bridge) : สามารถออกแบบ span ให้มีความยาว 150 – 900 เมตร สะพานแบบนี้มักจะสร้างผ่านแม่น้ำขนาดกลาง
5. สะพานแขวน (suspension bridge) : สามารถออกแบบ span ให้มีความยาวได้มากถึง 2,100 เมตร สะพานแบบนี้มักจะสร้างผ่านแม่น้ำขนาดใหญ่ และเรือขนาดใหญ่สามารถสัญจรผ่านใต้สะพานได้

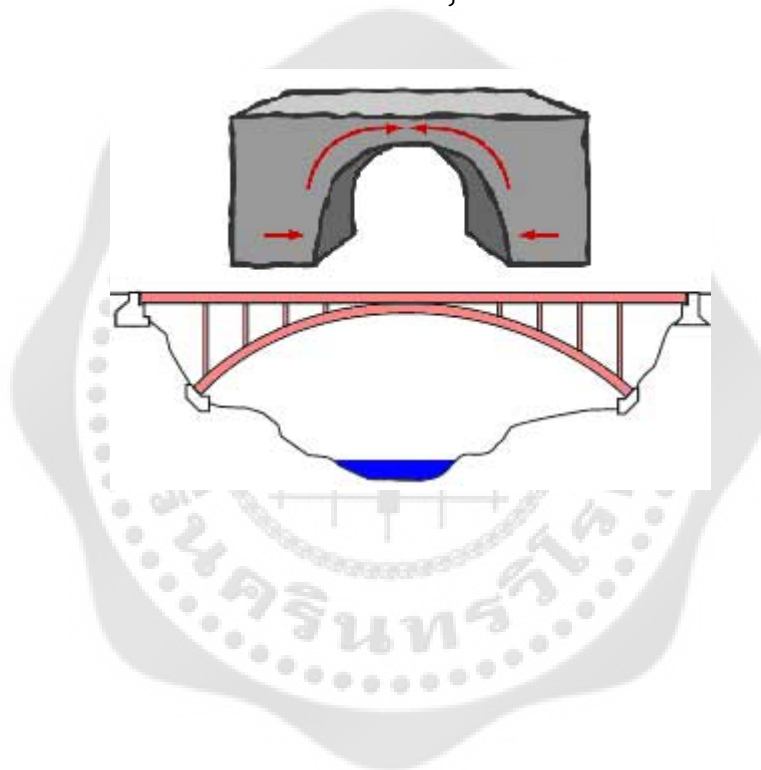
*สะพานขึงใช้เวลาในการก่อสร้างเร็วกว่าสะพานแขวนและประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากกว่าสะพานแขวน

ดังนั้น จากหลักในการเลือกใช้สะพานวิศวกรจึงเลือกสร้างสะพานแบบโค้งบริเวณเหนือลำธารคาบิน จอห์น และเลือกใช้หินเป็นวัสดุในการก่อสร้าง ซึ่งสะพานคาบินจอห์นนี้มีช่วง span ยาว 67 เมตร

9. จงอธิบายหลักการทำงานของสะพานแบบโค้ง

ตอบ

สะพานแบบโค้ง (arch bridge) เป็นแบบที่นับว่ามีความแข็งแรงมาก สะพานแบบนี้ถูกสร้างมาตั้งแต่สมัยโรมันสำหรับการเดินทาง การก่อสร้างของชาวโรมันก็คือแกะสลักก้อนหินออกเป็นแท่ง ๆ ให้ได้รูปร่างพอดีที่จะมาต่อกันเป็นส่วนโค้ง เสร็จแล้วจึงนำมาเรียงต่อกันเป็นส่วนโค้งด้านใต้สะพาน ส่วนด้านข้างของส่วนโค้งก็จะนำก้อนหินมาวางเพิ่มเพื่ออุดช่องว่างไม่ให้ส่วนโค้งนั้นเสียรูป ดังนั้นเมื่อน้ำหนักกดจากทางด้านบน แรงก็จะถ่ายทอดให้ส่วนโค้งนั้นรับแรงกดไปตามลูกศรสีแดงดังรูป เมื่อสะพานได้รับแรงกดไปนานเข้าก็จะดันให้ก้อนหินบีบเข้าใกล้กันแน่นขึ้น ๆ ทำให้เพิ่มความแข็งแรงของสะพานยิ่ง ๆ ขึ้นไป





ภาคผนวก จ

แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา

**แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา : กิจกรรม CATAPULT**

คำชี้แจง : กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วย มากที่สุด	เห็นด้วย มาก	เห็นด้วย ปานกลาง	เห็นด้วย น้อย	เห็นด้วย น้อยที่สุด
1. กิจกรรม : CATAPULT น่าสนใจ และทำให้นักเรียนเกิดความ สนุกสนาน					
2. นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น ทำท่าย เมื่อ ได้ทำกิจกรรม : CATAPULT					
3. เนื้อหาในใบกิจกรรม : CATAPULT อ่านแล้วเข้าใจง่าย					
4. กิจกรรม : CATAPULT ชวนคิด ชวนติดตาม น่าศึกษาค้นคว้า					
5. กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริม ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็น กลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับ เพื่อนในกลุ่ม					
6. กิจกรรม : CATAPULT ทำให้ นักเรียนฝึกคิด วางแผน ทำงาน อย่างเป็นระบบด้วยตนเอง และ ได้รับประสบการณ์ตรง					
7. กิจกรรม : CATAPULT ช่วยให้ นักเรียนกระตือรือร้นต่อการเรียน					
8. กิจกรรม : CATAPULT ทำให้ นักเรียนเกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์					
9. กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริม ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้ อย่างอิสระ					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
10. กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริมให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ					
11. กิจกรรม : CATAPULT ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิด ความรู้ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน					
12. กิจกรรม : CATAPULT ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง					
13. การเรียนด้วยกิจกรรม : CATAPULT ฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมีวินัยในตนเอง					
14. การเรียนด้วยกิจกรรม : CATAPULT ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เป็นที่พึงพอใจของนักเรียน					
15. เวลาในการทำกิจกรรม : CATAPULT หมาะไปอย่างรวดเร็ว					
16. นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นหลังจากทำกิจกรรม : CATAPULT					
17. กิจกรรม : CATAPULT เป็นกิจกรรมที่บูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ และสอดคล้องกับเหตุการณ์ปัจจุบัน					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
18. กิจกรรม : CATAPULT เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบันและอนาคต					
19. กิจกรรม : CATAPULT ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม					
20. กิจกรรม : CATAPULT สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					

**แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา : กิจกรรม SOLAR HOT DOG COOKER**

คำชี้แจง : กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
1. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker น่าสนใจและทำให้นักเรียนเกิดความสุขสนาน					
2. นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น ทำท่าย เมื่อได้ทำกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker					
3. เนื้อหาในใบกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker อ่านแล้วเข้าใจง่าย					
4. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ชวนคิด ชวนติดตาม น่าศึกษาค้นคว้า					
5. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม					
6. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียนฝึกคิดวางแผน ทำงานอย่างเป็นระบบด้วยตนเอง และได้รับประสบการณ์ตรง					
7. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ช่วยให้นักเรียนกระตือรือร้นต่อการเรียน					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
8. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
9. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ					
10. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ					
11. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิด ความรู้ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน					
12. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง					
13. การเรียนด้วยกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมีวินัยในตนเอง					
14. การเรียนด้วยกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เป็นที่พึงพอใจของนักเรียน					
15. เวลาในการทำกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker หมดไปอย่างรวดเร็ว					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
16. นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นหลังจากทำกิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker					
17. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker เป็นกิจกรรมที่บูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ และสอดคล้องกับเหตุการณ์ปัจจุบัน					
18. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบันและอนาคต					
19. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม					
20. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					

**แบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
โดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา : กิจกรรม CABIN JOHN BRIDGE**

คำชี้แจง : กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วย มากที่สุด	เห็นด้วย มาก	เห็นด้วย ปานกลาง	เห็นด้วย น้อย	เห็นด้วย น้อยที่สุด
1. กิจกรรม : Cabin John Bridge น่าสนใจและทำให้นักเรียนเกิด ความสนุกสนาน					
2. นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น ทำท่าย เมื่อ ได้ทำกิจกรรม : Cabin John Bridge					
3. เนื้อหาในใบกิจกรรม : Cabin John Bridge อ่านแล้วเข้าใจง่าย					
4. กิจกรรม : Cabin John Bridge ชวนคิด ชวนติดตาม น่าศึกษา ค้นคว้า					
5. กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนทำงาน ร่วมกันเป็นกลุ่มและแลกเปลี่ยน เรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม					
6. กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนฝึกคิด วางแผน ทำงานอย่างเป็นระบบด้วย ตนเอง และได้รับประสบการณ์ ตรง					
7. กิจกรรม : Cabin John Bridge ช่วยให้นักเรียนกระตือรือร้นต่อ การเรียนรู้					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
8. กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
9. กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ					
10. กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ					
11. กิจกรรม : Cabin John Bridge ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความคิด ความรู้ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน					
12. กิจกรรม : Solar Hot Dog Cooker ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง					
13. การเรียนด้วยกิจกรรม : Cabin John Bridge ฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมีวินัยในตนเอง					
14. การเรียนด้วยกิจกรรม : Cabin John Bridge ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เป็นที่พึงพอใจของนักเรียน					
15. เวลาในการทำกิจกรรม : Cabin John Bridge หมดไปอย่างรวดเร็ว					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
16. นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้นหลังจากทำกิจกรรม : Cabin John Bridge					
17. กิจกรรม : Cabin John Bridge เป็นกิจกรรมที่บูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาอื่น ๆ และสอดคล้องกับเหตุการณ์ปัจจุบัน					
18. กิจกรรม : Cabin John Bridge เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบันและอนาคต					
19. กิจกรรม : Cabin John Bridge ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่า ของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม					
20. กิจกรรม : Cabin John Bridge สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					



ภาคผนวก จ
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา แบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา และแบบวัดเจตคติที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้แนวคิด เรื่อง พาราโบลา มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริ สิรินิลกุล
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ เอนก จันทรวงษ์
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์ รัชพล พลรัตน์
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง





ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	เปรี๊ยะบฟ้า ด้วงนุ้ม
วันเดือนปีเกิด	14 พฤษภาคม 2534
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	86 ซอย 7 ถนนร่วมใจ ตำบลคูหาสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2551	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง
พ.ศ. 2556	การศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2560	การศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

