

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
กรกฎาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

(รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้วอุไร)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ ประจันบาน)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

กรกฎาคม 2558

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์โดยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้วอุไร อาจารย์ที่ปรึกษาคณะกรรมการทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่งจนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสร็จสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ รองคณะบดีฝ่ายกิจการนิสิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, ดร.อังคณา อ่อนธานี อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก, นางสาวศรีสุดา แซ่บาง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเทศบาล 3 (วัดแสงธรรมสุทธาราม) อำเภอ ชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินนวัตกรรมและตรวจสอบเครื่องมือวิจัยจนทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร ครู และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสวรรค์) สวธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ความสะดวกในการเก็บข้อมูล คุณค่าและประโยชน์ได้อันพึงจะมีจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบและขออุทิศให้ผู้มีประคุณทุก ๆ ท่าน

กมลทิพย์ สำราญจักร์

ชื่อเรื่อง	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้ศึกษาค้นคว้า	กมลทิพย์ สํารายูจักร์
ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้วอุไร
ประเภทสารนิพนธ์	การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กศ.ม.สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2557
คำสำคัญ	กิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา การคิดวิเคราะห์

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายคือ 1) เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา มี 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดำเนินการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) เป็นหลักแล้วบูรณาการการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหาข้อมูลมาออกแบบหรือจำลอง การใช้หลักการวิศวกรรมในการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ชิ้นงานและ การใช้คณิตศาสตร์ในการวัดและการคำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยนำไปพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และ นำไปให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษา และเวลา หลังจากนั้นนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง จำนวน 36 คน เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ 4 กิจกรรม แบบประเมินกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I)

ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง แบบแผนการศึกษาที่ใช้ในการทดลองคือ One-Group Pretest-Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t-test dependent)

ผลการศึกษาค้นคว้า พบว่า

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นตอนนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจใช้การอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนอ และกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บข้อมูลข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจใช้ได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ จากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเมื่อได้ข้อมูลที่เพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างตาราง การวาดภาพ เป็นต้น ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้จะอย่างไรและมากน้อยเพียงใดซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหาข้อมูลมาออกแบบหรือจำลอง ออกแบบการทดลองและสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมและ วัตรระยะทาง ความสูง คำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้คณิตศาสตร์ ผลการพิจารณาความเหมาะสมพบว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.22$, S.D.= 0.58)และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5604

2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

Title THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES BY THE STEM EDUCATION TO PROMOTE ANALYTICAL THINKING ON THE TOPIC “MOMENTUM AND COLLISION FOR GRADE 10 STUDENTS”

Authors Kamonthip Samranchak

Advisor Associate Professor Wareerat Kaewurai Ph.D.

Academic Paper Independent Study M.Ed. in Curriculum and Instruction, Naresuan University, 2014

Keywords Learning activities, STEM Education, Analytical thinking

Abstract

This independent study purpose were: 1) to create and study the effectiveness Index of learning activities in the STEM Education to promote analytical thinking on the topic “Momentum and collision” for grade 10 students 2) to compare the analytical thinking ability of students students before and after using learning activities by the STEM Education to promote analytical thinking on the topic “Momentum and collision for grade 10 students”. The researcher use methodology method by research and development in 2 processes as follows,

The first step was to create and identify the effectiveness index of learning activities in the STEM Education to analytical thinking on the topic “Momentum and collision” for grade 10 students. The learning activities was created from the STEM education concept, which used the inquiry-based learning process 5 step (5Es) and integrated technology searching data to design or imitate, learning activities and lesson plans, using an engineering model to design the tasks, using Mathematics for measuring and calculating the relationship of variable by considering the suitable .Then learning activities was taken to 3 experts to examine the appropriation and experiment in grade 10 room 1 with 3

students of Watthaichumpon (Dumrongprachasan) Demonstration Ramkhamhaeng University school to examine the content, language and time. After that, make trial in Grade 10 with 36 students of Watthaichumpon (Dumrongprachasan) Demonstration Ramkhamhaeng University school to define the effectiveness index. The statistics which were used for data analysis are the Mean, Standard deviation (S.D.), Effectiveness Index (E.I)

The second step was to compare the analytical thinking ability of students before and after using learning activities by the STEM Education for promoting the ability in analytical thinking on the topic "Momentum and collision" for grade 10 students. The sample was 36 grade 10 room 2 students of Watthaichumpon (Dumrongprachasan) Demonstration Ramkhamhaeng University school that were chosen by purposive sampling. Research design is "One-Group Pretest-Posttest Design". The instrument which used in study was analytical thinking ability test. The statistics which used for analyzing the data were Mean, Standard deviation, and t-test dependent

The results of study were as follow;

1. The learning activities by the STEM Education to promote the ability of analytical thinking on the topic "Momentum and collision for grade 10 students", which used the inquiry-based learning process 5 steps (5Es) and integrated technology, using engineering method to design learning to get tasks, and using mathematics for measuring and evaluating the relationship of variable. The appropriation result was the suitable was in high level ($\bar{X} = 4.22$, S.D. = 0.58) and the Effectiveness Index result was 0.5604.

2. The ability in analytical thinking of students by using the learning activities by the STEM Education to promote the ability of analytical thinking on the topic "Momentum and collision for grade 10 students" were higher than the previous study with statistical Significance at .01 level.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของงานวิจัย.....	3
สมมติฐานการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	8
กิจกรรมการเรียนรู้.....	9
แนวคิดสะเต็มศึกษา.....	13
การคิดวิเคราะห์.....	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	41
ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการ เรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถใน การคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน.....	50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	57
ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4.....	57
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและ หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	64
5 บทสรุป.....	66
สรุปผลการวิจัย.....	66
อภิปรายผลการวิจัย.....	68
ข้อเสนอแนะ.....	70
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก.....	74
ประวัติผู้วิจัย.....	165

สารบัญตาราง

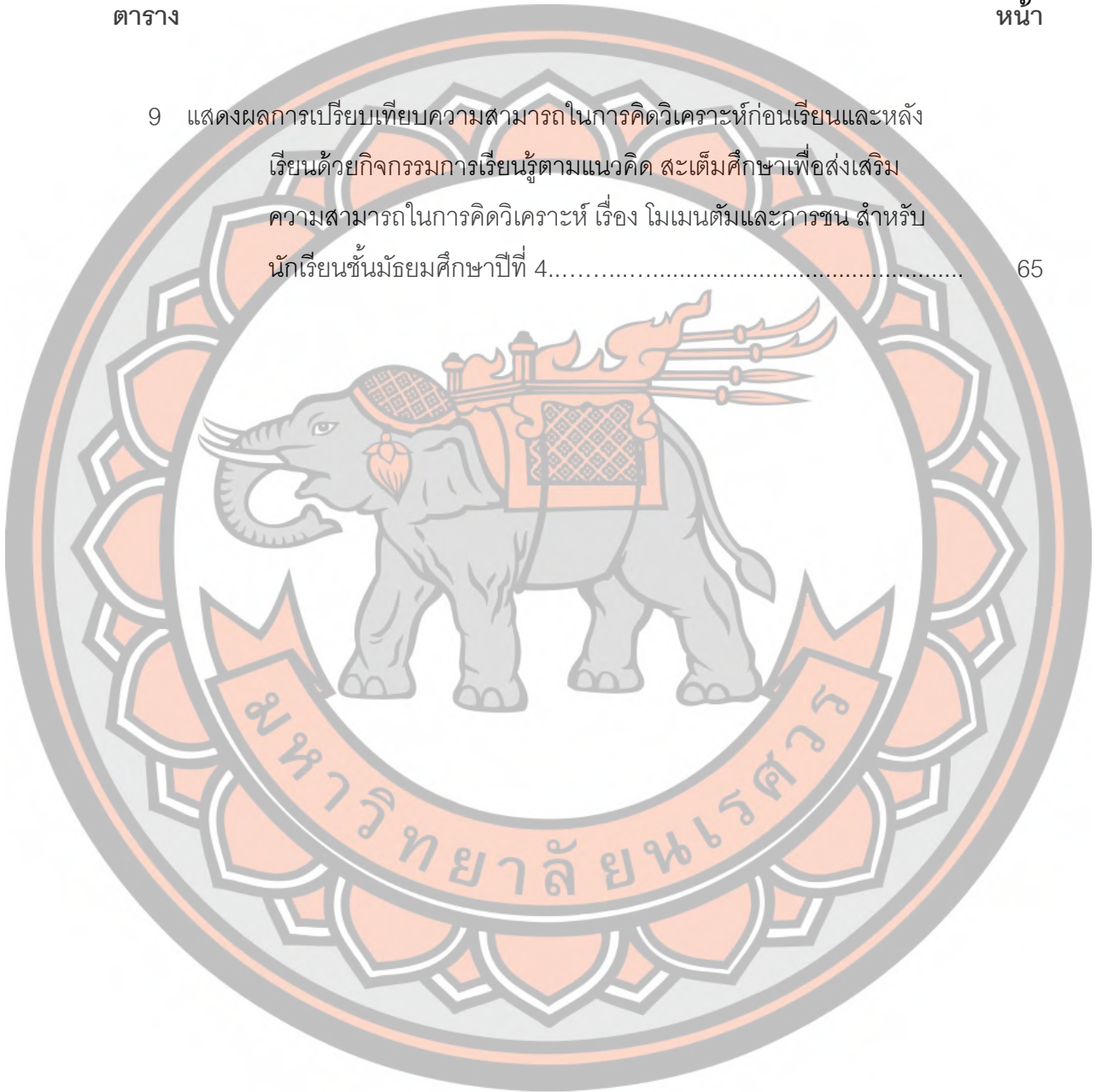
ตาราง	หน้า
1 แสดงโครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	43
2 แสดงหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	45
3 แสดงการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4.....	49
4 แสดงวัน เวลา เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	51
5 แสดงแสดงผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	58
6 แสดงข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ ในด้านความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการ คิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4.....	62
7 แสดงแสดงผลการตรวจความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา และเวลาที่ใช้กิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	63
8 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อ ส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

- 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลัง
เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม
ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4..... 65



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) พ.ศ. 2545 ได้กำหนดหลักการจัดการศึกษาไว้ใน หมวด 4 แนวการจัดการศึกษามาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติเน้นการจัดการศึกษาในระบบ นอกในระบบ และตามอัธยาศัยให้ความสำคัญการบูรณาการความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา โดยเฉพาะความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรา 24 ยังระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผูกทักษะ การคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถสร้างบรรยากาศสภาพแวดล้อม สื่อการเรียนและอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถเข้าศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ โดยผู้สอนและนักเรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกัน (กรมวิชาการ, 2546, หน้า 215)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (การจัดการเรียนรู้ ข้อ 2 กระบวนการเรียนรู้) การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนจะต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเป็นเครื่องมือที่นำพาตนเองไปสู่เป้าหมายของหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน อาทิ กระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ กระบวนการสร้างความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม กระบวนการเผชิญสถานการณ์และแก้ปัญหา กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการปฏิบัติ ลงมือทำจริง กระบวนการจัดการ กระบวนการวิจัย กระบวนการเรียนรู้การเรียนรู้ของตนเอง กระบวนการพัฒนาลักษณะนิสัย กระบวนการเหล่านี้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝน พัฒนาเพราะจะสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี บรรลุเป้าหมายของหลักสูตร ดังนั้นผู้สอนจึงจำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ในการจัดการกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน้า 1)

ผลจากการติดตามการปฏิรูปการศึกษาในรอบ 6 ปี หลังการประกาศใช้ พ.ร.บ.การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 โดยประเมินจากคุณภาพภายนอกสถานศึกษา 17,562 แห่งทั่วประเทศ คิดเป็นร้อยละ 49.1 ของโรงเรียนทั้งหมด พบว่า การจัดการเรียนการสอนของครูยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ยังมีคุณภาพอยู่ในระดับร้อยละ 39.2 การจัดกิจกรรมที่กระตุ้นผู้เรียนให้รู้จักคิด วิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหาและตัดสินใจ มีคุณภาพอยู่ระดับ ร้อยละ 13.5 และครูสามารถนำผลการประเมินมาปรับการเรียนและเปลี่ยนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพเพียงร้อยละ 21.6 ของสถานศึกษาทั้งหมด การประเมินคุณภาพทางด้านผู้เรียนพบว่า ยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำมากในทุกกลุ่ม โดยเฉพาะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ มีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ มีคุณภาพระดับดีเพียงร้อยละ 11.1 และการมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รักการเรียนรู้ และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง มีคุณภาพดีเพียงร้อยละ 26.5 ของสถานศึกษาทั้งหมด ส่วนผลการประเมินของผู้ตรวจราชการ พบว่า โครงสร้างการบริหารการศึกษาในส่วนกลาง ยังขาดการประสานเชื่อมโยงนโยบายและยุทธศาสตร์ ส่วนภูมิภาคพบว่าผู้แทนกระทรวงในจังหวัดยังไม่ชัดเจน การกระจายอำนาจไม่เป็นไปตามกฎหมาย ที่สำคัญครูจำนวนมากยังสอนแบบเดิม ขาดความรู้ในเนื้อหาวิชาและทักษะการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะครูในโรงเรียนขนาดเล็กขาดโอกาสพัฒนามาก เพราะไม่สามารถตั้งห้องเรียนได้ การติดตามผลยังไม่เข้มแข็ง ไม่ได้ถูกนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ทางการศึกษา

การจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชาและกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกทั้งยังตอบสนองต่อการดำรงชีวิตอยู่ในโลกปัจจุบันและโลกอนาคตอีกด้วย

ในการศึกษาค้นคว้าหานวัตกรรม ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มาทดลองใช้ในรายวิชาฟิสิกส์เรื่องโมเมนตัมและการชน ซึ่งเน้นให้ผู้เรียน

มีความรู้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ผึกคิดค้น เสาะแสวงหาความจริง ใช้ความคิดอย่างรอบคอบ มีเหตุ มีผล วิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปโดยสังเคราะห์ข้อเท็จจริงกับแนวความคิดของผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน หรือใช้เป็นแนวทางการสืบสวนสอบสวนสิ่งหรือหลักการที่อยู่ยากและสลับซับซ้อนยิ่งขึ้นซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตในยุคปัจจุบัน

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานของการวิจัย

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของงานวิจัย

ขั้นที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มีเนื้อหา ดังนี้

1. โมเมนตัม
2. แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

3. การดลและแรงดล

4. การชน

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน โดยผู้ศึกษากำหนดคุณลักษณะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ จำนวน 1 คน
- 1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 คน
- 1.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผล จำนวน 1 คน

เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในองค์ประกอบต่าง ๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่

- 1.ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 - 2.ดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- ขั้นที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มีเนื้อหา ดังนี้

- 1.โมเมนตัม
- 2.แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม
- 3.การดลและแรงดล
- 4.การชน

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัยที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง

ขอบเขตด้านตัวแปร

1. ตัวแปรต้น คือ การเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ระยะเวลาในการศึกษา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 12 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนเป็นขั้นตอนและวิธีการดำเนินการที่จัดทำตามหลักการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ โดยนักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะจาก 2 วิชาขึ้นไป ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) เป็นหลัก มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยเชื่อมโยงเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่จะเรียนกับความรู้เดิมที่เรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติ ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ จากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเมื่อได้ข้อมูลที่เพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างตาราง การวาดภาพ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ นำหลักการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ มาใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรและคำตอบจากการกำหนดสถานการณ์ให้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรอย่างไรและมากน้อยเพียงใด

ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ค่าสถิติที่แสดงถึงค่าร้อยละของคะแนนที่เพิ่มขึ้นระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน ซึ่งมีความก้าวหน้าในการเรียนไม่ต่ำกว่า 0.50 หรือร้อยละ 50

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้ เพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร โดยอธิบายขอบเขตการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก และสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**
 - 1.1 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
2. **กิจกรรมการเรียนรู้**
 - 2.1 ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้
 - 2.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้
 - 2.3 ดัชนีประสิทธิผล
3. **แนวคิดสะเต็มศึกษา**
 - 3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 3.2 แนวคิดของสะเต็มศึกษา
 - 3.3 กระบวนการสะเต็มศึกษา
 - 3.4 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
4. **การคิดวิเคราะห์**
 - 4.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์
 - 4.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์
 - 4.3 ลักษณะของการคิดวิเคราะห์
 - 4.4 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์
 - 4.5 กระบวนการคิดวิเคราะห์

4.6 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้ ธรรมชาติของแรงและแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์ของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน้า 1-2)

1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 4.2 ม. 4-6/1 อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

ผลการเรียนรู้

อธิบายโมเมนต์ัมและความสัมพันธ์ระหว่างแรงและโมเมนต์ัมที่เปลี่ยนไป

อธิบายการชนของวัตถุ กฎการอนุรักษ์โมเมนต์ัม และวิเคราะห์การชนกันของวัตถุ

2. กิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้

ทิตินา แซมมณี (2545, หน้า 1) ได้ให้ความหมายว่า “การเรียนรู้” ที่ครอบคลุมความหมาย 2 ประการ คือ การเรียนรู้ในความหมายของ “กระบวนการเรียนรู้” ซึ่งหมายถึง การดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนหรือการใช้วิธีต่าง ๆ ที่ช่วยให้บุคคลเกิดการเรียนรู้ และการเรียนรู้ในความหมายของ “ผลการเรียนรู้” ซึ่งได้แก่ ความรู้ความเข้าใจในสาระต่าง ๆ ความสามารถในการกระทำ การใช้ทักษะกระบวนการต่าง ๆ รวมทั้งความรู้สึกรหรือเจตคติอันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้หรือการใช้วิธีการเรียนรู้ กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การเรียนรู้มีลักษณะเป็นทั้งผลลัพธ์อันเป็นเป้าหมายปลายทาง และวิธีการที่นำไปสู่เป้าหมายซึ่งลักษณะทั้งสองเป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กันและกัน ส่งผลกระทบต่อกัน หากบุคคลมีกระบวนการแสวงหาความรู้ที่ดีมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับตน บุคคลนั้นก็ย่อมมีโอกาสที่จะเกิดความรู้ ความเข้าใจในสาระหรือกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างกระจ่าง ต่อแ่และลึกซึ้ง เกิดความรู้สึกรหรือเจตคติไปในทางที่เหมาะสมและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านการกระทำหรือพฤติกรรมไปในทางที่พึงประสงค์

สุรวงศ์ ไคว้ตระกูล (2541, หน้า 185) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ว่า การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากประสบการณ์ที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม หรือจากการฝึกหัด รวมทั้งการเปลี่ยนปริมาณความรู้ของผู้เรียน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 48) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ว่า การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้ โดยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลนั้นจะเกิดขึ้นค่อนข้างถาวร หรือ ถาวร

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้ จากประสบการณ์ที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม หรือจากการฝึกหัด รวมทั้งการเปลี่ยนปริมาณความรู้ของผู้เรียน โดยมีการจัดการเรียนการสอนเป็นขั้นตอนและวิธีการดำเนินการที่จัดทำตามหลักการของแนวคิดหรือทฤษฎี โดยอาศัย

วิธีสอนและเทคนิคการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้บรรลุ จุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

2.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้

ทศนีย์ มโนสมุท (2546, หน้า 243) ได้ให้หลักการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีจิตวิทยา
2. เมื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้ต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบ ทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพในลักษณะของการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง และนำข้อค้นพบมา ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบที่พัฒนาขึ้น
3. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนอาจพัฒนาให้นำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางหรือ ใช้เฉพาะวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้
4. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้เป็นหลักจะมีจุดมุ่งหมายหลักที่ใช้เป็น หลักการพิจารณาเลือกใช้รูปแบบนั้นคือ ถ้าผู้ใช้นำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ตรงกับ จุดมุ่งหมายหลักก็จะทำให้เกิดผลสูงสุด แต่ก็สามารถนำรูปแบบไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสมแต่อาจมีผลของรูปแบบน้อยลง

2.3 ดัชนีประสิทธิผล

เผชิญ กิจระการ (2544, หน้า31) ได้ให้ความหมายว่า ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index) หมายถึง ตัวเลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนโดยเปรียบเทียบคะแนนที่เพิ่มขึ้นจาก คะแนนการทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน และคะแนนเต็มหรือคะแนน สูงสุดกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน เมื่อมีการประเมินสื่อการสอนที่เกิดขึ้น จะดู ประสิทธิภาพการสอนและการวัดประเมินผลสื่อการสอนนั้น ตามปกติการประเมินความแตกต่างของ ค่าคะแนนใน 2 ลักษณะ คือ ความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและคะแนนการทดสอบ หลังเรียน หรือเป็นการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.3.1 การหาค่าดัชนีประสิทธิผล

ดัชนีประสิทธิผล หาได้จากค่าความแตกต่างของการทดสอบก่อนการทดลองและการทดสอบหลังการทดลองด้วยคะแนนพื้นฐาน (คะแนนทดสอบก่อนเรียน) และคะแนนที่สามารถทำได้สูงสุด เขียนเป็นสูตรดังนี้

$$E.I = \frac{P_1 - P_2}{100 - P_1}$$

เมื่อ	E.I	แทน	ดัชนีประสิทธิผล
		P1	แทน คะแนนทดสอบก่อนเรียน
		P2	แทน คะแนนทดสอบหลังเรียน

จำนวนเศษของ E.I จะเป็นเศษที่ได้จากการวัดระหว่างการทดสอบก่อนเรียน (P1) และการทดสอบหลังเรียน (P2) ซึ่งคะแนนทั้ง 2 ชนิด (ประเภท) นี้จะแสดงถึงค่าร้อยละของคะแนนรวมสูงสุดที่ทำได้ (100 %) ตัวหารของดัชนี คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนสูงสุดที่นักเรียนสามารถทำได้และคะแนนทดสอบก่อนเรียน (P1)

ดัชนีประสิทธิผลสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินผลการสอน โดยเริ่มจากทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นตัววัดว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานอยู่ในระดับใด รวมถึงการวัดทางด้านความเชื่อใจศศติ และความตั้งใจของนักเรียน นำนักเรียนเข้าการทดลองเสร็จแล้วทำการทดสอบหลังเรียน แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าดัชนีประสิทธิผล โดยนำคะแนนก่อนเรียนไปลบออกจากคะแนนหลังเรียน ได้เท่าใดนำมาหารด้วยค่าที่ได้จากค่าทดสอบก่อนเรียนสูงสุดที่นักเรียนจะสามารถทำได้ ลบด้วยคะแนนทดสอบก่อนเรียนโดยทำให้อยู่ในรูปร้อยละ

ค่าดัชนีประสิทธิผลจะมีค่าอยู่ระหว่าง - 1.00 ถึง 1.00 หากค่าทดสอบก่อนเรียนเป็น 0 และการทดสอบหลังเรียนปรากฏว่านักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงคือ ได้คะแนน 0 เท่าเดิม แต่ถ้าคะแนนทดสอบก่อนเรียน = 0 และคะแนนทดสอบหลังเรียนนักเรียนทำได้สูงสุด คือ เต็ม 100 ค่า E.I จะมีค่า 100 และในทางตรงกันข้ามถ้าคะแนนสอบหลังเรียนน้อยกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนค่าที่ได้จะมีค่าเป็นลบ เช่น P1 = 73 % P2 = 45 % E.I = -0.38 ในสภาพของการเรียนเพื่อรอบรู้ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องเรียนให้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดัชนีประสิทธิผลสามารถนำมาดัดแปลง

เพื่ออ้างอิงเกณฑ์ด้วยค่าของเกณฑ์สูงสุดที่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งในกรณีค่าดัชนีประสิทธิผล อาจมีค่าได้ถึง 1.00

2.3.2 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผลของสื่อ วิธีสอน หรือ นวัตกรรม

บุญชม ศรีสะอาด (2546, หน้า 157-159) ได้กล่าวว่า เพื่อให้ทราบว่าการเรียนการสอนหรือวิธีสอน ที่ครูวิจัยขึ้นมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) เพียงใดก็นำสื่อที่พัฒนาขึ้นนั้นไปทดลองใช้กับนักเรียนอยู่ในระดับเหมาะสมกับที่ได้ออกแบบมาแล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการให้ผลอย่างชัดเจนแน่นอน ซึ่งนิยมวิเคราะห์และแปลผล 2 วิธี

วิธีที่ 1 จากการพิจารณาผลของการพัฒนา

วิธีนี้เป็นการเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้าย เช่น ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อเห็นพัฒนาการหรือความงอกงาม ครูผู้ศึกษาค้นคว้าจะต้องสร้างเครื่องมือวัดในตัวแปรที่น่าสนใจศึกษา เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่สร้างเพื่อวัดผลการเรียนรู้หลังจากการเรียนเรื่องนั้น ซึ่งจะต้องสร้างให้ครอบคลุมจุดประสงค์เนื้อหาสาระที่เรียน หรือคุณลักษณะที่มุ่งวัดสร้างไว้ล่วงหน้า เมื่อก่อนจะเริ่มสอนหรือเริ่มทดลอง (Pre-test) และหลังจากเรียนเรื่องนั้นจบแล้วก็นำแบบทดสอบชุดเดิมมาทดลองกับนักเรียนกลุ่มเดิม (Post-test) นำผลทั้งสองครั้งมาเปรียบเทียบกัน โดยเขียนคะแนนหลังเรียนไว้ก่อนคะแนนก่อนเรียนจำแนกเป็น 2 กลุ่มคือ 1) การพิจารณารายบุคคล 2) การพิจารณารายกลุ่ม

วิธีที่ 2 การหาค่าดัชนีประสิทธิผล

การหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index) กรณีรายบุคคล ตามแนวคิดของ Hafland จะให้สารสนเทศที่ชัดเจน โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}$$

โดยทั่วไปการหาค่าดัชนีประสิทธิผลมักหาโดยใช้คะแนนของกลุ่ม ซึ่งทำให้สูตรเปลี่ยนไปดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนของทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

การหาค่าดัชนีประสิทธิผลเอกสารประกอบการเรียน (The Effectiveness Index: E.I) ใช้สูตรดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล (E.I)} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}{\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}$$

เกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ค่าดัชนีประสิทธิผลมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีที่ 2 คือ การหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index)

กรณีรายบุคคล ตามแนวคิดของ Hafland

3. แนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภักทราชัย (2556, หน้า 50) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีสอนของแต่ละสาขาวิชามาสวมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน นอกจากนี้ สะเต็มศึกษา ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556, หน้า 1) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการเรียนรู้เนื้อหาทักษะด้านวิชา วิทยาศาสตร์ (Science:) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) และการเรียนรู้เนื้อหาทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science:) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) และเทคโนโลยี

(Technology) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน อย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี

3.2 แนวคิด สะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556, หน้า 50) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาที่มี แนวคิด ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็น การบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based science teaching) กิจกรรมการ สอนแบบแก้ปัญหา (Scientific problem-based activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับ ประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อ หน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสนใจ มีความ กระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียนสนใจจะเรียนในสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือ กระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทาง เทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering design หรือ Design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการ สืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึง คอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยกาคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิต นักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่า สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรกคือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองคือ ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมา คือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-level math thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

นอกจาก สะเต็มศึกษา จะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาแล้ว ยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่า และสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล – มัธยมศึกษาตอนปลายโดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษา มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนา ชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ สะเต็มศึกษา ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะเพิ่มความสามารและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ สะเต็มศึกษา ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาด้านทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

3.3 ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากแนวคิดข้างต้นนักการศึกษาก็ยังได้มีบูรณาการศาสตร์อื่นประกอบเพื่อให้การจัดการศึกษา ตามแนว สะเต็มศึกษา นั้นครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน เช่น การจัดการศึกษา สะเต็มศึกษา ที่มีบูรณาการศิลปะ (A) ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสถ่ายทอดหรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการยิ่งขึ้น ผู้เรียนยังสามารถสื่อสารความคิดของตนเองในรูปแบบของตนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษา ท่าทางหรือการวาดภาพ หรือการสร้างโมเดลจำลอง ทำให้ชิ้นงานนั้น ๆ มีองค์ประกอบด้านความสุนทรีย์ และความสวยงามเพิ่มขึ้น เกิดเป็นชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งานและความสวยงาม

3.3 กระบวนการสะเต็มศึกษา

ชวลลิต สมานิติ (2557, หน้า 1-3) กล่าวว่า การจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือ สะเต็มศึกษา เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาขาวิชาและกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญและจำเป็น

1. ตัวอักษรตัวแรกของ STEM คือ S มาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระที่ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัว ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน จะเน้นให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้โดยผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์

บทบาทของวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะมีส่วนในการช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการสืบค้นข้อมูลความรู้ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2. ตัวอักษรที่สองของ STEM คือ T มาจากคำว่า Technology หรือ เทคโนโลยี ซึ่งเป็นสาระที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา การพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์เรา ดังนั้นคำว่าเทคโนโลยีจึงไม่ได้หมายความถึงเพียงแค่ผลผลิตที่ได้จาก

กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายรูป โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น เท่านั้นแต่ยังหมายถึงกระบวนการแก้ปัญหาอีกด้วย

บทบาทของเทคโนโลยีในสะเต็มศึกษาจะพัฒนาให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล อีกทั้งยังเป็นการพัฒนานิสัยความรอบคอบ ความเพียรไม่ย่อท้อต่อความล้มเหลวหรือความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในขณะทำกิจกรรม

3. ตัวอักษรตัวที่สามของ STEM คือ E มาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งวิศวกรรมในที่นี้หมายถึง การออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา โดยเป็นการใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์จะมีขั้นตอนคล้ายกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย และวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจจะไม่ใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด

บทบาทของวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดเป็นระบบ อีกทั้งยังเป็นการฝึกนิสัยความเพียร ความรอบคอบ

4. ตัวอักษรตัวที่สี่ใน STEM คือ M มาจาก Mathematics หรือคณิตศาสตร์ สำหรับสาระและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะครอบคลุมเรื่องจำนวนและกระบวนการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ กระบวนการแก้ปัญหา

บทบาทของคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษา จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา การคิดเป็นเหตุเป็นผล ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้

เขมวดี พงศานนท์ (อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล , 2557,หน้า 85-86) ได้กล่าวถึงกระบวนการสะเต็มศึกษาในแต่ละส่วนไว้ว่า

1.วิทยาศาสตร์ (Sciences) คือ ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาระวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี

3. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัย และตัดสินใจ

4. วิศวกรรม (Engineering) คือ ความเข้าใจในการพัฒนา หรือ การได้มาของเทคโนโลยี โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

จากแนวคิดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการสะสมเต็มศึกษาเป็นการผสมผสานและบูรณาการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางเทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ซึ่งในแต่ละกระบวนการนั้นจะมีบทบาทที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหา และคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.4 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะสมเต็มศึกษา

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการหลากหลายที่จะปรับการเรียน เปลี่ยนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในห้องเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิด สะสมเต็มศึกษาซึ่งสามารถเลือกบางแนวทางที่เหมาะสมไปปรับใช้ในชั้นเรียนได้ตามความเหมาะสม ซึ่งในแต่ละแนวทางนั้นไม่ใช่แนวคิดที่เกิดขึ้นใหม่

3.4.1 เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริง คุณครูหลายท่านน่าจะทำอยู่แล้วอย่างสม่ำเสมอ เพียงนักเรียนมองเห็นว่าแนวคิดหลัก หรือกระบวนการที่เรารู้ นั้น สามารถเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ ใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตจริง ก็เป็นก้าวแรกสู่การบูรณาการความรู้สู่การเรียนอย่างมีความหมาย เพราะปรากฏการณ์หรือประติสฐกรรมใดๆ รอบตัวเรา ไม่ได้เป็นผลของความรู้จากศาสตร์หนึ่งศาสตร์ใดเพียงศาสตร์เดียว การประยุกต์ความรู้ง่ายๆ เช่น การคำนวณพื้นที่ของกระดาษชำระแบบม้วน เชื่อมโยงสู่ความรู้ความสงสัยด้านวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีการผลิต และการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมวิเคราะห์ปัญหาและสร้างสรรค์วิธีแก้ไขได้อย่างหลากหลาย จนน่าแปลกใจ

3.4.2 การสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาประเด็นปัญหา หรือตั้งคำถาม แล้วสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง โดยการรวบรวมประจักษ์พยานหลักฐานที่เกี่ยวข้อง สื่อสารแนวคิดและเหตุผล เปรียบเทียบแนวคิดต่างๆ โดยพิจารณาความหนักแน่นของหลักฐานก่อนการตัดสินใจไปในทางใดทางหนึ่งนับเป็นกระบวนการเรียนรู้สำคัญที่ไม่เพียงแต่สนับสนุนการเรียนรู้ในประเด็นที่ศึกษาเท่านั้น แต่ยังเป็นช่องทางให้มีการบูรณาการความรู้ในศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถาม นับเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนจุดเน้นของสะเต็มศึกษาได้เป็นอย่างดี

3.4.3 การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การทำโครงงานเป็นการสืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบหนึ่ง เป็นแนวทางที่สามารถส่งเสริมการบูรณาการความรู้สู่การแก้ปัญหาได้ชัดเจน การสืบเสาะหาความรู้บางครั้งครูเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหา หรือให้ข้อมูลสำหรับศึกษาวิเคราะห์ หรือกำหนดวิธีการในการสำรวจตรวจสอบ ตามข้อจำกัดของเวลาเรียน วัสดุอุปกรณ์ หรือปัจจัยแวดล้อมต่างๆ แต่การทำโครงงานนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้สำคัญในทุกขั้นตอนด้วยตนเอง ตั้งแต่การกำหนดปัญหาศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการรวบรวมข้อมูล ดำเนินการ ลงข้อสรุป และสื่อสารสิ่งที่ค้นพบ (บางครั้งครูอาจกำหนดกรอบกว้างๆ เช่น ให้ทำโครงงานเกี่ยวกับพลังงานทดแทน โครงงานเกี่ยวกับการใช้คณิตศาสตร์ในผลิตภัณฑ์ของชุมชน เป็นต้น) โครงงานในรูปแบบสิ่งประดิษฐ์จะมีการบูรณาการกระบวนการทางวิศวกรรมได้อย่างโดดเด่น แต่โครงงานในรูปแบบอื่น ทั้งโครงงานเชิงทดลอง เชิงสำรวจ หรือเชิงทฤษฎี ก็มีคุณค่าควรแก่การสนับสนุนไม่แพ้กันแม้นักเรียนจะมีบทบาทหลักในการเรียนรู้ผ่านการทำโครงงาน แต่บทบาทของครูในการให้คำปรึกษาระหว่างนักเรียนทำโครงงานนั้นเป็นบทบาทที่สำคัญและท้าทาย เนื่องจากครูมีความรับผิดชอบในการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความรู้ความสามารถตามเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ โดยครูต้องเตรียมพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ไปพร้อมกับนักเรียนในทุกหัวข้อโครงงาน

3.4.4 การสร้างสรรค์ชิ้นงาน แนวคิดนี้ไม่ได้เป็นแนวคิดใหม่เลยเสียทีเดียว ยุคก่อน ๆ จะเป็นการสานพัด การร้อยมาลัย การประดิษฐ์เครื่องดนตรี สมุดภาพ การจัดป้ายนิเทศ แต่ทุกวันนี้อาจสร้างสรรค์ชิ้นงานที่แตกต่างไปจากยุคก่อน เช่น ประดิษฐ์ป้ายไฟ รถแข่งพลังงานแสงอาทิตย์ ถ่ายหนังสั้น ทำมัลติมีเดียสำหรับนำเสนองาน ประสบการณ์การทำชิ้นงานเหล่านี้

สร้างทักษะการคิด การออกแบบ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
 ชิ้นงานที่ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างอิสระและสร้างสรรค์ การประดิษฐ์ชิ้นงานเหล่านี้
 ประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ อย่างไม่รู้ตัว บางครั้งครูอาจจัดให้นักเรียนสะท้อน
 ความคิดว่าได้เกิดประสบการณ์หรือเรียนรู้อะไรบ้างจากงานที่มอบหมายให้ทำ เพราะเป้าหมาย
 ของการเรียนรู้อยู่ที่กระบวนการทำงานด้วยเช่นกัน หากนักเรียนมองเพียงเป้าหมายชิ้นงานที่สำเร็จ
 อย่างเดียวอาจไม่ตระหนักว่าตนเองได้เรียนรู้บทเรียนสำคัญมากมายระหว่างทาง

3.4.5 การบูรณาการเทคโนโลยี เพียงครูบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่
 กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ครูก็ได้ก้าวเข้าไปใกล้เป้าหมายการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 ศึกษาอีกก้าวหนึ่งแล้ว เทคโนโลยีที่ครูสามารถใช้ประโยชน์ในชั้นเรียนปัจจุบันนี้ได้ตั้งแต่การสืบค้น
 ข้อมูลลักษณะต่างๆ การบันทึกและนำเสนอข้อมูลด้วยภาพนิ่ง วิดีทัศน์ และมัลติมีเดีย การใช้
 อุปกรณ์ sensor/data logger บันทึกข้อมูลในการสำรวจตรวจสอบ การใช้ซอฟต์แวร์จัดการกระทำ
 วิเคราะห์ข้อมูล และเทคโนโลยีอื่นๆ อีกมากมาย การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้ กระตุ้นให้
 นักเรียนสนใจการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ประยุกต์ใช้ความรู้ แก้ปัญหา และทำงานร่วมกัน รวมทั้ง
 สร้างทักษะสำคัญในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพต่อไปในอนาคตด้วย

3.4.6 การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 ศึกษาพัฒนาพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้และสร้าง
 นวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ตามกรอบแนวคิดของ Partnership for 21st
 Century Skills ที่ครอบคลุม 4C คือ Critical Thinking (การคิดเชิงวิพากษ์) Communication (การ
 สื่อสาร) Collaboration (การทำงานร่วมกัน) และ Creativity (การคิดสร้างสรรค์) จะเห็นได้ว่า
 กิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบโครงงาน หรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นสามารถสร้าง
 เสริมทักษะเหล่านี้ได้มากอย่างไรก็ตามในบริบทของโรงเรียนทั่วไป ครูอาจไม่สามารถให้นักเรียน
 เรียนรู้ด้วยการทำโครงงาน หรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานเท่านั้น ดังนั้นในบทเรียนอื่นๆ ถ้าครูมุ่งเน้น
 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในทุกโอกาสที่เอื้ออำนวย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น
 ทำงานร่วมกัน เรียนรู้การหาที่ติ (ฝึกคิดเชิงวิพากษ์) หาที่ชมหรือเสนอวิธีการใหม่ (ฝึกคิดเชิง
 สร้างสรรค์) ก็นับว่าครูจัดการเรียนการสอนเข้าไปใกล้แนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้นตามสภาพจริงของ
 ชั้นเรียน

3.4.7 การสร้างการยอมรับและการมีส่วนร่วมจากชุมชน ครูหลายท่านอาจเคยมีประสบการณ์กับผู้ปกครองที่ไม่เข้าใจแนวคิดการศึกษาที่พัฒนานักเรียนให้เป็นคนเต็มคน แต่มุ่งหวังให้สอนเพียงเนื้อหา ตัวข้อสอบ อยากให้ครูสร้างเด็กที่สอบเรียนต่อได้ แต่อาจใช้ชีวิตไม่ได้ในสังคมจริงของการเรียนรู้และการทำงาน เมื่อครูมอบหมายให้นักเรียนสืบค้น สร้างชิ้นงาน หรือทำโครงการ ผู้ปกครองไม่ให้การสนับสนุน หรืออีกด้านหนึ่งผู้ปกครองรับหน้าที่ทำให้ทุกอย่าง อย่างไรก็ตามหวังว่าผู้ปกครองทุกคนจะไม่เป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น ผลงานจากความสามารถของเด็ก เป็นอาวุธสำคัญที่ครูจะนำมาเผยแพร่จัดแสดงเพื่อชนะใจผู้ปกครองและชุมชนให้ให้การสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูสามารถนำนักเรียนไปศึกษาในแหล่งเรียนรู้ของชุมชน สำรวจสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในท้องถิ่น ศึกษาและรายงานสภาพมลพิษหรือการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ให้ชุมชนรับทราบ ตลอดจนศึกษาและแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในชุมชน กิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ เกิดประโยชน์สำหรับนักเรียนเอง อาจเป็นประโยชน์สำหรับชุมชน และสามารถสร้างการมีส่วนร่วม ความภาคภูมิใจ และที่สำคัญอย่างยิ่งคือความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมรับผิดชอบคุณภาพการจัดการศึกษาในท้องถิ่นตัวเองให้เกิดขึ้นได้

3.4.8 การสร้างการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่น การให้นักเรียนศึกษาปัญหาปลายเปิดตามความสนใจของตนเองในลักษณะโครงการ ตลอดจนการเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การใช้ประโยชน์ในบริบทจริงนั้น บางครั้งนำไปสู่คำถามที่ซับซ้อนจนต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเฉพาะทาง ครูไม่ควรกลัวจะยอมรับกับนักเรียนว่าครูไม่รู้คำตอบ หรือครูช่วยไม่ได้ แต่ควรใช้เครือข่ายที่มีเชื่อมโยงให้ผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นมาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน เครือข่ายดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้ง ศิษย์เก่า ผู้ปกครอง ประชาชนชาวบ้าน เจ้าหน้าที่รัฐ หรืออาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาในท้องถิ่น ครูสามารถเชิญวิทยากรภายนอกมาบรรยายหรือสาธิตในบางหัวข้อ หรือใช้เทคโนโลยี เช่น การประชุมผ่านวิดีโอ คัดค้านายให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถพูดคุย ให้ความคิดเห็น หรือวิพากษ์ผลงานของนักเรียน เป็นต้น

3.4.9 การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ(informal learning) เด็กๆ นั้นรักความสนุก หากเราจำกัดความสนุกไม่ให้เกิดการเรียนรู้ในโรงเรียน ความสุขคงอยู่ห่างไกลจากครูและจากเด็กไปเรื่อยๆ แต่จะบูรณาการความสนุกสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของครูในการออกแบบกิจกรรมการ

เรียนรู้ที่ท้าทาย เพลิดเพลิน ให้การเรียนรู้เหมือนเป็นการเล่น แต่ในขณะที่เดียวกันก็ต้องสร้างความรู้ และความสามารถตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรด้วย การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการที่ได้รับความนิยม คือ การจัดกิจกรรมค่าย การเรียนรู้จากเพลง เกม ละคร หรือการประกวดแข่งขัน กิจกรรมเหล่านี้เป็นโอกาสดีที่จะสร้างการมีส่วนร่วมจากชุมชน เช่น อาจเชิญผู้เชี่ยวชาญในห้องถิ่นเป็นวิทยากรในค่าย เป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ หรือให้การสนับสนุนของรางวัล

3.4.10 การเรียนรู้ตามอัธยาศัย(non-formal learning) เมื่อครูได้ดำเนินการ 9 ข้อข้างต้นแล้ว อาจมองออกนอกขอบเขตรั้วโรงเรียน สร้างนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิต ให้เป็นวัฒนธรรมของชุมชน ร่วมกันสร้างแหล่งเรียนรู้ด้านสะเต็มในห้องถิ่น เช่น เส้นทางศึกษาธรรมชาติ หรือประยุกต์ความรู้สะเต็มเพื่อสนับสนุนแหล่งเรียนรู้วิถีชุมชน เช่น ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนำเสนอข้อมูลภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และวัฒนธรรมในชุมชนสร้างหอเกียรติยศสะเต็มของหมู่บ้าน เพื่อนำเสนอเรื่องราวการใช้ความรู้สะเต็มในการพัฒนาอาชีพและพัฒนาคุณภาพชีวิต เช่น ผลงานด้านการเกษตร ด้านสาธารณสุข ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เป็นต้น

4. การคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking)

คำว่า “การคิดวิเคราะห์” ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน ซึ่ง จอห์น ดิวอี้ ได้กล่าวไว้ใน ปี ค.ศ. 1930 ดังนี้คือ

1. สถานภาพความสงสัยลังเล ความซับซ้อนยุ่งยากใจ และคลี่คลายความซับซ้อนต่าง ๆ ได้
2. การสืบเสาะ ค้นคว้า ค้นหา ทاملไถ่ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล ความรู้หรือคำตอบที่ช่วยให้หายสงสัย ผ่อนคลายจากความงุนงง ยุ่งยากใจ และคลี่คลายความซับซ้อนต่าง ๆ ได้

4.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

บลูม (Bloom, 1956 อ้างอิงใน ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 41-44) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร

ดิวอี้ (Dewey ,1933 อ้างอิงในชานาญ เขียมสำอาง, 2539 , หน้า 51) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง การคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง โดยอธิบายขอบเขตการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก และสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

สุวิทย์ มูลคำ (2547 , หน้า 9)กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อเรื่องต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือความประสงค์ใด และส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยอาศัยหลักการใด เป็นการระบุคุณลักษณะ ระบุประเด็นหรือองค์ประกอบของข้อมูล ซึ่งครอบคลุมถึงการระบุความเหมือนหรือความแตกต่างของข้อมูลด้วย

จากความหมายของการคิดวิเคราะห์ที่กล่าวมาทั้งหมดสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้ เพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร โดยอธิบายขอบเขตการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก และสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

4.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

เปียเจต์ (J. Piaget, 1962 อ้างอิงใน พรพนธ์ ช. เจนจิต, 2528, หน้า 87-91) ได้แบ่งลำดับขั้นของการพัฒนาทางสติปัญญา ออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensory-Motor Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่น การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว การมอง การดู ในวัยนี้เด็กแสดงออกทางด้านร่างกายให้เห็นว่ามีสติปัญญาด้วยการกระทำ เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูด เด็กจะต้องมีโอกาสที่จะปะทะกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิดในขั้นนี้ มีความคิดความเข้าใจของเด็กจะก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เช่น สามารถประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อ และสายตา เด็กในวัยนี้มักจะทำอะไรซ้ำบ่อยๆ เป็นการเลียนแบบ พยายาม

แก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เด็กจะมีการแสดงออกของพฤติกรรมอย่างมีจุดมุ่งหมายและสามารถแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการแต่กิจกรรมการคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้เท่านั้น

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี แบ่งออกเป็นขั้นย่อยอีก 2 ขั้น คือ

2.1 ขั้นก่อนเกิดสิ่งกัป (Preconceptual Thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็กอายุ 2-4 ปี เป็นช่วงที่เด็กเริ่มมีเหตุผลเบื้องต้น สามารถจะโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ หรือมากกว่ามาเป็นเหตุผลเกี่ยวโยงซึ่งกันและกัน แต่เหตุผลของเด็กวัยนี้ยังมีขอบเขตจำกัดอยู่ เพราะเด็กยังคงยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง คือถือความคิดตนเองเป็นใหญ่ และมองไม่เห็นเหตุผลของผู้อื่น ความคิดและเหตุผลของเด็กวัยนี้ จึงไม่ค่อยถูกต้องตามความเป็นจริงนัก นอกจากนี้ความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆ ยังคงอยู่ในระดับเบื้องต้น เช่น เข้าใจว่าเด็กหญิง 2 คน ชื่อเหมือนกัน จะมีทุกอย่างเหมือนกันหมด แสดงว่าความคิดรวบยอดของเด็กวัยนี้ยังไม่พัฒนาเต็มที่ แต่พัฒนาการทางภาษาของเด็กเจริญรวดเร็วมาก

2.2 ขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้ นี้ก็ออกเองโดยไม่ใช้เหตุผล (Intuitive Thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ รวมตัวดีขึ้น รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจำนวนเลข เริ่มมีพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ แต่ไม่แจ่มชัดนัก สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้าไว้ก่อน รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนำเหตุผลต่างๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหาโดยไม่วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนเสียก่อนการคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ หรือสัมผัสจากภายนอก

3. ขั้นปฏิบัติการคิดด้านรูปธรรม (Concrete Operation Stage) ขั้นนี้จะเริ่มจากอายุ 7-11 ปี พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถที่จะเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ สามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความคงตัวของสิ่งต่างๆ โดยที่เด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่งแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปก็ยังมีน้ำหนัก หรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อย ส่วนรวม ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้คือ

ความสามารถในการคิดย้อนกลับ นอกจากนั้นความสามารถในการจำของเด็กในช่วงนี้มีประสิทธิภาพขึ้น สามารถจัดกลุ่มหรือจัดการได้อย่างสมบูรณ์ สามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

4. ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage) นี้จะเริ่มจากอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสุดยอด คือเด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง เด็กจะสามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมุติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่อาจจะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นามธรรมพัฒนาการทางการรู้คิดของเด็กในช่วงอายุ 6 ปีแรกของชีวิต ซึ่งเพียเจต์ ได้ศึกษาไว้เป็นประสบการณ์ สำคัญที่เด็กควรได้รับการส่งเสริม มี 6 ขั้น ได้แก่

1. ขั้นความรู้แตกต่าง (Absolute Differences) เด็กเริ่มรับรู้ในความแตกต่างของสิ่งของที่มองเห็น
2. ขั้นรู้สิ่งตรงกันข้าม (Opposition) ขั้นนี้เด็กรู้ว่าของต่างๆ มีลักษณะตรงกันข้ามเป็น 2 ด้าน เช่น มี-ไม่มี หรือ เล็ก-ใหญ่
3. ขั้นรู้หลายระดับ (Discrete Degree) เด็กเริ่มรู้จักคิดสิ่งทีเกี่ยวกับลักษณะที่อยู่ตรงกลางระหว่างปลายสุดสองปลาย เช่น ปานกลาง น้อย
4. ขั้นความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง (Variation) เด็กสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เช่น บอกถึงความเจริญเติบโตของต้นไม้
5. ขั้นรู้ผลของการกระทำ (Function) ในขั้นนี้เด็กจะเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง
6. ขั้นการทดแทนอย่างลงตัว (Exact Compensation) เด็กจะรู้ว่าการกระทำให้อะไรของสิ่งหนึ่งเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลต่ออีกสิ่งหนึ่งอย่างตัดเทียมกัน

วัตสัน และเกลเซอร์ (Watson and glaser,1964, p. 10) ได้กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ว่าประกอบด้วยทัศนคติ ความรู้ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ทักษะในการสืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเห็นปัญหาและความต้องการที่จะสืบเสาะ ค้นหาข้อมูล หลักฐานมาพิสูจน์เพื่อหาข้อเท็จจริง

2. ความรู้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิงและการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผล ทักษะในการใช้ความรู้และทัศนคติ ที่กล่าวมาข้างต้น จากผลการวิจัยต่าง ๆ ของวัตสันและเกลเซอร์สรุปว่า การคิดวิเคราะห์ประกอบไปด้วยความสามารถย่อย ๆ 5 ประการ คือ

2.1 ความสามารถในการอ้างอิง

2.2 การตั้งสมมติฐาน

2.3 การนิรนัย

2.4 การแปลความ

2.5 การประเมินข้อโต้แย้งต่าง ๆ

บลูม (Bloom, 1971) ได้จัดลำดับความสามารถทางการคิดของบุคคลเป็น 6 ระดับเริ่มจาก

1. ความรู้พื้นฐานดั้งเดิมเกี่ยวกับเรื่องนั้น
2. ความเข้าใจข้อเท็จจริงในเรื่องนั้น
3. การนำข้อเท็จจริงนั้นไปแก้ไขปัญหา หรือนำไปใช้ในเรื่องนั้น
4. การวิเคราะห์ทดสอบข้อเท็จจริงในความสัมพันธ์หรือสถานการณ์ที่แตกต่าง
5. การสังเคราะห์สิ่งใหม่หรือการสร้างความคิดใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจในข้อเท็จจริงนั้น

6. การประเมินคุณค่าของข้อมูล ความคิดหรือผลผลิต จึงเป็นเรื่องที่ดีถ้านักเรียนทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการกำหนดวิสัยทัศน์ ภารกิจ เป้าหมาย การตัดสินใจและการแก้ปัญหา ร่วมกัน เพราะในแต่ละระดับ เมื่อนักเรียนเกิดความคล่องตัว จะเกิดการขุดตัวขึ้นสู่ระดับที่สูงขึ้น นักเรียนจะมีความเชี่ยวชาญเพิ่มขึ้นและสามารถคิดในระดับสูงได้ในที่สุด

มาร์ซาโน (Marzano, 2001 ,pp.30-60) ได้พัฒนารูปแบบจุดมุ่งหมายทางการศึกษารูปแบบใหม่ประกอบด้วยความรู้สามประเภทและกระบวนการจัดการทำข้อมูล 6 ระดับ ดังนี้

ประเภทของความรู้

1. ข้อมูล เน้นการจัดระบบความคิดเห็น จากข้อมูลง่ายสู่ข้อมูลยาก เป็นระดับความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ลำดับเหตุการณ์ สมเหตุสมผลเฉพาะเรื่องและหลักการ

2. กระบวนการ เน้นกระบวนการเพื่อการเรียนรู้ จากทักษะสู่กระบวนการอัตโนมัติ อันเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่สั่งสมไว้

3. ทักษะ เน้นการเรียนรู้ที่ใช้ระบบโครงสร้างกล้ามเนื้อ จากทักษะง่ายสู่กระบวนการที่ซับซ้อนขึ้น

กระบวนการจัดกระทำกับข้อมูลมี 6 ระดับดังนี้

ระดับที่ 1 ขั้นรวบรวม เป็นการคิดทบทวนความรู้เดิม รับข้อมูลใหม่และเก็บเป็นคลังข้อมูลไว้เป็นการถ่ายโยงความรู้จากความจำถาวรสู่ความจำนำไปใช้ในการปฏิบัติการโดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของความรู้นั้น

ระดับที่ 2 ขั้นเข้าใจ เป็นการเข้าใจสาระที่เรียนรู้สู่การเรียนรู้ใหม่ในรูปแบบการใช้สัญลักษณ์เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของความรู้นั้นโดยเข้าใจประเด็นสำคัญ

ระดับที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความเหมือนและความแตกต่างอย่างมีหลักการ จัดหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของมูล

ระดับที่ 4 ขั้นใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ปัญหาที่ยุ่งยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่าง และการพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน การตั้งข้อสมมติฐานและการทดลองสมมติฐานนั้นบนพื้นฐานของความรู้

ระดับที่ 5 ขั้นบูรณาการความรู้ เป็นการจัดระบบความคิดเพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด การกำกับ ติดตามการเรียนรู้และการจัดขอบเขตการเรียนรู้

ระดับที่ 6 ขั้นการจัดระบบแห่งตน เป็นการสร้างระดับแรงจูงใจต่อภาวการณ์เรียนรู้และภาระงานที่ได้รับมอบหมายในการเรียนรู้ รวมทั้งความตระหนักในความสามารถของการเรียนรู้ที่ตนมี

ขั้นการคิดวิเคราะห์ของมาซาโน (Marzano.2001 : อ้างอิงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, หน้า 58) จำแนกออกเป็น

1. ทักษะการจำแนก เป็นความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยต่าง ๆ ทั้งเหตุการณ์ เรื่องราวสิ่งของออกเป็นส่วนย่อย ๆ ให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถบอกรายละเอียดของ สิ่งต่าง ๆ ได้

2. ทักษะการจัดหมวดหมู่ เป็นความสามารถในการจัดประเภท จัดลำดับ จัดกลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน โดยยึดโครงสร้างลักษณะหรือคุณสมบัติที่เป็นประเภทเดียวกัน

3. ทักษะการเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

4. ทักษะการสรุปความ เป็นความสามารถในการจับประเด็นและสรุปผลจากสิ่งที่กำหนดให้

5. การประยุกต์ เป็นความสามารถในการนำความรู้ หลักการและทฤษฎีมาใช้ใน สถานการณ์ต่าง ๆ สามารถคาดการณ์ งบประมาณ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้น ในอนาคตได้

การคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูมและมาร์ซาโน มีความคล้ายคลึงกัน ดังนี้

บลูม	มาร์ซาโน
1. วิเคราะห์ความสำคัญ	1. การจำแนก
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์	2. การจัดหมวดหมู่
3. วิเคราะห์หลักการ	3. การเชื่อมโยง
	4. การสรุปความ
	5. การประยุกต์

จากแนวคิดของบลูม และทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน เมื่อนานุกรณาการกัน พบว่าการคิด วิเคราะห์สามารถนำไปเป็นกรอบแนวคิดทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยได้

สรุปได้ว่าแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์เป็นการจัดลำดับความสามารถทางการ คิดของบุคคล ในเรื่องข้อมูล ความเข้าใจในข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด ทักษะกระบวนการ ใน การรวบรวมข้อมูล เข้าใจประเด็น จำแนกส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ การสรุปอย่างสมเหตุสมผล สามารถประยุกต์ใช้ตามสถานการณ์ต่าง ๆ และการคาดการณ์บนข้อสมมติฐานตามหลักการได้

4.3 ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

บลูม (Bloom, 1956 อ้างอิงใน ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 41-44) ได้จำแนกการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าอะไรสำคัญ หรือจำเป็น หรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล

1.1 การวิเคราะห์ชนิด หมายถึง ความสามารถในการจำแนก บอกชนิด ลักษณะประเภทของข้อความ เรื่องราว วัตถุประสงค์ของ เหตุการณ์ และการกระทำต่าง ๆ ตามกฎเกณฑ์และหลักการใหม่ที่เรากำหนดให้

1.2 การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่มีความหมายนัยสำคัญของเรื่องราว ในแง่มุมต่าง ๆ เช่น ให้จับความสำคัญที่เป็นเนื้อหาสาระและแก่นสารของเรื่องราว วิเคราะห์หาผลลัพธ์ผลสรุป ความเด่นที่มีคุณค่า และความด้อยที่ไร้สาระ หรือสิ่งที่มีอิทธิพลทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อเรื่องราวนั้นทางใดทางหนึ่ง

1.3 การวิเคราะห์เลศนัย หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะ ค้นหาเจตนา ความคิดที่ซ่อนแฝงอยู่ในข้อความ เรื่องราว วัตถุประสงค์ของ เหตุการณ์และการกระทำ หรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่า ความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้น เกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. การวิเคราะห์หลักการ หมายถึงการค้นหาโครงสร้างและระบบของวัตถุประสงค์ของ เรื่องราว และการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องด้วยอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลัก เป็นแกนกลาง มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อม ยึดถือหลักการใด มีเทคนิคอย่างไร หรือยึดคติใด

3.1 การวิเคราะห์โครงสร้าง หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์เรื่องราวและสิ่งต่าง ๆ ว่ามีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยงสิ่งย่อย ๆ เหล่านั้นเข้าเป็นเอกกรูปเดียวกัน

3.2 การวิเคราะห์หลักการ หมายถึงความสามารถในการวิเคราะห์เรื่องราวและสิ่งต่าง ๆ ว่ายึดถืออะไรเป็นหลักการและแนวทางในการปฏิบัติ

สุวิทย์ มูลคำ (2548 ,หน้า 23-24) ได้จำแนกลักษณะของการคิดวิเคราะห์ ไว้เป็น 3 ด้าน คือ

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการแยกแยะค้นหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งหรือเรื่องราวต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบของพืช หรือเหตุการณ์ต่างๆ ตัวอย่างคำถาม เช่น อะไรเป็นสาเหตุสำคัญของการระบาดใช้หวัดนกในประเทศไทย

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่างๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล หรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างคำถาม เช่น การพัฒนาประเทศกับการศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้นๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด ตัวอย่างคำถาม เช่น หลักการสำคัญของศาสนาพุทธได้แก่อะไร

จากลักษณะการคิดวิเคราะห์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์มีลักษณะสำคัญดังนี้ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ส่วนประกอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ

4.4 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2548 , หน้า 52) กล่าวว่า องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. การตีความ ความเข้าใจ และให้เหตุผลแก่สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์เพื่อแปลความของสิ่งนั้นขึ้นกับความรู้อรรถาธิบายและค่านิยม

2. การมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์

3. การช่างสังเกต สงสัย ช่างถาม ขอบเขตของคำถาม ที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงวิเคราะห์จะยึดหลัก 5 W 1 H คือ ใคร (Who) อะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When)ทำไม (Why) อย่างไร (How)

4. การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (คำถาม) ค้นหาคำตอบได้ว่า อะไรเป็นสาเหตุให้เรื่องนั้นเชื่อมกับสิ่งนี้ได้อย่างไร เรื่องนี้ใครเกี่ยวข้อง เมื่อเกิดเรื่องนี้จะผลกระทบอย่างไรมีองค์ประกอบใดบ้างที่นำไปสู่สิ่งนั้น มีวิธีการ ขั้นตอนการทำให้เกิดสิ่งนี้อย่างไร มีแนวทางแก้ไขปัญหาอย่างไรบ้าง ถ้าทำเช่นนี้จะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต ลำดับเหตุการณ์นี้ดูว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรเขาทำสิ่งนี้ได้อย่างไร สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

สุวิทย์ มูลคำ (2546 , หน้า 13) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า

1. ความสามารถในการตีความ หมายถึง การพยายามทำความเข้าใจ และให้เหตุผลในสิ่งที่วิเคราะห์ เพื่อแปลความหมาย สร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่วิเคราะห์ โดยเกณฑ์ที่แต่ละบุคคลใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจย่อมแตกต่างกันตามความรู้ ประสบการณ์ ค่านิยม และความสามารถในการเชื่อมโยงเหตุผล

2. ความรู้ความเข้าใจเรื่องที่วิเคราะห์ หมายถึง การคิดวิเคราะห์ได้ดีต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของเรื่องนั้น เพราะความรู้ช่วยกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์แจ่มแจ้ง และจำแนกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง องค์ประกอบ ลำดับ ความสัมพันธ์ สาเหตุการวิเคราะห์เรื่อง จึงจำเป็นต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ เข้ามาเป็นองค์ประกอบในการคิด

3. ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และช่างถาม นักคิดเชิงวิเคราะห์ต้องมีองค์ประกอบทั้งสามด้าน ดังที่กล่าว ต้องเป็นคนช่างสังเกต สามารถค้นพบความผิดปกติจากสิ่งที่พบเห็นได้ ต้องเป็นคนช่างสงสัย เมื่อเห็นความผิดปกติแล้วไม่ละเลยไป แต่หยุดพิจารณาขบคิดไตร่ตรอง และต้องเป็นคนช่างถาม ชอบตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การคิดต่อเกี่ยวกับเรื่องนั้น การตั้งคำถามนั้นนำไปสู่การสืบค้นความจริงและเกิดความชัดเจนในประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ขอบเขตของคำถามที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ จะยึดหลักการตั้งคำถามโดยใช้หลัก 5W 1H คือ ใคร – Who ทำอะไร- What ที่ไหน – Where เมื่อไหร่ – When เพราะเหตุใด – Why อย่างไร – How

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดเป็นความจริง สิ่งใดเป็นเท็จ สิ่งใดมีรายละเอียดสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546 , หน้า 15-16) กล่าวถึง ลักษณะของการคิดวิเคราะห์ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า การจัดกิจกรรมต่างๆ ที่ประกอบเป็นการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันไปตามทฤษฎี การเรียนรู้ โดยทั่วไปสามารถแยกแยะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ ได้ดังนี้

1. การสังเกตจากการสังเกตข้อมูลมาก ๆ สามารถสร้างเป็นข้อเท็จจริงได้
2. ข้อเท็จจริงจากการรวบรวมข้อเท็จจริง และการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงบางอย่าง ที่ขาดหายไป สามารถทำให้มีการตีความได้

3. การตีความ เป็นการทดสอบความเที่ยงตรงของการอ้างอิง จึงทำให้เกิดการตั้งข้อสงสัยเบื้องต้น

4. การตั้งข้อสงสัยเบื้องต้น ทำให้สามารถมีความคิดเห็น

5. ความคิดเห็น เป็นการแสดงความคิดจะต้องมีหลักและเหตุผลเพื่อพัฒนาข้อวิเคราะห์ นอกจากนั้นเป็น กระบวนการที่อาศัยองค์ประกอบเบื้องต้นทุกอย่างร่วมกัน โดยทั่วไปนักเรียนจะไม่เห็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและข้อเท็จจริง หากนักเรียนเข้าใจถึงความแตกต่างก็จะทำให้นักเรียนเริ่มพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้

จากองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์มีองค์ประกอบดังนี้

1. การตีความ ความเข้าใจ และให้เหตุผลแก่สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์
2. การมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์
3. การช่างสังเกต สงสัย ช่างถาม
4. การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล
5. การเชื่อมโยงข้อเท็จจริง
6. การตั้งข้อสงสัยเบื้องต้น ทำให้สามารถมีความคิดเห็น
7. การแสดงความคิดที่มีหลักและเหตุผล

4.5 กระบวนการคิดวิเคราะห์

ดิลก ดิลกกานนท์ (2525, หน้า 63-66) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ว่าอะไรคืออะไร ขั้นนี้ผู้เรียนต้องรวบรวมปัญหา หาข้อมูลพร้อมสาเหตุของปัญหาจากการคิด การถาม การอ่าน หรือพิจารณาจากข้อเท็จจริงนั้น ๆ

2. กำหนดทางเลือก เมื่อหาสาเหตุของปัญหานั้นได้แล้ว ผู้เรียนต้องหาทางเลือกที่จะแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้และข้อจำกัดต่าง ๆ ทางเลือกที่จะแก้ปัญหานั้นไม่จำเป็นต้องมีทางเลือกทางเดียว อาจมีทางเลือกหลาย ๆ ทาง

3. เลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เป็นการพิจารณาทางเลือกที่ใช้แก้ปัญหาอันโดยมีเกณฑ์การตัดสินใจที่สำคัญคือ ผลดี ผลเสีย ที่เกิดขึ้นจากทางเลือกนั้น ทั้งที่เกิดขึ้นในด้านส่วนตัวและสังคมส่วนรวม

4. ตัดสินใจ เพื่อพิจารณาอย่างรอบคอบในขั้นตอนที่ 3 แล้วจึงตัดสินใจเลือกทางเลือกที่คิดว่าดีที่สุด หลังจากนั้นครูต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอความคิดของเขาและอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม โดยครูต้องยอมรับความคิดเห็นของทุกคน ถ้าหากคำตอบของผู้เรียนมีการขัดแย้งขึ้นในกลุ่ม ครูต้องเป็นผู้ตั้งคำถามด้วยการให้คิดต่อไปว่าคำตอบใดก่อให้เกิดผลในทางดีและไม่ดีอย่างไรบ้าง อะไรเป็นประโยชน์แก่ตนเองและสังคมมากที่สุด

เดรสเซล (Dressel อ้างอิงใน เดชา จันทศิริ, 2542, หน้า 67) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

1. ด้านการนิยามปัญหา หมายถึง ความสามารถในการกำหนดปัญหาข้อโต้แย้ง วิเคราะห์ข้อความ หรือข้อมูลที่คลุมเครือให้ชัดเจน และเข้าใจความหมายของข้อความหรือแนวคิด ภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่กำหนดให้

2. ด้านการรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยความเป็นปรนัย เลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือได้ แสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและชัดเจนมากขึ้น เพื่อนำมาแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

3. ด้านการจัดระบบข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาแหล่งที่มาของข้อมูล วิจัยความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความ พิจารณาความเพียงพอของข้อมูล จัดระบบโดยวิธีต่าง ๆ เช่น จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา ข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น พิจารณาข้อมูลที่แสดงถึงความลำเอียงและการโฆษณาชวนเชื่อ และตัดสินความขัดแย้งของข้อความและเสนอข้อมูลได้

4. ด้านการเลือกสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน กำหนดสมมติฐานจากความสัมพันธ์เชิงเหตุผล พิจารณาทางเลือกหลาย ๆ ทางในการแก้ปัญหาได้

5. ด้านการสรุป หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาข้อความคลุมเครือของข้อมูล โดยจำแนกข้อมูลที่มีเหตุผลหนักแน่นและน่าเชื่อถือว่ามี ความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเพื่อ

นำไปสู่การตัดสินใจสรุป ถ้าการสรุปไม่มีเหตุผลเพียงพอ ต้องมีการหาเหตุผลเพิ่มเติมมาพิจารณา ตัดสินการสรุปใหม่ แล้วจึงนำข้อมูลและหลักการไปประยุกต์ใช้

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 19-24) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นต้นเรื่องที่จะใช้วิเคราะห์ เช่น พี่ขี้ส้วม หิน ดิน รูปภาพ บทความ เรื่องราว เหตุการณ์หรือสถานการณ์จากข่าว ของจริงหรือสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นต้น
2. กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดประเด็นข้อสงสัยจากปัญหาของสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งอาจจะกำหนดเป็นคำถามหรือเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความจริง สาเหตุ หรือความสำคัญ เช่น ภาพนี้ บทความนี้ต้องการสื่อหรือบอกอะไรที่สำคัญที่สุด
3. กำหนดหลักการหรือเกณฑ์ เป็นการกำหนดข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนหรือแตกต่างกัน หลักเกณฑ์ในการหาลักษณะความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอาจเป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีความคล้ายคลึงหรือขัดแย้งกัน
4. พิจารณาแยกแยะ เป็นการพินิจ พิจารณา ทำการแยกแยะ กระจายสิ่งที่กำหนดออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยอาจใช้คำถาม 5W 1H ประกอบด้วย ใคร – Who ทำอะไร- What ที่ไหน – Where เมื่อไหร่ – When เพราะเหตุใด – Why อย่างไร – How
5. สรุปคำตอบ เป็นการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบ หรือตอบปัญหาของสิ่งที่กำหนดให้

จากกระบวนการคิดวิเคราะห์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์มีกระบวนการดังนี้

1. กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์
2. กำหนดทางเลือกและเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด
3. พิจารณาแยกแยะ เป็นการพินิจ พิจารณา
4. สรุปคำตอบ

4.6 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

Watson and Glaser (1964, p.11) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นเหตุผล ในการพิจารณาในการตัดสินใจในเรื่องราวต่าง ๆ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนั้นที่สำคัญใน เหตุการณ์หรือสถานการณ์ก็จะต้องมีความเกี่ยวข้องเป็นเหตุเป็นผลกัน ซึ่งจะเห็นว่าการคิดวิเคราะห์ จะต้องมีการหาสาเหตุและผล มาเพื่อพิจารณาอยู่เสมอ การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จึงมี 5 ขั้นตอน คือ

1. การระบุปัญหา จะเป็นการกำหนดปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหา พิจารณาข้อมูล เพื่อกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือ รวมทั้งการนิยามความหมายของคำ และ ข้อความ การระบุปัญหาเป็นกระบวนการเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์ หรือ การคิดอย่างมี วิจารณญาณ เป็นการกระตุ้นให้บุคคลเริ่มต้นคิด เมื่อตระหนักว่ามีปัญหาหรือข้อโต้แย้ง หรือได้รับ ข้อมูล ข่าวสารที่คลุมเครือ จะพยายามหาคำตอบที่สมเหตุสมผล เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหานั้น ปัญหาจึงเป็นสิ่งเร้า ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์ หรือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. การตั้งสมมติฐาน เป็นการพิจารณาแนวทาง การสรุปอ้างอิงของปัญหาข้อโต้แย้ง หรือ ข้อมูลที่คลุมเครือ โดยการนำข้อมูลที่มีการจัดระบบแล้วมาพิจารณาเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์เพื่อกำหนดแนวทาง การสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ว่า จากข้อมูลที่ปรากฏสามารถเป็นไปได้ในทิศทางใดบ้าง เพื่อที่จะได้พิจารณาเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุด หรือการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล การสรุปอ้างอิงต่อไป

3. การตรวจสอบสมมติฐาน เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งการดึงข้อมูล หรือความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่มาใช้เพื่อ ออกแบบการทดลอง หรือ วิธีการแก้ปัญหาเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อเป็นแนวทางใน การตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลในการสรุปอ้างอิงต่อไป

4. การสรุปอ้างอิงโดยใช้ตรรกศาสตร์ เป็นการพิจารณาเอกแนวทางที่สมเหตุสมผลที่สุด จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ หลังจากกำหนดแนวทางเลือกที่อาจเป็นไปได้ก็จะพยายามเลือก วิธีการ หรือแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดที่จะนำไปสู่การสรุปที่สมเหตุสมผลของการคิดวิเคราะห์ หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพราะการคิดที่ตีนั้นขึ้นอยู่กับการใช้เหตุผลที่ดี และข้อสรุปที่ดี

ที่สุดจะต้องได้รับการสนับสนุนจากเหตุผลที่ดีที่สุดด้วย ดังนั้นการคิดวิเคราะห์ หรือการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณ จึงจำเป็นต้องใช้เหตุผลที่ดีเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และคุณลักษณะ
 การคิดวิเคราะห์ หรือการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณมีความสัมพันธ์กับการใช้เหตุผลแบบตรรกศาสตร์
 หรือใช้เหตุผลแบบอุปมานและอนุมาน เพราะฉะนั้นกระบวนการที่สำคัญที่จะช่วยให้การสรุป
 อ้างอิงเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลคือ การใช้เหตุผลแบบอุปมานและอนุมาน หรือ การสรุปอ้างอิง
 โดยหลักตรรกศาสตร์

5. การประเมินสรุปอ้างอิง เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของการสรุปอ้างอิงหลังจาก
 ตัดสินใจสรุปโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ จะต้องประเมินข้อสรุปอ้างอิงว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้ง
 พิจารณาว่าข้อสรุปนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร ถ้าข้อมูลที่ได้รับ
 มีการเปลี่ยนแปลง และได้รับข้อมูลเพิ่มเติมต้องกลับไปรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อีกครั้งเพื่อ
 ตั้งสมมติฐานสรุปอ้างอิงใหม่

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ และคณะ (2557, หน้า 156) การวัดและประเมินความสามารถในการ
 คิดวิเคราะห์ สามารถวัดได้หลายแนวทาง แต่ละแนวทางจะมีวิธีการวัดหลายหลายวิธีซึ่งเครื่องมือ
 ที่ใช้ในการวัดก็แตกต่างกันไป การวัดความสามารถในการคิดทั้งในอดีตและปัจจุบันสามารถ
 จำแนกประเภทของการวัดออกเป็น 2 แนวทางสำคัญ คือ

1. แนวทางของนักวัดกลุ่มจิตมิติ (psychometric)
2. แนวทางของการวัดจากการปฏิบัติ (Authentic Performance Measurement)

สำหรับการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดซึ่งเป็นกิจกรรมทางสมองที่
 เกิดขึ้นตลอดเวลา การคิดที่เราสนใจและสามารถวัดได้ต้องเป็นการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย
 (directed thinking) ซึ่งเป็นการคิดที่นำไปสู่เป้าหมายโดยตรงหรือคิดค้นข้อสรุปอันเป็นคำตอบ
 สำหรับตัดสินใจหรือแก้ปัญหาในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การคิดจึงเป็นความสามารถอย่างหนึ่งทางสมอง
 การคิดเป็นนามธรรมที่มีลักษณะซับซ้อนไม่สามารถสังเกต สัมผัสโดยตรง จึงต้องอาศัยหลักการวัด
 ทางจิตมิติ (psychometric) มาช่วยในการวัด

แนวทางการประเมินการคิดวิเคราะห์สามารถทำได้หลายแนวทาง ได้แก่

1. ประเมินการคิดวิเคราะห์อยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรม

การประเมินการคิดวิเคราะห์อยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรม เช่น ประเมินจากการทำงาน จากการทำโครงงานของผู้เรียน การประเมินใช้ประเมินตามสภาพจริง ใช้การสอนหรือให้ทำกิจกรรมและประเมินไปพร้อมๆกัน ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จะสามารถทำความเข้าใจกับงานที่ได้รับ จำแนกแยกแยะงานที่ได้รับเป็นงานย่อยหรือองค์ประกอบย่อยได้ สามารถจัดหมวดหมู่ในงานที่จำแนกออกมาได้ หรือนำข้อมูลมาจัดกลุ่มได้ หากความสัมพันธ์ในสิ่งที่ตนศึกษาได้ สามารถสรุปและประยุกต์ในสิ่งที่ตนศึกษาได้ ประเมินจากกิจกรรมด้านการคิดวิเคราะห์ที่ให้ผู้เรียนทำ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ช่วยให้รู้ว่าสิ่งใดที่ตนเองมีความสามารถอยู่แล้วและสิ่งใดที่ยังทำไม่ได้ต้องพัฒนาไปพร้อมกันด้วย

2. ประเมินการคิดวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบประเมินการคิดวิเคราะห์ โดยเฉพาะ

การประเมินแบบนี้ต้องมีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยเฉพาะ

2.1 หลักการและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิด การวัดความสามารถทางการคิดของบุคคลผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความรอบรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับ “การคิด” เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิดเมื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดแล้วจะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรมซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบการคิดและจะทำให้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมที่เป็นรูปธรรมซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดจากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นๆ

2.2 การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถทางการคิดมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งของแบบทดสอบสิ่งสำคัญของโครงสร้างแบบทดสอบก็คือการกำหนดจุดมุ่งหมายซึ่งผู้พัฒนาแบบทดสอบจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบทดสอบไปใช้ว่า

ต้องการใช้วัดความสามารถทางการคิดทั่วไปหรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะรายวิชา (aspect - specific)

2. กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดวิเคราะห์ ผู้พัฒนาแบบทดสอบควรศึกษาเอกสารแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

3. สร้างผังข้อสอบ (table of specification) การสร้างผังข้อสอบเป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างว่าต้องการให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างและกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด ดังตัวอย่างในตารางที่ 1

4. เขียนข้อสอบกำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถามตัวคำตอบและวิธีการตรวจให้คะแนนจากนั้นลงมือร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

5. นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพวิเคราะห์ข้อทดสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อทดสอบเป็นรายข้อในด้านความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อทดสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้และปรับปรุงข้อทดสอบที่ไม่เหมาะสม

6. นำแบบทดสอบไปใช้จริง

3. ประเมินการคิดวิเคราะห์จากการบูรณาการตัวชี้ของการคิดวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินผลในวิชาอื่นประเมินการคิดวิเคราะห์โดยการบูรณาการตัวชี้วัดของการคิดวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินผลในวิชาอื่น สามารถประเมินการคิดเข้าไปในการประเมินแต่ละวิชาได้หมดโดยไม่ต้องแยกการประเมินการคิดวิเคราะห์ออกมาโดยเฉพาะและเป็นการสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการคิดเข้ากับวิชาต่าง ๆ หรือกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เรียนลักษณะเครื่องมือประเมินต้องมีตัวชี้วัด หรือวัตถุประสงค์การประเมินพฤติกรรมด้านการคิดวิเคราะห์อยู่ในวัตถุประสงค์ของแต่ละวิชาด้วย

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

สิริกาญจน์ ธนวุฒิปพรพินิต (2553) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นทบทวนเชื่อมโยงประสบการณ์ ขั้นกิจกรรมนำการค้นคว้า ขั้นปฏิบัติเพื่อหาข้อสรุป ขั้นอภิปรายขยายความคิด ขั้นนำความรู้สู่การเผยแพร่ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชุดิมนนท์ กราบกราน (2555) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด ซึ่งมีกระบวนการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ ขั้นบรรยายเหตุการณ์ ขั้นบอกความรู้สึก ขั้นประเมินประสบการณ์ ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ ขั้นสรุป และขั้นวางแผนปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กษมาพร เข้มสันเทียะ (2557) ได้ศึกษาความเข้าใจ รู้จัก และรับรู้เรื่องราวพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งรอบตัว แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับอนุบาลโดยการจัดประสบการณ์เรียนรู้บูรณาการปฐมวัยแบบโครงงาน เรื่อง เรื่อง “ปั้นข้าวจี๋ ฝีมือนหนู” ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งมีกระบวนการเรียนรู้ 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 กิจกรรมนำไปสู่การเริ่มโครงงาน ระยะที่ 2 กิจกรรมที่让孩子มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และระยะที่ 3 กิจกรรมที่เด็กมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สื่อสาร นำเสนอ ผลการศึกษาพบว่า เด็ก ๆ ได้ประสบการณ์การเรียนรู้ได้แก่ ด้านร่างกาย ได้ใช้กล้ามเนื้อเล็กและกล้ามเนื้อใหญ่อย่างคล่องแคล่วในการทำกิจกรรม ด้านสังคม ได้ร่วมมือกันทำงานกลุ่ม ติดต่อกับสื่อสาร ช่วยเหลือแบ่งปันกัน ด้านอารมณ์ จิตใจ มีความภาคภูมิใจในผลงาน กล่าวพูดสื่อสาร กล่าวแสดงออก มีความมั่นใจในตนเองด้านสติปัญญา ได้เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะอย่างลึกซึ้ง ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้ไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เบิร์กโฮลด์ (Berghold.1999) ได้ศึกษารูปแบบการคิดเชิงวิเคราะห์ และการใช้ความรู้ต่อการเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนในมโนทัศน์จำกัด ในวิชาแคลคูลัส จากการสัมภาษณ์พบว่านักเรียน 10 คนมีพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์เพิ่มขึ้นในสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก ในขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอ่านผลของกราฟและตาราง และคาดเดาความจำกัด นักเรียนรู้ว่าตารางและกราฟที่ไม่ชัดเจนอาจทำให้อ่านผลผิด และวิเคราะห์ยาก

แคตส์ จี ลิลเลียน (Katz G.Lillian ,2012) ได้ศึกษาการเรียนรู้สะเต็มผ่านการทำโครงการซึ่งมีจุดมุ่งหมายคือความรู้ความเข้าใจ ทักษะ การจัดการและเจตคติ เช่น การเรียนเรื่องลูกบอลชนิดต่าง ๆ เด็กได้เรียนรู้จากลูกบอลโดยการเปรียบเทียบ วัดขนาด ทดลองโดยการถ่วง ชั่งน้ำหนัก หรือการลื่นลูกบอลบนทางลาดต่างระดับ ซึ่งเด็กได้เรียนรู้เรื่องลูกบอล และทำโครงการไปด้วยในเวลาเดียวกัน

ทิมมอตตี เจ เดฟลิน (Timothy J. Devlin, 2009) ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมแบบห้องเรียนสะเต็ม โดยมีกระบวนการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนนี้ 1. การระบุปัญหา 2. การรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูล 3. การแปลความหมายข้อมูล 4. การทดลองตามข้อมูลที่มี และ 5. การสะท้อนปัญหาที่ถูกระบุว่าเป็นจุดที่ทำให้นักเรียนไร้ความสามารถในการเรียน จากการสังเกตผ่านวิดีโอ และเปรียบเทียบพฤติกรรมระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม พบว่านักเรียนมีการรับรู้ไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการปฏิบัติตามคำแนะนำเพิ่มขึ้น เข้าใจคำสั่งต่าง ๆ ด้วยตัวเองโดยไม่มีการสอบถามเพิ่มเติม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แหล่งข้อมูล

1. ในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้มีจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้กำหนดคุณลักษณะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- 1.1 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาการสอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน
- 1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน
- 1.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน

2. มีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

2.1 เป็นอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป สาขาฟิสิกส์ หรือ เป็นครูชำนาญการ สาขาฟิสิกส์ ที่มีประสบการณ์ในการสอน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน

2.2 เป็นอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป สาขาหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน

2.3 เป็นอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป หรือ เป็นครูชำนาญการ มีประสบการณ์ สาขาการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัย จำนวน 3 คน ประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียนดี ปานกลาง อ่อน อย่างละ 1 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา เนื้อหา และความเหมาะสมของเวลา

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัย จำนวน 1 ห้องเรียน 36 คน เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. กิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลักการ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา รวมทั้งสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผังมโนทัศน์ ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 รวมทั้งผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2. กำหนดเนื้อหาที่จะใช้ในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 1 หน่วยการเรียนรู้ 4 หัวข้อ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง ดังนี้

1. โมเมนตัม
2. แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม
3. การดลและแรงดล
4. การชน

ตาราง 1 แสดงโครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้/ หัวข้อ	ผลการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
1	โมเมนตัม และการชน		โมเมนตัมเป็นปริมาณบอก สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มี ทิศทางเดียวกับทิศทางของ ความเร็ว	1	
1.1	โมเมนตัม				
1.2	แรงและการ เปลี่ยน โมเมนตัม		เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุ เปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์ที่ กระทำต่อวัตถุเท่ากับอัตรา การเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ นั้น	1	

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อ/หน่วย การเรียนรู้	ผลการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
1.3	การดลและ แรงดล		แรงที่กระทำต่อวัตถุในเวลา สั้น ๆ เรียกว่า แรงดล ทิศทาง ของแรงดลมีทิศทางเดียวกับ การเปลี่ยนโมเมนตัม	6	
1.4	การชน		การชนในหนึ่งมิติเป็นการชน ในแนวตรง วัตถุทั้งสองอยู่ใน แนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อน การชนและหลังการชน ผลรวมของโมเมนตัมก่อน การชนของระบบเท่ากับ ผลรวมของโมเมนตัมหลังการ ชนของระบบเมื่อไม่มีแรง ภายนอกมากระทำ	4	
			การชนในสองมิติ คือการชน ของวัตถุที่แนวการเคลื่อนที่ ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ เคลื่อนที่เข้าชนไม่ผ่าน ศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูก ชน การระเบิด คือ ผลรวม โมเมนตัมของระบบคงตัว ส่วนผลรวมของพลังงานจลน์ ของระบบไม่เป็นศูนย์		

ตาราง 2 แสดงหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้เวลา 12 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)
โมเมนตัมและการชน	1. กิจกรรมเรื่อง โมเมนตัม	1
	2. กิจกรรมเรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	1
	3. กิจกรรมเรื่อง การดลและแรงดล	6
	4. กิจกรรมเรื่อง การชน	4
	รวม	12

3. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน รวมทั้งการวัดและการประเมินผล โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ เนื้อหาในแต่ละหัวข้อ และสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4. ดำเนินการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 4 กิจกรรม โดยเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 60 นาที ซึ่งแต่ละกิจกรรมประกอบด้วย

1. ผลการเรียนรู้

2. สาระสำคัญ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเป็นหลักในการจัดกิจกรรมซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ เป็นการนำสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใด

น่าสนใจ ครูอาจจะจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่ว หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย ใครรู้ อยากรู้ อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการ ทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูสามารถจัดกิจกรรมได้หลายแบบ เช่น สภาติต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง/ เหตุการณ์ ให้ค้นคว้า/อ่านเรื่อง อภิปราย/พูดคุย สนทนา ใช้เกมส์ ใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ สร้าง สถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ ที่น่าสนใจแปลกใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา และ รวบรวมข้อมูล วางแผน กำหนดสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปว่าวิธีการหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาควรปรับปรุงแก้ไขในส่วนใด ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไรและ อภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการ อ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิง และหลักฐานชัดเจน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการขยายความรู้ โดย

4.1 ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบ ความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียนชี้แจงหรือร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจน ยิ่งขึ้น ชักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับความรู้เดิม

4.2 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อภิปรายและขยายความรู้เพิ่มเติมมีความ ละเอียดยิ่งขึ้น ยกสถานการณ์ ตัวอย่าง อภิปรายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือ สมบูรณ์ละเอียดขึ้น นำไปสู่การประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่นหรือสถานการณ์อื่น ๆ หรือสร้าง คำถามใหม่และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล เป็นขั้นที่นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการ และผลผลิต เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์และ แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปราย

ประเมินปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป ถ้ายังมีปัญหาให้บทวนใหม่อีกครั้ง อ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการ และเกณฑ์ เปรียบเทียบผลกับสมมติฐาน เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

5. การวัดและประเมินผล

6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

5. นำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ก่อนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆ ของ กิจกรรมการเรียนรู้ คำนวณหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และแปลผล

6. นำกิจกรรมการเรียนรู้ไปปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาขิต มหาวิทยาลัยรามคำแหงที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2558 จำนวน 3 คน โดย แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียนสูง ปานกลางและต่ำเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

7. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

7.1 แบบประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆของกิจกรรมการเรียนรู้และ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบประเมินมาตราส่วน ประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

7.1.1 ศึกษารูปแบบการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1.2 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆของกิจกรรมการ เรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน

7.1.3 นำแบบประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆของกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

7.1.4 นำแบบประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆของกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาความเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ประเมินดังนี้

5	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมมาก
3	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมน้อยที่สุด

7.1.5 การวิเคราะห์ความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆของกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีขั้นตอนการดำเนินการ แปลผล โดยใช้เกณฑ์การแปลผล ดังนี้

4.51-5.00	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมมาก
2.51-3.50	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมน้อย
1.00-1.50	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมน้อยที่สุด

ใช้เกณฑ์การตัดสินใจความเหมาะสม คือ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ไม่น้อยกว่า 3.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ไม่เกิน 1.00

8. นำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และพิจารณาระดับความเหมาะสมโดยที่กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องมีความเหมาะสมระดับมากขึ้นไปจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้

9. นำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ไปทดลองสอน (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนศิลป์ จำนวน 36 คนเพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

10. พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตาราง 3 แสดงการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กิจกรรมการเรียนรู้	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ / ชื่อเรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
กิจกรรมที่ 1	โมเมนตัม	1
กิจกรรมที่ 2	แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	1
กิจกรรมที่ 3	การดลและแรงดล	6
กิจกรรมที่ 4	การชน	4
รวม		12

ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ภายหลังได้นำกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ และทำการทดลองใช้ (Try out) เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) กับนักเรียนกลุ่มนำร่องที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง จำนวน 36 คน และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

แหล่งข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัยที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2558 แผนวิทย์ จำนวน 36 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

แบบแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design (รัตนะ บัวสนธ์, 2551, หน้า 65)



สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

- | | | |
|-------|-----|---------------------------------------|
| O_1 | คือ | การสอบก่อนการทดลอง (Pretest) |
| X | คือ | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
| O_2 | คือ | การสอบหลังการทดลอง (Posttest) |

ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน
2. ดำเนินการทดลองโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ในชั่วโมงเรียนวิชา ฟิสิกส์ สัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 2 ชั่วโมง รวม 3 สัปดาห์ รวมเวลาจัดกิจกรรม 12 ชั่วโมง

ตาราง 4 แสดงวัน เวลา เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัน เดือน ปี	เวลาที่สอน	เนื้อหาที่สอน
15 พฤษภาคม 2558	10.20-12.20	โมเมนตัม
15 พฤษภาคม 2558		แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม
19 พฤษภาคม 2558	13.00-15.00	การดลและแรงดล
22 พฤษภาคม 2558	10.20-12.20	
26 พฤษภาคม 2558	13.00-15.00	การชน
29 พฤษภาคม 2558	10.20-12.20	
2 มิถุนายน 2558	13.00-15.00	

3. หลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกับก่อนเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัยนำเสนอไปแล้วในบทที่ 1

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปร คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง โมเมนตัมและการชน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

2.2 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.3 เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.4 สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามที่นิยามไว้ ใช้วัดทักษะการคิดวิเคราะห์ ซึ่งครอบคลุมความสามารถของผู้เรียน ตามแนวคิดของ บลูม (Bloom, 1956) มีลักษณะคำถามเกี่ยวกับทักษะการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ 1) วิเคราะห์ความสำคัญ 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3) วิเคราะห์หลักการ ลักษณะข้อคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก

2.5 นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของข้อสอบ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ซึ่งพิจารณาค่า IOC ที่มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ได้เรียนเนื้อหา เรื่อง โมเมนตัมและการชน มาแล้ว

2.8 ตรวจสอบให้คะแนนข้อสอบ โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

2.9 คำนวณหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อโดยใช้สูตรตามวิธีการของ แบรินแนน (Brannan) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (ปกรณ์ ประจันบาน, 2553) ซึ่งพิจารณาค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

2.8 นำผลการตอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่คัดเลือกไว้มา คำนวณหาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตรกคำนวณตามวิธีของโลเวต (Lovett) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (ปกรณ์ ประจันบาน, 2553)

2.9 จัดทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 214) ดังนี้

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

เมื่อ \bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้สูตร (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 214) ดังนี้

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

เมื่อ SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
$(\sum X)^2$	แทน	กำลังสองของคะแนนรวม
n	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 การหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) โดยใช้สูตรหาดัชนีความสอดคล้อง IOC (ปกรณัม ประจันบาน, 2552, หน้า 164) ดังนี้

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

เมื่อ IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination) ของแบบทดสอบอิงเกณฑ์โดยใช้วิธี Brennan (ปกรณัม ประจันบาน, 2552, หน้า 171-172) ดังนี้

$$\text{สูตร} \quad B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
U	แทน	จำนวนผู้ผ่านเกณฑ์และตอบข้อสอบข้อนั้นถูก
L	แทน	จำนวนผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์และตอบข้อสอบข้อนั้นถูก
N_1	แทน	จำนวนผู้ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด
N_2	แทน	จำนวนผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด

2.3 การหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับ (Reliability) ของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ โดยวิธีของ Lovett มีสูตร (ปกรณัม ประจันบาน, 2552, หน้า 173) ดังนี้

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

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยง

X แทน คะแนนของแต่ละคน

k แทน จำนวนข้อสอบ

c แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของคะแนน

2.4 การหาค่าดัชนีประสิทธิผล ของกิจกรรมการเรียนรู้ (The Effectiveness : E.I) ตามวิธีของ กู๊ดแมน, เฟรทเชอร์ และชไนเดอร์ (Goodman, Fletcher and Schneider, 198, pp.30-34) ดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล (E.I)} = \frac{\text{ร้อยละของผลรวมของคะแนนหลังเรียน} - \text{ร้อยละของผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}{100 - \text{ร้อยละของผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}$$

หรือ

$$E.I = \frac{P_2\% - P_1\%}{100 - P_1\%}$$

เมื่อ E.I แทน ดัชนีประสิทธิผล

$P_1\%$ แทน ร้อยละของผลรวมคะแนนก่อนเรียน

P_2 แทน ร้อยละของผลรวมคะแนนหลังเรียน

เกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังทดลองใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้สถิติทดสอบแบบที่ไม่อิสระ (Dependent sample t-test) (รัตนะ บัวสนธิ, 2551, หน้า 141)

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

เมื่อ t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่
D	แทน	ผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่
D^2	แทน	กำลังสองของผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่
n	แทน	จำนวนประชากร
df	แทน	องศาหรือชั้นความเป็นอิสระ



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล นำเสนอผลการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดำเนินการวิจัย ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของพัฒนาการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของพัฒนาการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของพัฒนาการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของพัฒนาการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้กิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 4 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง การดลและแรงดล

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง การชน

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 กิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ ปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

รายการประเมิน	N = 3		ระดับ ความ เหมาะสม
	\bar{X}	S.D.	
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา			
1. ด้านองค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้			
1.1 องค์ประกอบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)			
- ชั้นสร้างความสนใจมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ			
- ชั้นสำรวจและค้นหามีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ	4.00	0.00	มาก
- ชั้นอธิบายและลงข้อสรุปมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ			
- ชั้นขยายความรู้มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ			
- ชั้นประเมินผลมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ			
1.2 องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องขององค์ประกอบต่อเนื่องอย่างสมเหตุสมผลที่เป็นเรื่องเดียวกัน	4.00	1.00	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา			
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดำเนินการตาม	4.33	0.58	มาก

ตาราง 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	N = 3		ระดับ ความ เหมาะสม
	\bar{X}	S.D.	
กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5E)ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลง ข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และบูรณาการร่วมกับ กระบวนการทางเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์			
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบ สหวิทยาการตั้งแต่ 2 ศาสตร์ขึ้นไป	4.00	1.00	มาก
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชาในชีวิตประจำวันได้	4.00	1.00	มาก
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และ ท้าทายความคิดของนักเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหา ส่วนประกอบที่สำคัญ (วิเคราะห์ส่วนประกอบ/วิเคราะห์ความสำคัญ)	4.33	0.58	มาก
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหา ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลหรือความแตกต่าง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)	4.33	0.58	มาก
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหา ความสัมพันธ์โดยอาศัยหลักการ (วิเคราะห์หลักการ)	4.67	0.58	มากที่สุด
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละศาสตร์ อย่างสอดคล้องกัน	4.00	1.00	มาก
2.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้ นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 สาขาวิชา	4.00	1.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.21	0.72	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้			
1. ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้อง ครบถ้วน	4.00	1.00	มาก
1.2 องค์ประกอบทุกส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้	4.17	0.79	มาก

ตาราง 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	N = 3		ระดับ ความ เหมาะสม
	\bar{X}	S.D.	
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4.00	1.00	มาก
2.3 สามารถวัดผลประเมินผลได้	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านจุดประสงค์การเรียนรู้	4.45	0.72	มาก
3. ด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้			
3.1 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.33	0.58	มาก
3.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ	4.33	0.58	มาก
3.3 กำหนดสาระการเรียนรู้เนื้อหาเหมาะกับเวลาเรียน	3.67	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้	4.11	0.58	มาก
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมมีขั้นตอนถูกต้องเหมาะสมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4.00	1.00	มาก
4.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติได้จริง	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์	4.33	0.58	มาก
4.4 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	3.67	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.33	0.58	มาก
5. ด้านสื่อการเรียนการสอน			
5.1 มีสื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ที่สอดคล้องและเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
5.2 สอดคล้องและเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.00	0.00	มาก
5.3 มีสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย	4.33	0.58	มาก
5.4 สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและน่าสนใจ	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านสื่อการเรียนการสอน	4.25	0.44	มาก
6. ด้านการวัดผลประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
6.2 ใช้วัดผลได้อย่างครอบคลุมกิจกรรมการเรียนรู้และความคิด สร้างสรรค์	4.00	1.00	มาก

ตาราง 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	N = 3		ระดับ
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
6.3 การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4.00	1.00	มาก
6.4 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้อย่างเหมาะสมและครอบคลุม	3.67	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการวัดผลประเมินผล	4.17	0.65	มาก
รวมเฉลี่ย	4.22	0.58	มาก

จากตาราง 5 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.21 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ด้านที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก คือ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 รองลงมาคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ด้านสื่อการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดผลประเมินผล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ด้านที่มีความเหมาะสมระดับต่ำสุดอยู่ในระดับมาก คือ ด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11

ตาราง 6 แสดงข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในด้านความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน)

หัวข้อ	ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	รายการแก้ไข
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา		
1. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการยังไม่ค่อยชัดเจนในการบูรณาการ ควรอธิบายในส่วนที่บูรณาการให้ชัดเจน	ปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนโดยชี้แจงและอธิบายให้ชัดเจนมากขึ้นว่าแต่ละขั้นมีการบูรณาการอย่างไร เช่น ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (วิทยาศาสตร์) และการสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นและเหมาะสมสำหรับการออกแบบการโยนไข่กระทบพื้นผิวที่แตกต่างกัน (เทคโนโลยี)
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4		
1.ด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้	เนื้อหาสาระและกิจกรรมมากเกินไป แต่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมน้อย	ปรับลดกิจกรรมให้ครอบคลุมกับเนื้อหาและใช้เวลาที่เหมาะสม เช่น กิจกรรมที่ 4 เปลี่ยนการใช้รถทดลองเพื่ออธิบายการชนแต่ละลักษณะ ไปใช้กีฬาเปตองเพื่ออธิบายการชนทุกลักษณะ
2.ด้านการวัดและประเมินผล	การวัดและประเมินผลยังไม่ค่อยชัดเจน และไม่มีเกณฑ์ในการวัดและประเมินผล	ระบุการวัดและประเมินผลให้ชัดเจนว่าในแต่ละการประเมินต้องการวัดลักษณะการคิดวิเคราะห์แบบใด พร้อมทั้งตั้งเกณฑ์ในการประเมินผล

3. ผลการหาค่าดัชนีประสิทธิผลและผลการตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา และเวลาของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปรากฏผล ดังนี้

ตาราง 7 แสดงผลการตรวจความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา และเวลาที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับนักเรียนจำนวน 3 คน

กิจกรรมการเรียนรู้	รายการที่ตรวจสอบ			การปรับปรุง
	ด้านเนื้อหา	ด้านภาษา	ด้านเวลา	
1. โมเมนตัม	เนื้อหาที่มีความเหมาะสม	ภาษาที่ใช้บางคำมีความคลุมเครือ ทำให้ตีความหมายผิดพลาดได้ วัตถุประสงค์	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	ปรับแก้และเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหาให้เข้าใจง่ายขึ้น ตรงตามวัตถุประสงค์
2. แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	เนื้อหาที่มีความเหมาะสม	ภาษาที่ใช้เหมาะสม	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	-
3. การดลและแรงดล	เนื้อหาที่มีความเหมาะสม	ภาษาที่ใช้บางคำมีความคลุมเครือ ทำให้ตีความหมายผิดพลาดได้ วัตถุประสงค์	เวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสม	ปรับแก้และเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหาให้เข้าใจง่ายขึ้น ตรงตามวัตถุประสงค์
4. การชน	เนื้อหาที่มีความเหมาะสม	ภาษาที่ใช้เหมาะสม	เวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอเนื่องจากกิจกรรมมากเวลาน้อย	ปรับความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาในกิจกรรมและเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมให้มีความพอดี

จากตาราง 7 พบว่า การตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษาและเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4 กิจกรรมที่ 1 เรื่อง โม่เมนต์ ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีการใช้ภาษาที่ใช้บางคำมีความคลุมเครือ ทำให้ตีความหมายผิดวัตถุประสงค์ ด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ซึ่งควรปรับปรุงด้านภาษาโดยปรับแก้และเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหาให้เข้าใจง่ายตรงตามวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนต์ ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีความเหมาะสม และด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม กิจกรรมที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีการใช้ภาษาที่ใช้บางคำมีความคลุมเครือ ทำให้ตีความหมายผิดวัตถุประสงค์ ด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ซึ่งควรปรับปรุงด้านภาษาโดยปรับแก้และเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหาให้เข้าใจง่ายตรงตามวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่ 4 เรื่อง การชน ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีความเหมาะสม ด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอเนื่องจากกิจกรรมมากเวลาน้อย ซึ่งปรับปรุงด้านเวลาโดยปรับความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาในกิจกรรมและเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมให้มีความพอดี

ตาราง 8 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์และการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (นักเรียน จำนวน 36 คน)

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน	ผลรวมของคะแนนหลังเรียน	ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)	ร้อยละ	แปลผล
15	267	420	0.5604	56.04	ผ่านเกณฑ์

จากตาราง 8 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์และการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 กิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 0.5604 แสดงว่าผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น 0.5604 หรือคิดเป็นร้อยละ 56.04

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์และการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการนำการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนเทศบาลวัดไทยชุมพล (ดำรงประชาสรรค์) สาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัย ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน การวิเคราะห์ผลการทดลอง ได้ผลปรากฏ ดังนี้

การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทดสอบ	\bar{X}	S.D	\bar{D}	S.D. _D	t	p
ก่อนเรียน	9.00	1.76				
หลังเรียน	11.89	1.41	2.89	1.06	16.30**	0.0000

**p < .01

จากตาราง 9 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 9.00 คะแนน และมีคะแนนทดสอบหลังเรียนเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 11.89 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 5

บทสรุป

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนในการวิจัยและสรุปผลการวิจัยดังนี้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

สรุปผลการวิจัย

1. การสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.1 สร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 4 กิจกรรมคือ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชน

1.2 การพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรียงลำดับตามความเหมาะสมจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ กิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรียงลำดับตามความเหมาะสมจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการ ด้านสื่อการเรียนการ ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ด้านการวัดผลประเมินผล ด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้ โดยเฉลี่ยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22

1.3 การตรวจสอบภาษาและเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน พบว่ากิจกรรมที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีการใช้ภาษาที่ใช้บางคำมีความคลุมเครือ ทำให้ตีความหมายผิดวัตถุประสงค์ ด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ซึ่งควรปรับปรุงด้านภาษาโดยปรับแก้และเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหาให้เข้าใจง่ายตรงตามวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีความเหมาะสม และด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม กิจกรรมที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีการใช้ภาษาที่ใช้บางคำมีความคลุมเครือ ทำให้ตีความหมายผิดวัตถุประสงค์ ด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ซึ่งควรปรับปรุงด้านภาษาโดยปรับแก้และเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหาให้เข้าใจง่ายตรงตามวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่ 4 เรื่อง การชน ด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ด้านภาษามีความเหมาะสม ด้านเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอเนื่องจากกิจกรรมมากเวลาน้อย ซึ่งปรับปรุงด้านเวลาโดยปรับความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาในกิจกรรมและเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมให้มีความพอดี

1.4 การหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้ตาม

แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 กิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 0.5604 แสดงว่าผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น 0.5604 หรือคิดเป็นร้อยละ 56.04

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 9.00 คะแนน และมีคะแนนทดสอบหลังเรียนเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 11.89 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

จากผลการพัฒนาการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้นำมาอภิปรายแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผ่านการพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบด้านต่าง ๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเฉลี่ยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 และเมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 กิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5604 แสดงว่าผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น 0.5604 หรือคิดเป็นร้อยละ 56.04 ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์โครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ เรื่อง โมเมนตัม

และการชน ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้ คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวทางการวัดและประเมินผล การเรียนรู้ หนังสือวารสารบทความที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา กระบวนการสะเต็มศึกษา ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ แล้วจึงดำเนินการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องของกิจกรรมการเรียนรู้โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนศิลป์ จำนวน 36 คน พบว่าดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ มากกว่าร้อยละ 50 ทั้งนี้มาจากการที่ผู้วิจัยมีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาแล้ว ยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ พรทิพย์ ศิริภัทธาชัย (2556, หน้า 50) สอดคล้องกับงานวิจัยของ กษมาพร เข้มสันเทียะ (2557) ได้ศึกษาความเข้าใจ รู้จัก และรับรู้เรื่องราวพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งรอบตัว แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับอนุบาลโดยการจัดประสบการณ์เรียนรู้บูรณาการปฐมวัยแบบโครงงาน เรื่อง เรื่อง “ปั้นข้าวจี ฝีมือนู”

2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยดังกล่าวอาจเป็นเพราะกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ใช้ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ สิบเสาะ 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจเป็นขั้นตอนที่สร้างความสนใจให้ผู้เรียนอยากรู้และกระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยการใช้คำถามหรือสื่อวีดิทัศน์เชื่อมโยงกับความเป็นจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ ความสำคัญ, วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ในขั้นตอนนี้จะป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมออกแบบการทดลอง ผู้เรียนได้ร่วมกับอภิปรายถึงรูปแบบการทดลอง สืบค้นข้อมูลเพื่อออกแบบการทดลอง และนักเรียนได้ร่วมกันสรรค์สร้างชิ้นงานจากการออกแบบ ซึ่งนักเรียนจะเกิดการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ, คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบาย เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ซึ่งครูได้เปิดโอกาสให้นักเรียนไปร่วมกันอภิปรายและเปลี่ยนเรียนรู้กัน ซึ่งนักเรียนจะเกิดการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ยืนยันและเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิด

รวบยอดให้ลึกซึ้ง อีกทั้งยังให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้หลักทางคณิตศาสตร์ในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะเกิดการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้หรือความคิดรวบยอดของตนเอง โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเอง นักเรียนจะเกิดการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวเป็นการสนับสนุนผลการวิจัยในครั้งนี้ได้ว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมขึ้นมาอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ปัญหา สถานการณ์อย่างเป็นขั้นตอนละเอียด และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อวางแผนปฏิบัติการได้อย่างเหมาะสมตามวิธีการได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิมมอตตี เจ เดฟลิน (Timothy J. Devlin, 2009) ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมแบบห้องเรียนสะเต็ม โดยมีกระบวนการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนนี้ 1. การระบุปัญหา 2. การรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูล 3. การแปลความหมายข้อมูล 4. การทดลองตามข้อมูลที่มี และ 5. การสะท้อนปัญหาที่ถูกระบุว่าเป็นจุดที่ทำให้ให้นักเรียนรู้ความสามารถในการเรียน จากการสังเกตผ่านวิดีโอ และเปรียบเทียบพฤติกรรมระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม พบว่านักเรียนมีการรับรู้ไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการปฏิบัติตามคำแนะนำเพิ่มขึ้น เข้าใจคำสั่งต่าง ๆ ด้วยตัวเองโดยไม่มี การสอบถามเพิ่มเติม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. ในการกำหนดเนื้อหาและเวลาของการจัดกิจกรรม ผู้สอนควรแบ่งเวลา/จำนวนชั่วโมงให้เพียงพอ หรือศึกษาเนื้อหาให้ละเอียดเพื่อเกลี่ยเวลาและตัดเนื้อหาที่ไม่จะเป็นบางส่วนออก
2. ในการควบคุมเวลาสำหรับกิจกรรม ผู้สอนควรทดลองควบคุมเวลากับกิจกรรมแต่ละขั้นก่อนเพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมอย่างครบถ้วนและทันเวลา

3. การคัดเลือกเนื้อหาและแนวผู้สอนอาจนำมาจากคู่มือครูซึ่งภาษาที่ใช้อาจจะยากแก่การเข้าใจสำหรับนักเรียน ซึ่งเป็นเหตุให้นักเรียนตีความหมายไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ ผู้สอนควรอ่านและทำความเข้าใจอย่างละเอียดและกำหนดเนื้อหาที่มีภาษาเหมาะสมกับวัย และง่ายต่อความเข้าใจของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการออกแบบกิจกรรม ผู้สอนควรเขียนขั้นตอนและแนวทางการบูรณาการให้ชัดเจน เพื่อสะดวกแก่การนำกิจกรรมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ในขั้นตอนการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ หรือการทดลองในกิจกรรมสะเต็มนั้นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสรรค์สร้างผลงาน สามารถนำไปใช้ในการวิจัยครั้งต่อไป โดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์





บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

บรรณานุกรม

- Anderson, Virginia, & Johnson, Lauren. (1997). **Systems Thinking Basics :From Concepts to Causal Loops**. Waltham : Pegasus Communications.
- Breiner, J.M., Carla, C.J.,Harkness, S.S., & Koehler, C.M..(2012). **What is STEMM A discussion about conceptions of STEM in education and Shelly Sheats Harkness Partnerships**. School Science and Mathematics,112(1),3-11.
- Dejarnette.(2012). **America’s children:providing early exposure to STEM (Science, technology, engineering and math) initiatives**. Education, 133(1), 77-84.
- Wayne, C. (2012). **What is S.T.E.M. and why do I need to know?** Retrieved February 2, 2013, from <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และ อธิป จิตตฤกษ์.(2554). **ทักษะแห่งอนาคตใหม่: การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ openworld.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2544). **ลายแทงนักคิด**. กรุงเทพฯ:ซัคเซส มีเดีย จำกัด.
- ธวัช ชิตตระการ. (2555). **การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมผ่านโปรแกรม STEM**.สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557, จาก <http://www.deansci.com/th/downloads/stem.pdf>.
- ยศวีร์ สายฟ้า. (2555). **การเสริมสร้าง วิทย์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ด้วย STEM Model**.สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557, จากhttp://www.ducathai.com/workshop_download_handout_download.php?id=60&page=4.
- รัชพล ธนानวงศ์. (2556). **รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education**.สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557, จาก <http://www.slideshare.net/focusphysics/stem-workshop-summary>.

อภิสิทธิ์ รัชไชย และคณะ. (2555). **สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Preparing students for the 21st Century.** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557, จาก <http://www.designtechnology.ipst.ac.th/upload/STEMEducation.pdf>.

อภิสิทธิ์ รัชไชย. (2557). **เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์คืออะไรในสะเต็มศึกษา. สาขา ออกแบบและเทคโนโลยี.** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557 จาก http://www.designtechnology.ipst.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=208&Itemid=800.

สตีฟ ลังการ์พินธุ์. **STEM Education สร้างเด็กไทยให้เต็มคน: 10 แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็ม.** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557 จาก <http://www.intel.com/education/evidenceofimpact>.

ชลาริป์ สมหาหิโต. (2557). **การจัดกิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย.** สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2558 จาก <http://www.preschool.or.th/doc/Activities-STEM.pdf>

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2552). **การสอบแบบสืบเสาะหาความรู้.** สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2558 จาก <http://www.physics.science.cmu.ac.th/teacherworkshop/2552/whatis.htm>

ทีศนา เขมมณี. (2546). **ศาสตร์การสอน, (พิมพ์ครั้งที่ 4).** กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์

ปกรณ์ ประจันบาน. (2552). **ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์.** พิษณุโลก: รัตนสุวรรณการพิมพ์.

รัตนะ บัวสนธ์. (2552). **การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา.** กรุงเทพฯ: คำสมัย.

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ผศ.ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ รองคณบดีฝ่ายกิจการนิสิต ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาการสอนวิชาฟิสิกส์
2. ดร.อังคณา อ่อนธานี อาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
3. นางสาวศรีสุดา แซ่บาง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเทศบาล 3
(วัดแสงธรรมสุทธาราม)
อำเภอ ชุมแสง จังหวัด นครสวรรค์
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล



มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด
วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. โปรดพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วทำเครื่องหมายเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดของท่านมาก
ที่สุด โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดังต่อไปนี้

5	หมายถึง	รายการนั้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	รายการนั้นมีความเหมาะสมในระดับมาก
3	หมายถึง	รายการนั้นมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	รายการนั้นมีความเหมาะสมในระดับน้อย
1	หมายถึง	รายการนั้นมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
1. องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้					
1.1 องค์ประกอบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) องค์ประกอบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) <ul style="list-style-type: none"> - ขั้นสร้างความสนใจมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นสำรวจและค้นหา มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นขยายความรู้ มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นประเมินผล มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ 					
1.2 องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องขององค์ประกอบต่อเนื่องอย่างสมเหตุสมผลที่เป็นเรื่องเดียวกัน					

ตาราง (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดำเนินการตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5E)ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และบูรณาการร่วมกับกระบวนการทางเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์					
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสหวิทยาการตั้งแต่ 2 ศาสตร์ขึ้นไป					
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชากับชีวิตประจำวันได้					
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และท้าทายความคิดของนักเรียน					
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญ (วิเคราะห์ส่วนประกอบ/วิเคราะห์ความสำคัญ)					
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลหรือความแตกต่าง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)					
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหาความสัมพันธ์โดยอาศัยหลักการ (วิเคราะห์หลักการ)					
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละศาสตร์อย่างสอดคล้องกัน					

ตาราง (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
2.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 สาขาวิชา					
แผนการจัดการเรียนรู้					
1. ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1.1 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องครบถ้วน					
1.2 องค์ประกอบทุกส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้อง สัมพันธ์กัน					
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้					
1. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
2. ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
3. สามารถวัดผลประเมินผลได้					
ด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้					
1. ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด					
2. ข้อความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ					
3. กำหนดสาระการเรียนรู้เนื้อหาเหมาะกับเวลาเรียน					
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
1. กิจกรรมมีขั้นตอนถูกต้องเหมาะสมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติได้จริง					
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์					
4. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา					
5. ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู					

ตาราง (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
ด้านสื่อการเรียนการสอน					
1. มีสื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ที่สอดคล้องและเหมาะสม					
2. สอดคล้องและเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
3. มีสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย					
4. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและน่าสนใจ					
ด้านการวัดผลประเมินผล					
1. การวัดผลประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. ใช้วัดผลได้ครอบคลุมกิจกรรมการเรียนรู้และความสามารถในการคิดวิเคราะห์					
3. การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้					
4. ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้อย่างเหมาะสมและครอบคลุม					

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงนาม.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วัน /เดือน /ปี.....

ภาคผนวก ค ผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 10 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{X}	S.D
	คนที่				
	1	2	3		
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
1. องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้					
1.1 องค์ประกอบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) <ul style="list-style-type: none"> - ขั้นสร้างความสนใจมีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นสำรวจและค้นหา มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นขยายความรู้ มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ - ขั้นประเมินผล มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ 	4	4	4	4.00	0.00

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{X}	S.D
	คนที่				
	1	2	3		
1.2 องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องขององค์ประกอบต่อเนื่องอย่างสมเหตุสมผลที่เป็นเรื่องเดียวกัน	3	4	5	4.00	1.00
2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดำเนินการตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5E)ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และบูรณาการร่วมกับกระบวนการทางเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์	4	4	5	4.33	0.58
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสหวิทยาการตั้งแต่ 2 ศาสตร์ขึ้นไป	4	3	5	4.00	1.00
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชากับชีวิตประจำวันได้	4	3	5	4.00	1.00
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และท้าทายความคิดของนักเรียน	5	4	5	4.67	0.58
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญ (วิเคราะห์ส่วนประกอบ/วิเคราะห์ความสำคัญ)	4	4	5	4.33	0.58
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลหรือความแตกต่าง (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)	4	4	5	4.33	0.58
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการหาความสัมพันธ์โดยอาศัยหลักการ (วิเคราะห์หลักการ)	4	4	5	4.67	0.58

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{X}	S.D
	คนที่				
	1	2	3		
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้มีการเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของแต่ละศาสตร์อย่างสอดคล้องกัน	4	3	5	4.00	1.00
2.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนทำงาน ร่วมกันเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดง ความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหา ทั้ง 4 สาขาวิชา	4	3	5	4.00	1.00
รวมเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนรู้				4.21	0.72
แผนการจัดการเรียนรู้					
1. ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการ เรียนรู้					
1.1 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มี ความถูกต้อง ครบถ้วน	4	3	5	4.00	1.00
1.2 องค์ประกอบทุกส่วนของแผนการจัดการ เรียนรู้มีความสอดคล้อง สัมพันธ์กัน	4	4	5	4.33	0.58
รวมเฉลี่ยด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้				4.17	0.79
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้					
1. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58
2. ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการ พัฒนาชัดเจน	4	3	5	4.00	1.00
3. สามารถวัดผลประเมินผลได้	5	4	5	4.67	0.58
รวมเฉลี่ยด้านจุดประสงค์การเรียนรู้				4.45	0.72


ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{X}	S.D
	คนที่				
	1	2	3		
ด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้					
1. ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4	4	5	4.33	0.58
2. ข้อความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ	4	4	5	4.33	0.58
3. กำหนดสาระการเรียนรู้เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	3	4	3.67	0.58
รวมเฉลี่ยด้านสาระสำคัญ/สาระการเรียนรู้				4.11	0.58
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
1. กิจกรรมมีขั้นตอนถูกต้องเหมาะสมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4	3	5	4.00	1.00
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติได้จริง	5	4	5	4.67	0.58
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์	4	4	5	4.33	0.58
4. กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	3	4	4	3.67	0.58
5. ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู	4	4	5	4.33	0.58
รวมเฉลี่ยด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้				4.20	0.66
ด้านสื่อการเรียนการสอน					
1. มีสื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ที่สอดคล้องและเหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58
2. สอดคล้องและเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00
3. มีสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย	4	4	5	4.33	0.58
4. สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและน่าสนใจ	4	4	5	4.33	0.58
รวมเฉลี่ยด้านสื่อการเรียนการสอน				4.25	0.44

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			\bar{X}	S.D
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
ด้านการวัดผลประเมินผล					
1. การวัดผลประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00
2. ใช้วัดผลได้ครอบคลุมกิจกรรมการเรียนรู้และความสามารถในการคิดวิเคราะห์	4	3	5	4.00	1.00
3. การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4	3	5	4.00	1.00
4. ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้อย่างเหมาะสมและครอบคลุม	4	3	4	3.67	0.58
รวมเฉลี่ยด้านการวัดและประเมินผล				4.17	0.65
รวมเฉลี่ยด้านกิจกรรมการเรียนรู้				4.16	0.79
รวมเฉลี่ยด้านแผนการจัดการเรียนรู้				4.22	0.62
รวมเฉลี่ย				4.22	0.58

ภาคผนวก ง ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการ
คิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนต์ตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่อง โมเมนต์ตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4

จัดทำโดย

นางกมลทิพย์ สำราญจักร์

หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาหลักสูตรและการสอน

ปีการศึกษา 2557 มหาวิทยาลัยนเรศวร

คำนำ

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 ประกอบไปด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 กิจกรรม ได้แก่

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง การดลและแรงดล

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง การชน

ในกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย คำชี้แจง จุดประสงค์ รายการสื่อและอุปกรณ์ สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบงาน แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน และ เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ซึ่งผู้จัดทำได้พัฒนาเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนให้สูงต่อไป

ขอขอบคุณ รศ.ดร.วาริรัตน์ แก้วอุไร ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรีกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้กิจกรรมการเรียนรู้ สำเร็จสมบูรณ์ได้

คำชี้แจง

คำชี้แจง ประกอบการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. บทบาทของครูผู้สอน

1.1 ครูผู้สอน ต้องศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำชี้แจงสำหรับครู และแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อครูผู้สอนจะสามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ครูผู้สอนจะต้องเตรียมสื่อการเรียนการสอนให้พร้อม

1.3 ก่อนดำเนินการปฏิบัติกิจกรรม ครูต้องชี้แจงให้นักเรียนรู้เกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในการใช้กิจกรรมการเรียนรู้

2. บทบาทของนักเรียน

2.1 ศึกษาบทบาทของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมให้เข้าใจก่อนการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้

2.2 ปฏิบัติกิจกรรมตามลำดับขั้นตอน อ่านคำชี้แจงให้เข้าใจ เพื่อจะได้ทราบว่าปฏิบัติกิจกรรมอะไร อย่างไร

2.3 นักเรียนต้องตั้งใจปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มความสามารถ ต้องให้ความร่วมมือช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ในระหว่างการทำกิจกรรม

2.4 นักเรียนต้องใช้สื่ออย่างระมัดระวัง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

มีขั้นตอนการเรียนรู้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยความสนใจของนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บข้อมูลข้อสังเกตหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจใช้ได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ จากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเมื่อได้ข้อมูลที่เพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างตาราง การวาดภาพ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรอย่างไรและมากน้อยเพียงใด

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 แรงดลและการดล

แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หัวข้อ	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
การดลและแรงดล	<p>1. วิเคราะห์ได้ว่า ผลคูณของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนโมเมนตัมกับช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล และ แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลานั้น ๆ เรียกว่า แรงดล</p> <p>2. แปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุ ได้ว่าพื้นที่ใต้กราฟคือ ขนาดของการดล</p>	<p>1. ทดลองศึกษาสภาพการแตกของไข่ภายหลังจากที่สูง</p> <p>2. กิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรม บรรจุก้อนก้นกระแทก สำหรับผลไม้สด</p> <p>2. ทำแบบฝึกหัดเรื่อง การดลและแรงดล</p>	<p>กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น</p> <p>1. ขั้นสร้างความสนใจ</p> <p>2. ขั้นสำรวจและค้นหาเป็นขั้นที่วิเคราะห์และนำหลักการของการดลจากการทดลองศึกษาสภาพของไข่ที่ตกจากที่สูงไปเชื่อมโยงในการออกแบบบรรจุก้อนก้นกระแทก สำหรับผลไม้สด</p> <p>3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป</p> <p>4. ขั้นขยายความรู้ ร่วมกับการใช้คณิตศาสตร์ในการแก้โจทย์ปัญหาโดย สร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหา ถ้าไปใช้ในการแก้ปัญหา</p> <p>5. ขั้นประเมินผล</p>

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	เรื่อง โมเมนตัมและการชน	เวลา 12 ชั่วโมง
เรื่อง การดลและแรงดล		เวลา 2 ชั่วโมง
กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์		รายวิชา ฟิสิกส์
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4		ภาคเรียนที่ 1/2558

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 4.2 ม. 4-6/1 อธิบายและทดลองความ สัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

สาระสำคัญ

โมเมนตัม (Momentum) \vec{p} เป็นปริมาณบอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุหาได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไปโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม แรง \vec{F} ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ Δt เรียกว่า แรงดล (impulsive force) และปริมาณ $\vec{F} \Delta t$ เรียกว่า การดล (impulsive)

เมื่อวัตถุชนกัน โมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับโมเมนตัมหลังการชนของระบบเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (law of conservation of momentum) การชนของพลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น (elastic collision) ส่วนการชนที่พลังงานไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision) กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ช่วยในการอธิบายการชนและการระเบิดของวัตถุ

จุดประสงค์การเรียนรู้

- วิเคราะห์ได้ว่า ผลคูณของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนโมเมนตัมกับช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล และ แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล

2. แปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุ ได้ว่าพื้นที่ใต้กราฟคือ ขนาดของการดล
3. หากการดลและแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้
4. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง โมเมนตัมและการดล ในศึกษาสภาพการแตกของไข่ ภายหลังตกจากที่สูง และการออกแบบจำลองจากหลักโมเมนตัมและการดลโดยทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา บรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สด

สาระการเรียนรู้

การดล (I) คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็น kg.m/s หรือ N.s
แรงดล คือแรงที่มากกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา (Dt) แรงดลมีหน่วยเป็นนิวตัน วัตตุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น ถูกแรง F มากกระทำในเวลาสั้น ๆ ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น Δt จะได้ว่าวัตถุมีโมเมนตัมเปลี่ยนไป D จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $SF=ma$ จะได้ว่าปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางไปทางเดียวกับทิศของแรงที่มากระทำมีหน่วยเป็น kg.m/s

สมรรถนะสำคัญ

1. ความสามารถในการคิด
 - ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ใฝ่เรียนรู้
2. มุ่งมั่นในการทำงาน

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายโมเมนตัมและความสัมพันธ์ระหว่างแรงและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป
2. อธิบายการชนของวัตถุ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และวิเคราะห์การชนกันของวัตถุ

กิจกรรมการเรียนรู้(300 นาที)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล

ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ และจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (35 นาที)

1. ครูนำวิดีโอจากYoutube เรื่องแรงตลและการตล ให้นักเรียนดู
 2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดแล้วช่วยกันตอบในประเด็น
 - จากวิดีโอ เรื่องแรงตลและการตล นักเรียนได้ดูนั้น สิ่งใดทำให้วัตถุหยุดหรือเปลี่ยนความเร็ว (ตอบ แรง) (วิเคราะห์ความสำคัญ)
 - นักเรียนคิดว่าถ้าเรานำลูกโป่งไปใส่น้ำแล้วปล่อยจากที่สูงลงบนพื้นธรรมดาหรือพื้นนุ่มจะแตกได้ง่ายกว่ากัน แล้วนุ่มเท่าไรถึงจะแตก (ตอบ พื้นธรรมดาแตกง่ายกว่า) (วิเคราะห์ความสำคัญ)
- ครูนำเข้าสู่กิจกรรม “ออกแบบจำลองโมเมนต์และการตลโดยศึกษาสภาพการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูง”

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (40 นาที)

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อทำกิจกรรม “ออกแบบจำลองโมเมนต์และการตลโดยศึกษาสภาพการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูง” โดยดำเนินการดังนี้
 - 1.1 นักเรียนร่วมกันจัดเตรียมอุปกรณ์ในการทำกิจกรรม ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้
 - อุปกรณ์
 1. ไข่ไก่ที่มีมวลเท่าหรือใกล้เคียงกัน จำนวน 12 ใบ
 2. ฟองน้ำหนา 1 เซนติเมตร และ 2 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร
 3. คัตเตอร์
 4. นาฬิกาจับเวลา
 - 1.2 นักเรียนร่วมกันสืบค้นเนื้อหาเกี่ยวกับการทดลองสภาพการแตกของวัตถุภายหลังตกจากที่สูงเพื่อประกอบการออกแบบและสร้างแบบจำลองสภาพการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูง โดยมีเงื่อนไขดังนี้
 - กำหนดลักษณะพื้นผิว และความสูงในการปล่อยลูกโป่งน้ำ ดังนี้

ลักษณะพื้นผิว : พื้นผิวเรียบ พื้นนุ่มหนา 1 เซนติเมตร พื้นนุ่มหนา 2 เซนติเมตร พื้นนุ่มหนา 4 เซนติเมตร

ความสูง : กำหนดความสูง 4 ระดับ โดยแต่ละระดับจะมีความสูงที่ต่างกัน 10 เซนติเมตร เช่น ความสูงที่ 200 เซนติเมตร , 210 เซนติเมตร ,220 เซนติเมตร และ 230 เซนติเมตร

ควบคุม : น้ำหนักของไข่ต้องใกล้เคียงหรือเท่ากัน

1.3 ครูและนักเรียนร่วมกันศึกษาและอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้ **(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)**

- สภาพของไข่ที่ตกลงบนพื้นผิวเรียบ
- สภาพของไข่ที่ตกลงบนพื้นนุ่มหนา 1 เซนติเมตร พื้นนุ่มหนา 2 เซนติเมตร พื้นนุ่มหนา 4 เซนติเมตร

2. นักเรียนร่วมกันออกแบบและสร้างแบบจำลองโมเมนตัมและการดลโดยศึกษาสภาพการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูง

3. ทดลองปล่อยไข่ลงบนพื้นที่มีลักษณะและความสูงต่างกัน

4. สังเกตการแปรสภาพ และบันทึกผลลงในตาราง

5. หลังจากการทดลอง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอถึงผลการทดลอง และร่วมกันสรุปผลการทดลอง

6. ครูและนักเรียนทั้งหมดอภิปรายผลการทดลอง และร่วมกันสรุปผลการทดลอง ร่วมกันอีกครั้ง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (10 นาที)

เนื่องจากจุดประสงค์การเรียนรู้หัวข้อนี้ต้องการให้นักเรียนทราบความหมายของการดล แรงดล และแรงดลเฉลี่ยครูอธิบายเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุ นอกจากจะขึ้นอยู่กับค่าของการเปลี่ยนโมเมนตัมแล้วยังขึ้นกับช่วงเวลาที่เรากระทำต่อวัตถุเพื่อใช้ในการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ โดย

ใช้สมการ $\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$ ประกอบการอภิปรายโดยกล่าวถึงสถานการณ์ไข่มวลเท่ากันแปรสภาพ

(แตก) บนพื้นที่มีลักษณะและความสูงต่างกัน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้(180 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยเชื่อมโยงจากหลักการทดลองศึกษาสภาพการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูงโดยให้นักเรียนออกแบบจำลองและสร้างบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สด ใบกิจกรรมที่ 1

2. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ผลคูณของแรงกับช่วงเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุ เรียกว่า การดล มีหน่วย นิวตัน วินาที หรือกิโลกรัม เมตรต่อวินาที ในกรณีที่การดล ($\vec{F}\Delta t$) และโมเมนตัมเริ่มต้น ($m\vec{u}$) อยู่ในแนวเดียวกันโดยอาจมีทิศทางเดียวกัน หรือทิศทางตรงกันข้ามก็ได้ การใช้สมการ $\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$ จึงควรใส่เครื่องหมายบวก (+) และลบ (-) เพื่อกำหนดทิศทางของเวกเตอร์เหล่านั้น

3. นักเรียนร่วมกันสืบค้น แก้อิทธิพลปัญหา ในใบงาน 3.2 ซึ่งจะใช้คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์โดยใช้หลักพีชคณิต (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ตัวอย่าง

1. ลูกเทนนิสมีมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เมื่อตีด้วยไม้เทนนิสปรากฏว่าลูกเทนนิสเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที ทำมุม 60 องศา จงหาขนาดของการดล

วิธีทำ

1.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

.....

1.2 สิ่งที่สามารถรู้ให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)

.....

1.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

.....

1.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

.....

1.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า.....ตัว

ได้แก่.....

1.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

2. ให้นักเรียน เขียนสรุปความรู้ที่ได้รับจากวิดีโอเรื่อง การดลและแรงดล ลงในใบงานที่ 3.3 และเชื่อมโยงเรื่องการดลและแรงดลสู่ชีวิตประจำวัน (วิเคราะห์หลักการ)

การวัดประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัด	เครื่องมือวัด
1. วิเคราะห์ได้ว่า ผลคูณของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนโมเมนตัมกับช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล และ แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล	1. แบบบันทึกการศึกษารายงานการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูง ใบงานที่ 3.1 2. แก้โจทย์ปัญหาใบงานที่ 3.2	1. แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง 2. เฉลยการแก้โจทย์ปัญหา 3. แบบประเมินผลงานนักเรียน ทำกิจกรรมแบบจำลองและสร้างบรรทัดฐานกันกระแทกสำหรับผลไม้สด
2. แปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุ ได้ว่าพื้นที่ใต้กราฟคือ ขนาดของการดล	3. สรุปความรู้ที่ได้รับจากวิดีโอเรื่อง การดลและแรงดล ใบงาน 3.3 4. ประเมินจากกิจกรรมออกแบบจำลองและสร้างบรรทัดฐานกันกระแทกสำหรับ	
3. หาการดลและแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้		

<p>4. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง โมเมนตัมและการดล ในศึกษาสภาพการแตกของไข่ ภายหลังตกจากที่สูง และการ ออกแบบจำลองจากหลัก โมเมนตัมและการดลโดยทำ กิจกรรมสะเต็มศึกษา บรรจุภัณฑ์ กันกระแทกสำหรับผลไม้สด</p>	<p>ผลไม้สด</p>	
--	----------------	--

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

ข้อดี.....

.....

ข้อเสีย.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

3. แนวทางแก้ไข

.....

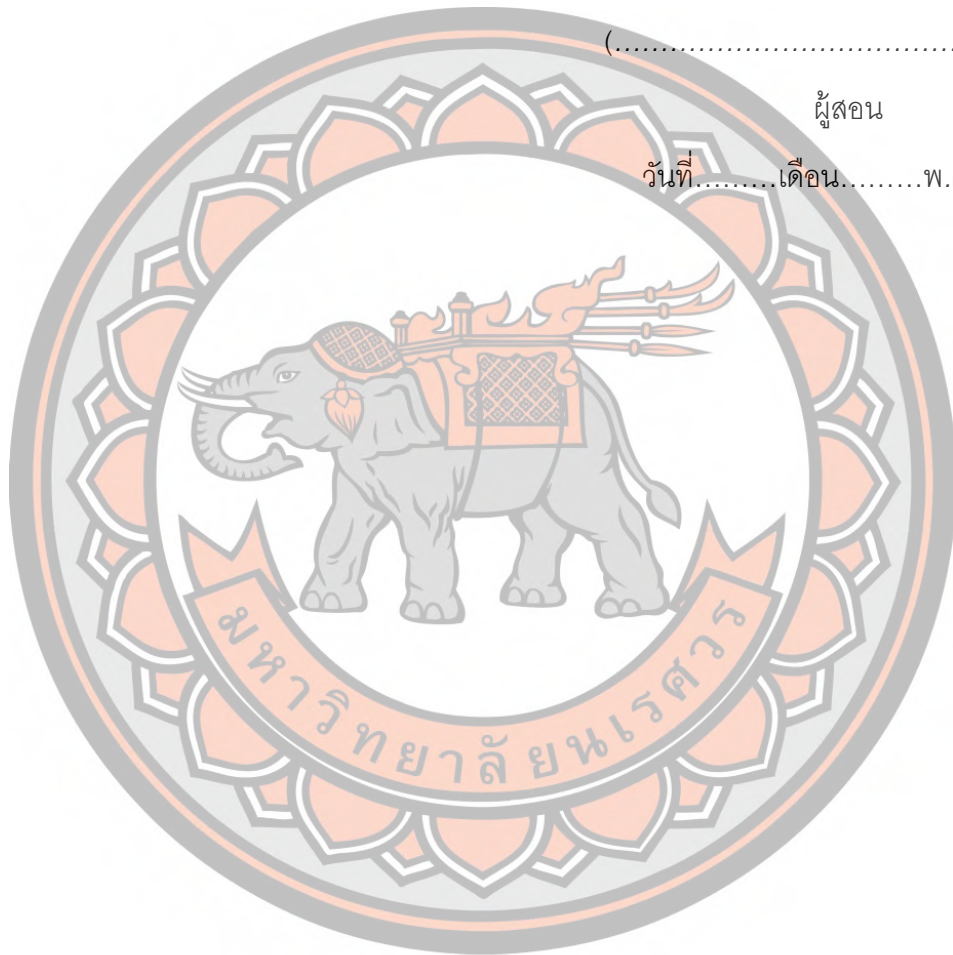
1. ข้อเสนอแนะ

.....
.....

(.....)

ผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ใบกิจกรรมที่ 1 บรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สด

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

วัสดุกันกระแทก คือ วัสดุที่ถูกนำมาใช้เพื่อ ปกป้องสินค้าจากการ สูญเสียเนื่องมาจากการ กระแทกอย่างรุนแรง และ/หรือการสั่นสะเทือน ระหว่างกระบวนการขนส่ง เคลื่อนย้าย ขนถ่าย หลักการพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับ สินค้า คือ

1. วัสดุกันกระแทกถูกนำมาใช้เพื่อดูดซับแรงกระแทกและปกป้อง การส่งผ่านแรงกระแทกมายัง ตัวสินค้า
2. วัสดุกันกระแทกมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนที่ของสินค้า ในหีบห่อ ซึ่งเป็นการลดการ เคลื่อนที่มากกระแทกกันจากการสั่นสะเทือน

ในปัจจุบันมีวัสดุหลายชนิดได้รับการนำมาใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นวัสดุกันกระแทก การเลือกใช้วัสดุ ที่ให้ผลในการคุ้มครองเพียงพอ ในระดับราคาที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมต้นทุนของสินค้าและลดการ สูญเสียของสินค้าลงได้ ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุกันกระแทก 1. รูปทรง ขนาด และน้ำหนัก ของสินค้า 2. ความเปราะบางของสินค้า 3. ความแตกต่างของการขนส่งแต่ละแบบ ว่าได้รับแรงกระแทก และการสั่นสะเทือนแบบใด ขนาดของแรงประมาณเท่าใด 4. คุณสมบัติ ราคา และการใช้ประโยชน์ของ วัสดุกันกระแทก แต่ละชนิด

ในการขนส่งในแต่ละเส้นทางจะได้รับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนแตกต่างกันไป นอกจากนี้การ เคลื่อนย้ายด้วยคนหรือเครื่องจักรกล อาจเกิดการตกหล่น การโยน ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของ การตกหล่น จากการเคลื่อนย้ายด้วยแรงคนขณะปฏิบัติงาน พบว่าสำหรับหีบห่อที่น้ำหนักมากและ สำหรับหีบห่อที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 35 กิโลกรัม ระยะตกโดยประมาณจะคำนวณได้จากสูตร $h = 60 - M \times H$ เมื่อ $h =$ ระยะตกเป็นเซนติเมตร $M =$ น้ำหนักของหีบห่อเป็นกรัม หรือ กิโลกรัม $H =$ มิติที่ยาว ที่สุดของหีบห่อเป็นเซนติเมตรเช่น หีบห่อชิ้นหนึ่งมีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม และมีด้านยาวสุด 30 เซนติเมตร

จะมีโอกาสตกที่ระดับความสูงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร หนึ่ง การเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักร เช่น รถฟอร์กลิฟท์โอกาสตกหล่นจะน้อยลงกว่าเคลื่อนย้ายด้วยแรงคน แต่ถ้ามีการตกแล้วระยะตกอาจจะสูงถึง 1.5 เมตร

ตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
ใช้ความรู้เรื่อง โมเมนตัม , การดลและแรงดล เพื่อนำมาประกอบการประดิษฐ์บรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้ เพื่อป้องกันการช้ำจากการกระแทก หรือ ช้ำจากการตกจากที่สูง	ใช้คณิตศาสตร์ในการคำนวณระยะการตก เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการกระแทกที่ติดกับผลไม้ให้น้อยที่สุด	การสืบค้นข้อมูลที่เป็นและเหมาะสมสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การเลือกใช้วัสดุโดยวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ และเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน	ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมออกแบบและประดิษฐ์บรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้ เพื่อป้องกันการช้ำจากการกระแทก หรือ ช้ำจากการตกจากที่สูง

สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

โมเมนตัม (Momentum) P เป็นปริมาณบอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุหาได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว เมื่อมีแรงดลกระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไปโดยแรงดลที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม แรง (\vec{F}) ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ Δt เรียกว่า แรงดล (impulsive force) และปริมาณ (\vec{F}) Δt เรียกว่า การดล (impulsive)

คณิตศาสตร์

คาดคะเนทาง พื้นที่ปริมาตร และน้ำหนักได้อย่างใกล้เคียงและอธิบายวิธีการที่ใช้ในการคาดคะเน และใช้การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัดระยะได้อย่างเหมาะสม

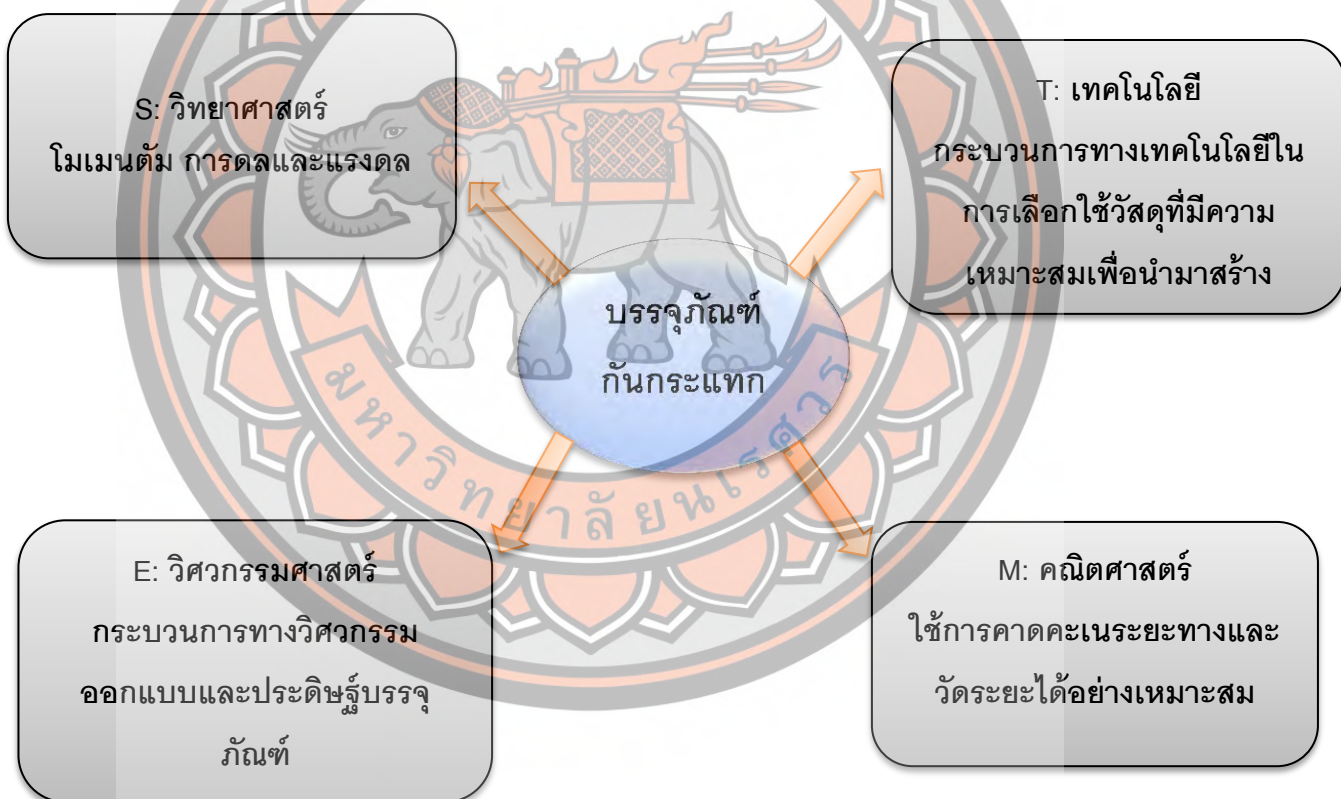
เทคโนโลยี

ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นและเหมาะสมสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์การเลือกใช้วัสดุโดยวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ และเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน

วิศวกรรม

ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมออกแบบและประดิษฐ์บรรจุภัณฑ์

ผังมโนทัศน์



จุดประสงค์

เพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง โมเมนต์ม การดลและแรงดล ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองบรรจุภัณฑ์ก้นกระแทกสำหรับผลไม้สด

วัสดุอุปกรณ์

1. แผ่นโฟม หรือ ฟองน้ำ
2. ตลับเมตร
3. เคเบิลไทม์
4. สก็อตเทปใส
5. คัทเตอร์
6. กาวน้ำ

แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นสร้างความสนใจ (15 นาที)

1. ครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามนำถึง การสังเกตรูปแบบบรรจุภัณฑ์ของผลไม้สดที่นักเรียนเคยรับประทานพร้อมกับตั้งคำถาม: ผลไม้ใดบ้างที่ต้องมีบรรจุภัณฑ์กันกระแทก?
2. นักเรียนศึกษารูปแบบของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สดจากรูปภาพ





จากนั้นนักเรียนร่วมกันอภิปรายร่วมกันในประเด็นดังนี้

2.1 ความรู้เรื่องไถในบทเรียนโมเมนต์และการชนบ้างที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบและทำบรรจุภัณฑ์กันกระแทก (แนวคำตอบ: โมเมนต์ การดลและแรงดล)

2.2 ปัจจัยอะไรบ้างที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบและทำบรรจุภัณฑ์กันกระแทก (แนวคำตอบ: ความนุ่มของวัสดุ ความหนาที่เหมาะสมของวัสดุ)

ขั้นสำรวจและค้นหา (90 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 6 คน แล้วร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างแบบจำลองบรรจุภัณฑ์กันกระแทก ซึ่งมีเงื่อนไขดังนี้

ให้เลือกใช้วัสดุที่เตรียมให้ ออกแบบให้เหมาะสม
และทดสอบการกระแทกที่ระยะความสูงที่ปล่อยผลไม้ลงมาแล้วผลไม้ไม่ชำ

2. นักเรียนทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สด ลงใน ใบงานที่ 1 และประดิษฐ์บรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สด

3. นักเรียนทำการทดสอบการกระแทกที่ระดับความสูงต่างกันเพื่อหาความสูงที่เหมาะสมที่สุดที่ผลไม้ไม่ชำด้วยการปล่อยผลไม้ตกลงกระแทกพื้นทีระดับ 20, 50, 70, และ 100 เซนติเมตร แล้วบันทึกผลการกระแทกลงตารางบันทึกผล ใบงานที่ 2

ตาราง บันทึกผล

ระยะความสูง (เซนติเมตร)	ผลการกระแทกที่เกิดกับผลไม้	
	ชำ	ไม่ชำ
50		
70		
100		
120		

4. นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ระยะความสูง และความหนาของวัสดุที่เลือกใช้ ในการทำบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

4.1 กราฟที่ได้จากการทดลองเป็นอย่างไร

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูง กับความหนาของวัสดุที่เลือกใช้เป็นอย่างไ

(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนได้ข้อสรุป ถึงความสัมพันธ์ของ ระยะความสูง ความหนาของวัสดุกันกระแทก และ ผลจากการกระแทกที่เกิดกับผลไม้ (วิเคราะห์ความสำคัญ,

วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (30 นาที)

นักเรียนนำเสนอและร่วมกันอธิบายถึงแนวคิด วิธีการออกแบบจำลอง ร่วมกันอภิปรายถึง จุดเด่น จุดด้อยของผลงาน และ เสนอวิธีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน (วิเคราะห์ความสำคัญ, วิเคราะห์ความสัมพันธ์, วิเคราะห์หลักการ)

ชั้นขยายความรู้ (20 นาที)

ครูอธิบายเพิ่มเติมถึงหลักการลดและแรงดลที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม

ชั้นประเมินผล

ครูประเมินผลงานนักเรียนตามรายการดังนี้

กลุ่ม	ระดับคะแนนของรายการที่ประเมิน					คะแนนรวม (100 คะแนน)
	ผลงาน (40 คะแนน)	งบประมาณ (10 คะแนน)	การนำเสนอ ผลงาน (20 คะแนน)	การใช้กระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรม (15 คะแนน)	การบูรณาการ ความรู้ (STEM) (15 คะแนน)	
1						
2						
3						
4						

เกณฑ์การให้คะแนน (100 คะแนน)

รายการประเมิน	ระดับ	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
ผลงาน (40 %)		ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์โดยผลไม่ที่ทดสอบจากการกระทำที่ระยะ 170 เซนติเมตร แล้วไม่ซ้ำ	ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์โดยผลไม่ที่ทดสอบจากการกระทำที่ระยะ 70-100 เซนติเมตร แล้วไม่ซ้ำ	ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์โดยผลไม่ที่ทดสอบจากการกระทำที่ระยะ 50 เซนติเมตร แล้วไม่ซ้ำ	ผลไม่ที่ทดสอบจากการกระทำที่ระยะ 50 เซนติเมตรหรือต่ำกว่าตกลงมาแล้วซ้ำ
งบประมาณ (จัดลำดับโดยเปรียบเทียบจากแต่ละกลุ่มในชั้นเรียน) (10 %)		ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 1	ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 2	ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 3	ใช้งบประมาณน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 4 เป็นต้นไป
การนำเสนอผลงาน (20 %)		สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจน และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้ดี แต่อาจขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่อาจขาดความน่าสนใจหรือขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	การนำเสนอผลงานไม่สอดคล้องกับผลงาน และขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง

เกณฑ์การให้คะแนน (100 คะแนน) (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับ	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (15 %)		มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูลและแสดงถึงการให้ข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูล แต่ไม่ได้นำมาใช้เป็นพื้นฐานการตัดสินใจในการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ขาดการสืบค้นข้อมูล	ขาดการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
การบูรณาการความรู้ (STEM) (15 %)		สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นำมาใช้ในการออกแบบผลงาน ได้ชัดเจนและถูกต้องครบทั้ง 3 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ผลงานได้ชัดเจน และถูกต้อง 2 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ผลงานได้ชัดเจน และถูกต้องเพียงด้านเดียว	ไม่สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ผลงานได้

หมายเหตุ

1. การประเมินในส่วนของ “การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม” จะประเมินจากข้อมูลที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินงานที่เป็นไปตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
2. การประเมินในส่วนของ “การบูรณาการความรู้ (STEM)” จะประเมินจากข้อมูลการตอบคำถามในใบกิจกรรม กรณีที่นักเรียนไม่ได้ตอบคำถาม ผู้สอนอาจพิจารณาการให้คะแนนจากข้อมูลที่นักเรียนอธิบายเหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างบรรจุภัณฑ์ กันกระแทกได้

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ผลไม้สดต่าง ๆ
2. อุปกรณ์สำหรับสร้างบรรจุภัณฑ์กันกระแทก



ใบงานที่ 1

ให้นักเรียนออกแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลไม้สด



ใบงานที่ 3.1
แบบบันทึกการศึกษาสภาพการแตกของไข่ภายหลังตกจากที่สูง

กลุ่มที่.....

1. ระบุปัญหาหรือสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. สมมติฐาน

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

.....

ตัวแปรตาม

.....

.....

4. ทดลองปล่อยไข่งบนพื้นที่มีลักษณะและความสูงต่างกัน

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ความสูง (cm)	พื้นเรียบ	พื้นนุ่ม		
		1 เซนติเมตร	2 เซนติเมตร	4 เซนติเมตร

5. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 3.2

แบบฝึกแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การดลและแรงดล

1. ปาลูกบอล 0.2 กิโลกรัม ทำมุม 300 กับกำแพงด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที โดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน จงหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลในการชนกำแพง

วิธีทำ

1.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

.....

1.2 สิ่งที่สถานการณ์ให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)

.....

1.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

.....

1.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

.....

1.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า.....ตัว
 ได้แก่.....

.....

1.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ลูกเทนนิสมีมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เมื่อตีด้วยไม้เทนนิส ปรากฏว่า ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที ทำมุม 60° ดังรูป จงหาขนาดของการดล

วิธีทำ

2.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

.....

.....

2.2 สิ่งที่สามารถหาให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)

.....

.....

2.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของ ตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

.....

.....

2.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

.....

.....

2.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า.....ตัว

ได้แก่.....

2.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

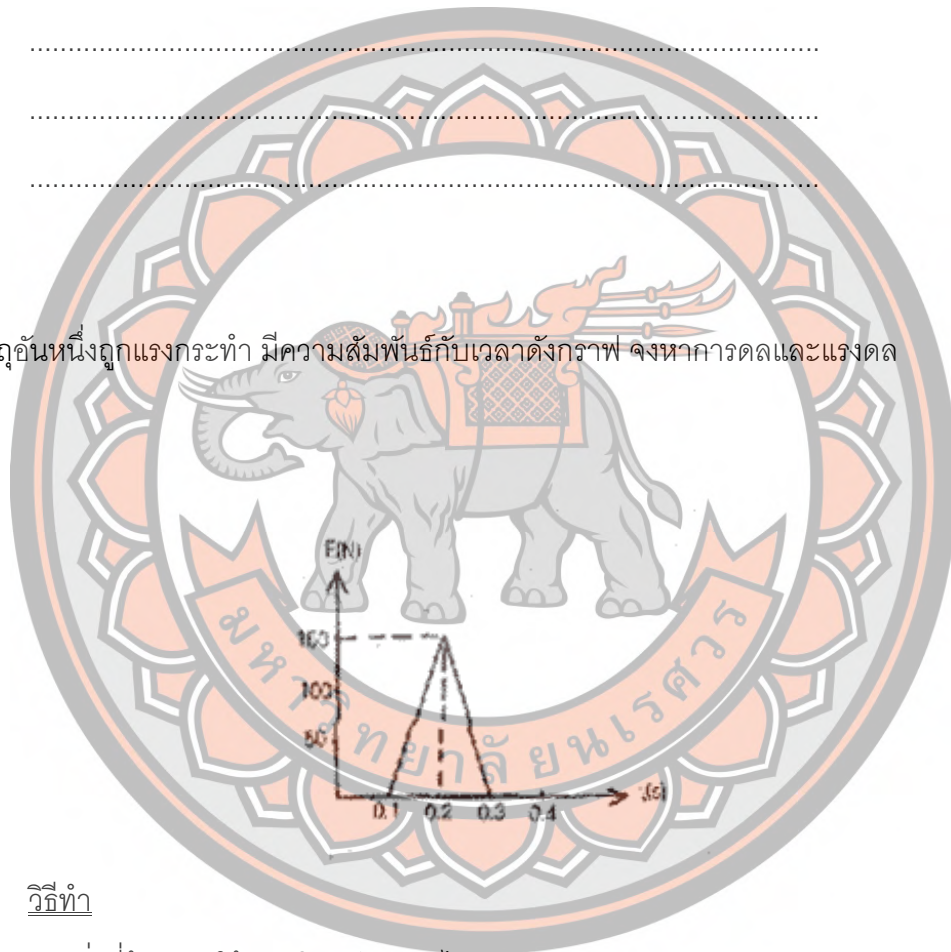
.....

.....

.....

.....

3. วัตถุชิ้นหนึ่งถูกแรงกระทำ มีความสัมพันธ์กับเวลาดังกราฟ จงหาการดลและแรงดล



วิธีทำ

3.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

.....

.....

3.2 สิ่งที่ต้องทราบมาให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)

.....

.....

3.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

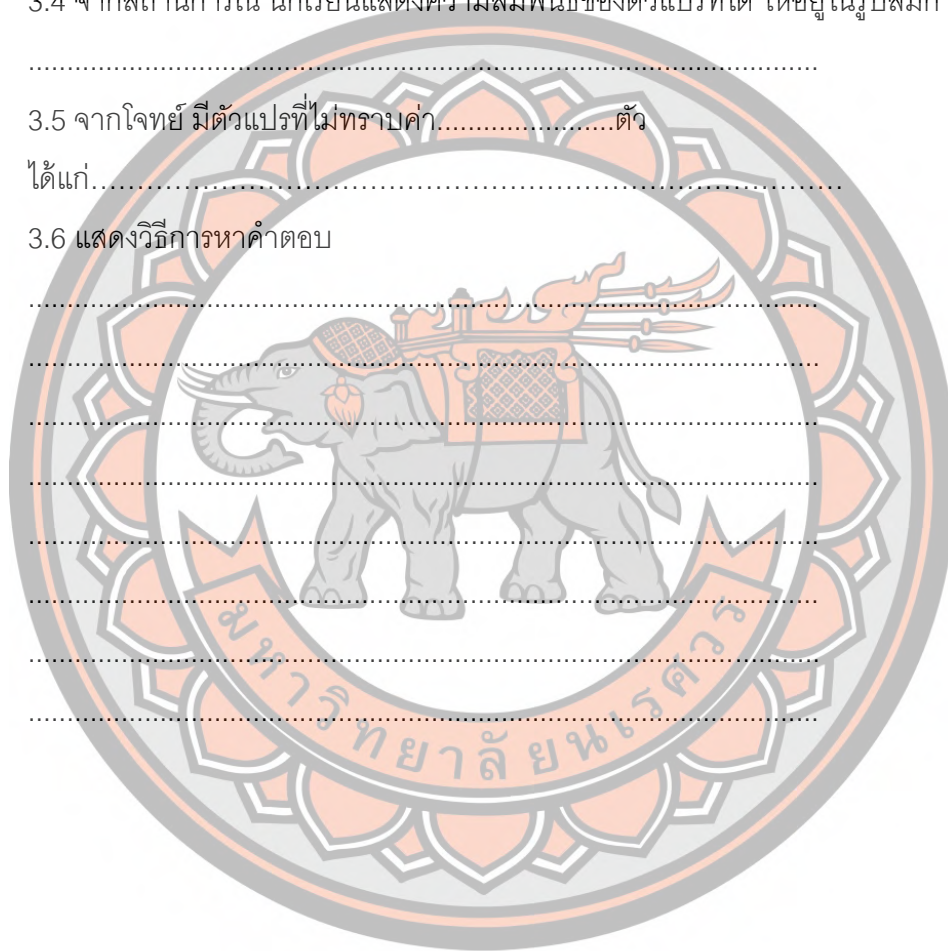
.....

3.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

.....

3.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า.....ตัว
ได้แก่.....

3.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ



เจดีย์โบราณที่ 3.2

แบบฝึกแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การดลและแรงดล

1. ปาลูกบอล 0.2 กิโลกรัม ทำมุม 30° กับกำแพงด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที โดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน จงหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลในการชนกำแพง

วิธีทำ

1.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลในการชนกำแพง

1.2 สิ่งที่ต้องการมาให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)

มวลลูกบอล (m) = 0.2 กิโลกรัม

$V = 10$ เมตรต่อวินาที

มุม 30°

1.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

สูตรการหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

1.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

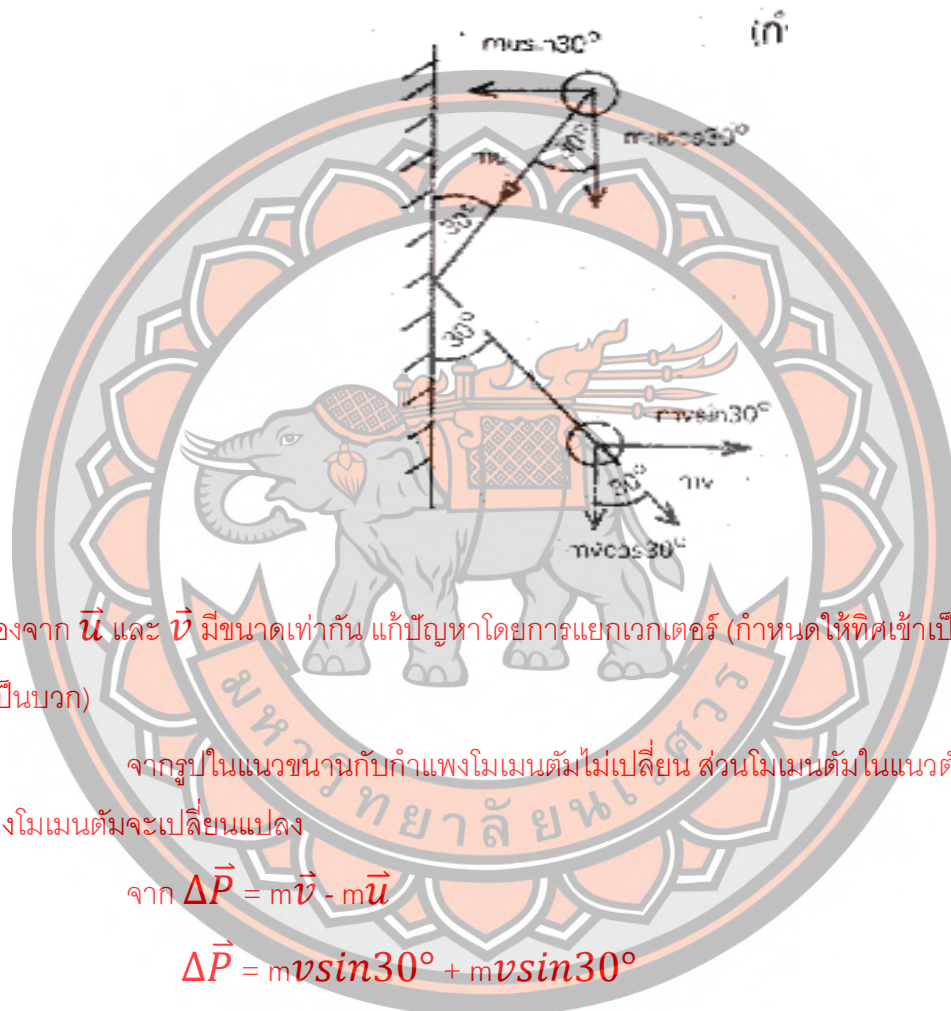
$$\Delta \vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$$

1.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 1 ตัว

ได้แก่ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

1.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ

1. วาดรูปการเคลื่อนที่ของลูกบอลก่อนและหลังกระทบกำแพง



2. เนื่องจาก \vec{u} และ \vec{v} มีขนาดเท่ากัน แก้ปัญหาโดยการแยกเวกเตอร์ (กำหนดให้ทิศเข้าเป็นลบ ทิศออกเป็นบวก)

จากรูปในแนวขนานกับกำแพงโมเมนตัมไม่เปลี่ยน ส่วนโมเมนตัมในแนวตั้งฉากกับกำแพงโมเมนตัมจะเปลี่ยนแปลง

$$\text{จาก } \Delta\vec{P} = m\vec{v}' - m\vec{u}$$

$$\Delta\vec{P} = m\vec{v}\sin 30^\circ + m\vec{v}\sin 30^\circ$$

$$= 2m\vec{v}\sin 30^\circ$$

$$= 2 \times 0.2 \times 10 \times \frac{1}{2}$$

$$= 2 \text{ kg m/s ทิศพุ่งออกจากกำแพง}$$

2. ลูกเทนนิสมีมวล 0.2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เมื่อตีด้วยไม้เทนนิส ปรากฏว่า ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที ทำมุม 60° ดังรูป จงหาขนาดของการดล

วิธีทำ

2.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

ขนาดของการดล

2.2 สิ่งที่ต้องการมาให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)

$u = 20$ เมตร/วินาที

$v = 40$ เมตร/วินาที

มวล (m) = 0.2 กิโลกรัม

มุม 60°

2.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

การดล ; $\Delta \vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

2.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

$\Delta \vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

2.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 1 ตัว

ได้แก่ ขนาดของการดล

2.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ

การแก้ปัญหาโจทย์ข้อนี้ต้องการหาการดล ($m\vec{v} - m\vec{u}$) จะใช้แยกเวกเตอร์ไม่ได้เพราะ $m\vec{v}$ มีขนาดไม่เท่ากับ $m\vec{u}$ ต้องใช้วิธีการคำนวณแบบเวกเตอร์โดยการใช้สูตร

จาก การดล ; $\Delta \vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

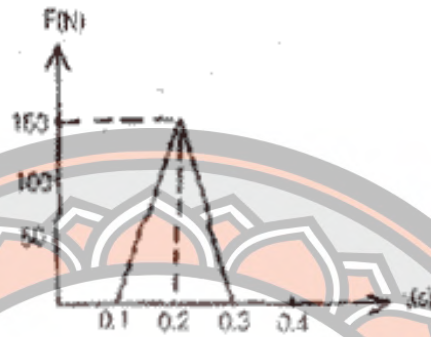
$$\text{การดล} = \sqrt{(mv)^2 + mu^2 + 2(mv)(mu)\cos\theta}$$

$$\text{การดล} = \sqrt{(8)^2 + 4^2 + 2(8)(4)\cos\theta}$$

$$\text{การดล} = \sqrt{64 + 16 + 32} = \sqrt{112}$$

$$\text{การดล} = 10.58 \text{ N.s.}$$

3. วัตถุอันหนึ่งถูกแรงกระทำ มีความสัมพันธ์กับเวลาดังกราฟ จงหาการดลและแรงดล



วิธีทำ

3.1 สิ่งที่ต้องการให้หา (โจทย์ถามอะไร)

การดลและแรงดล

3.2 สิ่งทีสถานการณ์ให้มา (โจทย์ให้อะไรบ้าง)



3.3 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าควรใช้หลักการ กฎ หรือสูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

การดล = พื้นที่ใต้กราฟ

แรงดล หาจาก $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$

3.4 จากสถานการณ์ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้ ให้อยู่ในรูปสมการได้อย่างไร

การดล = $\frac{1}{2} \times$ ฐาน \times สูง

$$\text{แรงดล ; } F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

3.5 จากโจทย์ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 2 ตัว

ได้แก่ การดลและแรงดล

3.6 แสดงวิธีการหาคำตอบ

จากกราฟ

$$\text{การดล} = \text{พื้นที่ใต้กราฟ}$$

$$\text{การดล} = \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}$$

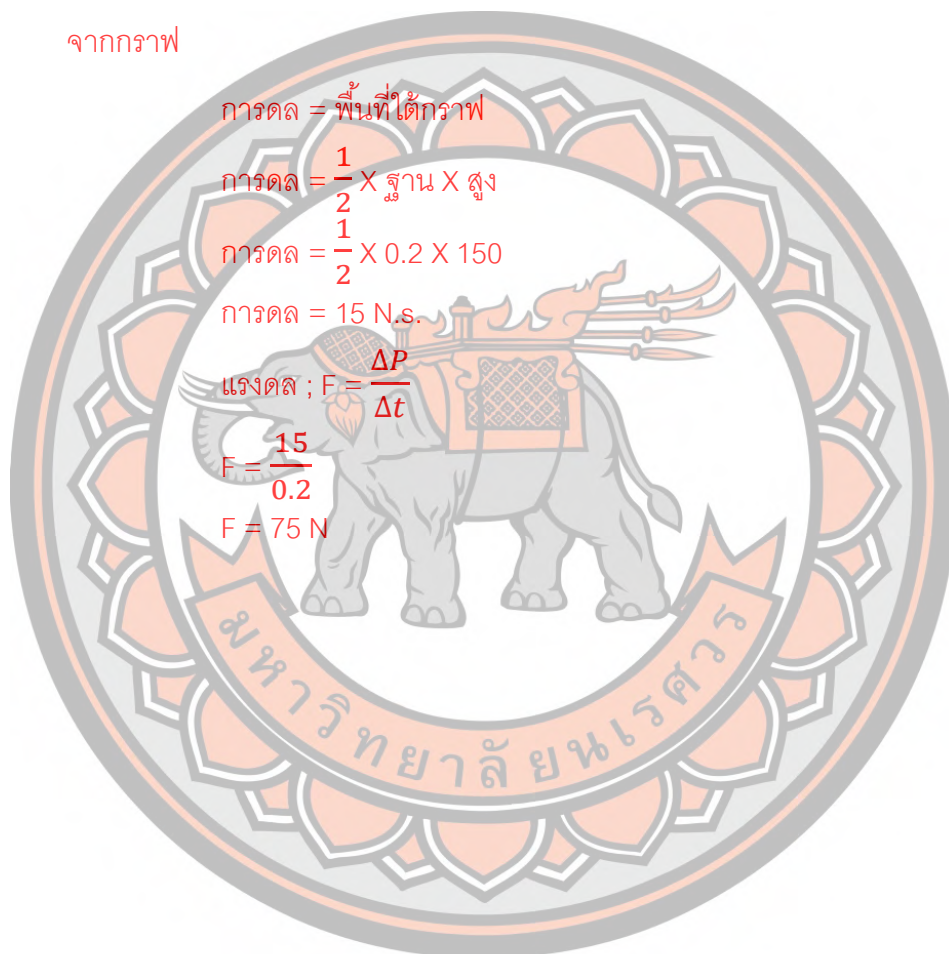
$$\text{การดล} = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 150$$

$$\text{การดล} = 15 \text{ N.s.}$$

$$\text{แรงดล ; } F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$F = \frac{15}{0.2}$$

$$F = 75 \text{ N}$$



ใบงานที่ 3.3

❖ ให้นักเรียนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จาก จากวิดีโอเรื่อง การดลและแรงดล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

❖ นักเรียนคิดว่าในชีวิตประจำวันของนักเรียนมีสิ่งใดเกี่ยวข้องกับแรงดลและการดลบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

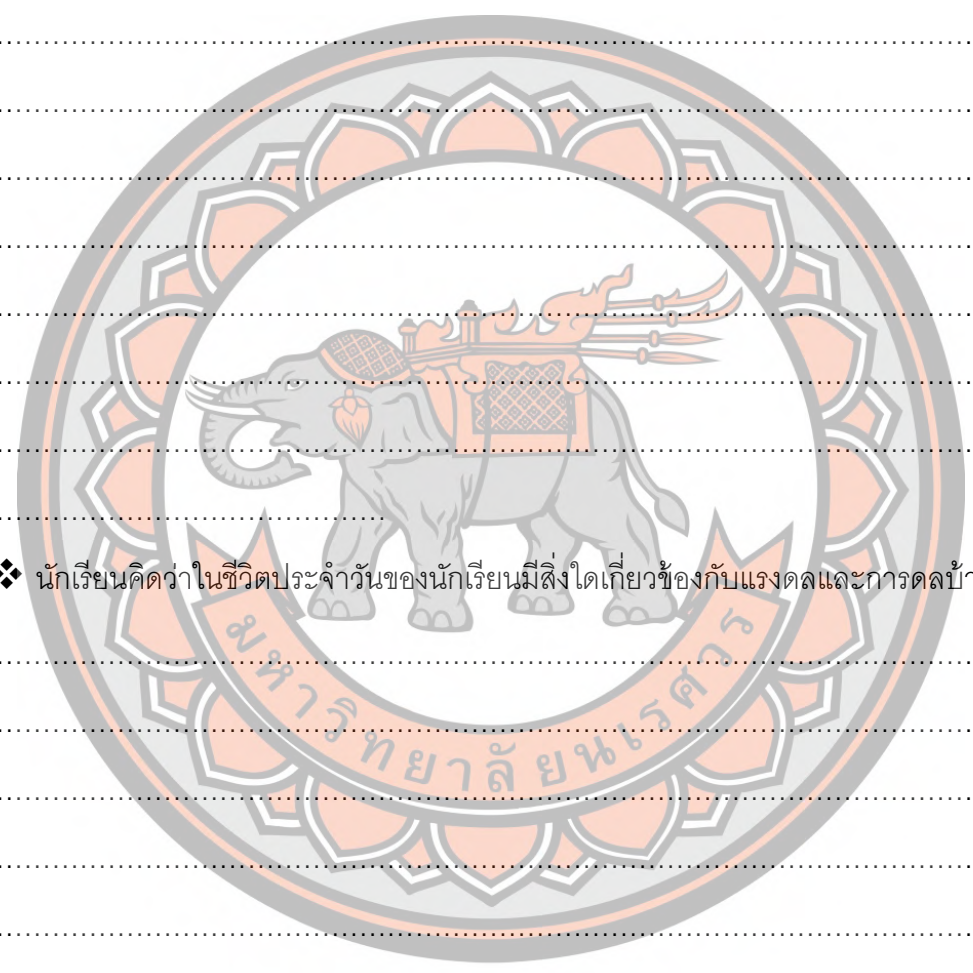
.....

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ๑ แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด

วิเคราะห์ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะการคิดวิเคราะห์

เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

กับจุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและ

การชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาว่าข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัม รายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ข้อคำถามมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะการคิดวิเคราะห์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยทำเครื่องหมาย \checkmark ลงในช่องระดับความคิดเห็น ซึ่งกำหนดคะแนนความคิดเห็นไว้ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจ

ว่าข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีความ

เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถ

วัดได้ตรงตามลักษณะการคิดวิเคราะห์

0 เมื่อไม่แน่ใจ

ว่าข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีความ

เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถ

วัดได้ตรงตามลักษณะการคิดวิเคราะห์

-1 เมื่อแน่ใจ

ว่าข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไม่มีความ

เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และไม่สามารถ

วัดได้ตรงตามลักษณะการคิดวิเคราะห์

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
1. อธิบาย ความหมาย ของโมเมนตัม ได้	1. ข้อใดสรุปเกี่ยวกับ โมเมนตัม ไม่ถูกต้อง ก. บอกลักษณะการ เคลื่อนที่ของวัตถุ ข. เป็นแรงที่ทำให้ ให้วัตถุเคลื่อนที่ ค. ผลคูณระหว่าง มวลกับความเร็วของวัตถุ ง. เป็นปริมาณที่มี อยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่	(วิเคราะห์ ความสำคัญ)				
	2. “วัตถุมวล m มี โมเมนตัม “สามารถสรุป ได้ว่า ก. วัตถุมวล m มี โมเมนตัม อยู่ตลอดเวลา ข. วัตถุมวล m มี โมเมนตัมเฉพาะเวลาที่ วัตถุมีความเร่งเท่านั้น ค. วัตถุมวล m มีโมเมนตัมเฉพาะเวลา ที่วัตถุมีความเร็วเท่านั้น ง. วัตถุมวล m มี โมเมนตัมเฉพาะเวลาที่ วัตถุมีแรงกระทำเท่านั้น	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
2. บอกได้ว่า วัตถุที่กำ เคลื่อนที่มี โมเมนตัม โม เมนตัมเป็น ปริมาณ เวกเตอร์มี ทิศทาง เดียวกับ ทิศทางของ ความเร็ว	<p>3. ข้อใดมีโมเมนตัมน้อย ที่สุด</p> <p>ก. รถบรรทุกขนาด 30 ตัน จอดเสียอยู่ข้างทาง</p> <p>ข. ลูกบาสเกตบอลกำลัง กลิ้งอยู่บนหิ้ง</p> <p>ค. นักเรียนวิ่งเล่นอยู่ กลางสนาม</p> <p>ง. ลูกวอลเลย์บอลที่กำลัง ถูกโยนขึ้นเพื่อเลือกเสิร์ฟ</p>	(วิเคราะห์ ความสำคัญ)				
	<p>4. ทิศทางของโมเมนตัมที่ เกิดกับวัตถุ มีหลักการ อย่างไร</p> <p>ก. ทิศทางของ โมเมนตัมมีทิศทาง เดียวกับแรงด้านที่ทำให้ วัตถุหยุดนิ่ง</p> <p>ข. ทิศทางของ โมเมนตัมมีทิศทาง เดียวกับความเร่ง</p> <p>ค. ทิศทางของ โมเมนตัมมีทิศทาง เดียวกับความเร็ว</p> <p>ง. ทิศทางของ โมเมนตัมมีทิศทางตรงข้าม กับความเร็วและความเร่ง</p>	(วิเคราะห์ หลักการ)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
2. บอกได้ว่า วัตถุที่กำ เคลื่อนที่มี โมเมนตัม โม เมนตัมเป็น ปริมาณ เวกเตอร์มี ทิศทาง เดียวกับ ทิศทางของ ความเร็ว (ต่อ)	5.รถบรรทุกชนิดเดียวกันและมี ขนาดเท่ากัน 2 คัน คันหนึ่ง บรรทุกของจนเต็ม อีกคันหนึ่ง ไม่มีของบรรทุก รถสองคันนี้ แล่นด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ปรากฏว่าในการทำให้ รถบรรทุกทั้งสองหยุดใน ระยะทางที่เท่ากันบนถนนสาย เดียวกันนั้น รถคันที่บรรทุกจน เต็มใช้แรงต้านมากกว่า” หลักการในข้อใดที่อธิบาย ผลของการใช้แรงต้านใน ครั้งนี้ ก. แรงเสียดทานของรถที่ บรรทุกของจนเต็มมากกว่ารถที่ ไม่มีของบรรทุก ข. แรงเสียดทานของรถที่ บรรทุกของจนเต็มน้อย กว่ารถที่ไม่มีของบรรทุก ค. โมเมนตัมของรถที่ บรรทุกของจนเต็ม มากกว่ารถที่ไม่มีของ บรรทุก ง. โมเมนตัมของรถที่ บรรทุกของจนเต็มน้อย กว่ารถที่ไม่มีของบรรทุก	(วิเคราะห์ หลักการ)				

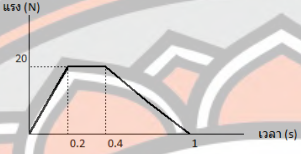
จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
3. หาโมเมนตัมของวัตถุได้เมื่อกำหนดมวลและความเร็วของวัตถุให้	<p>6. โมเมนตัมของลูกปืนมวล 4 กิโลกรัม สอดคล้องกับข้อใดถ้าลูกปืนถูกยิงไปด้วยความเร็ว 500 เมตร/วินาที</p> <p>ก. โมเมนตัมของวัตถุคือ 2,000 kg.m/s</p> <p>ข. $P = 4\text{kg} \times 500\text{ m/s}$</p> <p>ค. แรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่คือ $2 \times 10^3\text{ kg.m/s}$</p> <p>ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข</p>	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				
4. อธิบายได้ว่าเมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป	<p>7. สาเหตุใดสำคัญที่สุดที่ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลง</p> <p>ก. แรง</p> <p>ข. มวล</p> <p>ค. ความเร่ง</p> <p>ง. ความเร็วเฉลี่ย</p>	(วิเคราะห์ ความสำคัญ)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
4. อธิบายได้ว่า เมื่อมีแรง กระทำต่อวัตถุ ทำให้โม เมนตัมของวัตถุ เปลี่ยนไป (ต่อ)	8. แรงที่ทำให้โมเมนตัมของ วัตถุมีการเปลี่ยนแปลง ขึ้นอยู่ กับอะไรบ้าง ก. มวลและความเร็ว ข. ความเร็วและเวลา ค. มวลและเวลา ง. มวล ความเร็ว และเวลา	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				
	9. ปริมาณใดบ้างที่เปลี่ยนไป เมื่อลูกบอลตกกระทบพื้นแล้ว สะท้อนกลับด้วยอัตราเร็วเท่า เดิม 1. โมเมนตัม 2. ความเร็ว 3. พลังงานจลน์ ก. 1, 2 ข. 1, 3 ค. 2, 3 ง. 1, 2, 3	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
5. อธิบายได้ว่า แรงลัพธ์ที่ กระทำต่อวัตถุ ใดจะเท่ากับ อัตราการใช้ โมเมนตัมของ วัตถุทั้งขนาด และทิศทาง	10. ข้อใดกล่าวถึงหลักการ เปลี่ยนโมเมนตัมไม่ถูกต้อง ก. แรงลัพธ์ที่กระทำ ต่อวัตถุเท่ากับอัตราการ เปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ ข. โมเมนตัมของวัตถุ ที่เปลี่ยนไปมีทิศทางเดียวกับ ความเร็วที่เปลี่ยนไป ค. อัตราการใช้ โมเมนตัมขึ้นอยู่กับ ความเร็วเฉลี่ย ง. ทิศทางของแรงจะ อยู่ในทิศทางเดียวกับความเร็ว ต้น หรือสวนทางกับความเร็ว ต้น	(วิเคราะห์ หลักการ)				
	11. “เมื่อทิศทางของแรง \vec{F} อยู่ในทิศเดียวกับ u และ v “ ข้อใดต่อไปนี้แสดงถึงทิศทาง ของแรง \vec{F} และทิศทางของ u และ v ที่ถูกต้อง ก. $\vec{F} \leftarrow \parallel \rightarrow \vec{u} \rightarrow \vec{v}$ ข. $\vec{F} \rightarrow \parallel \rightarrow \vec{u} \rightarrow \vec{v}$ ค. $\vec{F} \rightarrow \parallel \leftarrow \vec{u} \rightarrow \vec{v}$ ง. $\vec{F} \rightarrow \parallel \begin{matrix} \swarrow \vec{u} \\ \searrow \vec{v} \end{matrix}$	(วิเคราะห์ หลักการ)				





จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
6. อธิบายได้ว่า แรงที่ใช้หยุดการ เคลื่อนที่ของ วัตถุหรือแรงที่ ทำให้มีการ เปลี่ยน โมเมนตัมขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยน โมเมนตัม และ ช่วงเวลาที่ใช้ใน การเปลี่ยน โมเมนตัมนั้น	12. เมื่อปาวัตถุ 0.5 kg ขึ้นไป ในแนวตั้งด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาทีข้อใดคือ โมเมนตัมของ วัตถุที่เปลี่ยนไป ก. 0.5 kg ข. 20 N.s ค. 20 m/s ง. 4 s	(วิเคราะห์ ความสำคัญ)				
7. บอกได้ว่า ผลคูณของแรง ที่ทำให้วัตถุมี การเปลี่ยน โมเมนตัมกับ ช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล และ แรงที่ กระทำต่อวัตถุ ในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล	13. ข้อใดกล่าวถึง “การดล” ที่ ถูกต้อง ก. แรงคูณช่วงเวลา แรงกระทำต่อวัตถุ ข. โมเมนตัมที่ เปลี่ยนไป ค. มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร หรือ กิโลกรัม เมตรต่อ วินาที ง. ที่กล่าวมา ทั้งหมดคือ การดล	(วิเคราะห์ ความสำคัญ)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
7. บอกได้ว่าผล คูณของแรงที่ทำให้ วัตถุมีการ เปลี่ยนโมเมนตัม กับช่วงเวลาที่ใช้ เรียกว่า การดล และแรงที่กระทำ ต่อวัตถุใน ช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่า แรงดล (ต่อ)	14. ข้อใดคือหลักการของ “แรงดล” ก. แรงดลหาได้จากการ เปลี่ยนโมเมนตัม ข. แรงในช่วงเวลาใด ๆ ค. ผลคูณระหว่าง โมเมนตัมกับความเร็วต้น ง. แรงลัพธ์ = ความเร็วต้น - ความเร็วปลาย	(วิเคราะห์ หลักการ)				
8. แปล ความหมาย จากกราฟ ระหว่างขนาด ของแรงและ เวลาที่แรง กระทำต่อวัตถุ ได้ว่าพื้นที่ใต้ กราฟคือ ขนาด ของการดล	15.  จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วกับเวลาของ วัตถุหนึ่งซึ่งมีมวล 2 กิโลกรัม จงบอกว่าขนาดของการดลที่ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาจาก 5 วินาที ถึง 10 วินาทีที่มีขนาด เท่าใด ในหน่วย กิโลกรัม เมตรต่อวินาที ก. 20 kg.m/s ข. 10 kg.m/s ค. - 20 kg.m/s ง. - 10 kg.m/s	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

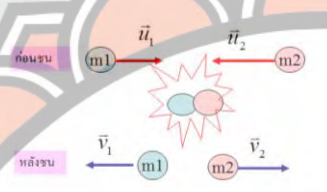
จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
8. แปล ความหมายจาก กราฟระหว่าง ขนาดของแรง และเวลาที่แรง กระทำต่อวัตถุ ได้ว่าพื้นที่ใต้ กราฟคือ ขนาด ของการดล(ต่อ)	16.  จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกับเวลา ถ้ามีแรง มากกระทำกับวัตถุหนึ่ง ในช่วง เวลาที่มีแรงมากกระทำนั้นจะ ทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมไป เท่าไร ก. 9.0 kg.m/s ข. 11 kg.m/s ค. 12 kg.m/s ง. 13 kg.m/s	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				
9. หาการดล และแรงดล เฉลี่ยที่กระทำ ต่อวัตถุได้ เมื่อ กำหนด สถานการณ์ที่ เกี่ยวข้องให้	17. ข้อใดคือโมเมนตัมที่ เปลี่ยนไปเมื่อ "ลูกเทนนิสมวล m ตกกระทบพื้นแล้วกระดอน ขึ้นโดยมีขนาดความเร็วคงที่	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
9.หาการดลและแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุได้ เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้ (ต่อ)	<p>18. “ชายคนหนึ่งมวล 60 kg ขับรถด้วยความเร็ว 60 km/hr ถ้าเขาเบรกรถให้หยุดภายในเวลา 10 s” จากสถานการณ์นี้ ข้อใดใช้หลักการใดหาการดลของวัตถุไม่ถูกต้อง</p> <p>ก. ปริมาณที่เกี่ยวข้องคือ มวลของวัตถุ(m) ความเร็ว (u) และ เวลา (Δt)</p> <p>ข. ความเร็ว u เปลี่ยนหน่วยจาก km/hr เป็น m/s โดยนำ $60 \times \left(\frac{1000}{3600}\right)$</p> <p>ค. $mv = 60 \times 60$ โดยที่ค่าความเร็ว v คือ 60 km/hr</p> <p>ง. สูตรในการหาค่าการดลของวัตถุคือ $\vec{F}\Delta t = mv - mu$</p>	(วิเคราะห์หลักการ)				

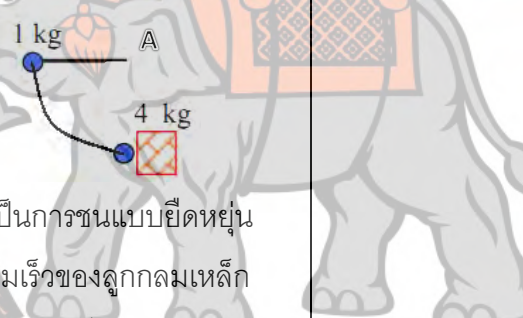
จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
10. อธิบายการ ชนแบบยืดหยุ่น และการชน แบบไม่ยืดหยุ่น	19. ลูกบิลเลียดสีฟ้าและสี ชมพู มีมวล 0.5 กิโลกรัม เท่ากัน ลูกสีฟ้าเคลื่อนที่ด้วย อัตราเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้า ชนลูกสีชมพูซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าการ ชนนี้เป็นการชนในสองมิติ และเป็นการชนแบบยืดหยุ่น จงหาว่าภายหลังการชนกัน แล้วลูกบิลเลียดทั้งสองจะ เคลื่อนที่อย่างไร ก. แยกออกจากกัน เป็นมุม 60° ข. แยกออกจากกัน เป็นมุม 90° ค. เคลื่อนที่ตามกันไป ในทิศทางเดียวกัน ง. เคลื่อนที่ไปในทิศ ตรงกันข้าม	(วิเคราะห์ หลักการ)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
10. อธิบายการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (ต่อ)	<p>20. ถ้าวัตถุมวลทั้งสองเท่ากันชนกัน โดยที่วัตถุก้อนที่ 1 ชนวัตถุก้อนที่ 2 ซึ่งอยู่นิ่ง $u_2 = 0$ หลังชนวัตถุจะมีลักษณะใด</p> <p>ก.  $v_2 = 0$</p> <p>ข.  $v_2 = u_1$</p> <p>ค.  $v_2 = 0$</p> <p>ง.  $v_2 = u_1$</p>	(วิเคราะห์หลักการ)				
	<p>21. ในการชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น ข้อใดกล่าวถูกต้อง</p> <p>ก. พลังงานจลน์มีค่าคงตัวแต่โมเมนตัมไม่คงตัว</p> <p>ข. โมเมนตัมมีค่าคงตัวแต่พลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว</p> <p>ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว</p> <p>ง. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว</p>	(วิเคราะห์ความสำคัญ)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
11. อธิบายกฎ การอนุรักษ์ โมเมนตัมได้ และใช้กฎการ เคลื่อนที่ข้อที่ สามของนิวตัน แสดงกฎการ อนุรักษ์ โมเมนตัม บอก ได้ว่า แรงที่ กระทำต่อวัตถุ ในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล และหาแรงดล จากสูตรที่ กำหนดให้โดย ถือว่าเป็นแรงดล เฉลี่ย	22. “ขณะที่มีการกระทบกัน ของวัตถุ 2 ก้อน จะมีแรงลัพธ์ ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ แต่ละก้อน” ข้อใดกล่าวไม่ ถูกต้อง ก. แรงกิริยา = แรง ปฏิกิริยา ข. แรงลัพธ์นั้นทำให้ โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน เปลี่ยนไป ค. แรงลัพธ์ที่มา กระทำมีค่ามากที่สุดที่ทำให้ โมเมนตัมเปลี่ยนไป ง. โมเมนตัมที่ เปลี่ยนไปของวัตถุก้อนหนึ่งจะ เท่ากับโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป ของวัตถุอีกก้อนหนึ่ง	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
<p>11. อธิบายกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ และใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตันแสดงกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม บอกได้ว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล และหาแรงดลจากสูตรที่กำหนดให้โดยถือว่าเป็นแรงดลเฉลี่ย (ต่อ)</p>	<p>23. พิจารณาการชนกันของวัตถุจากภาพต่อไปนี้</p>  <p>ข้อใดสรุปไม่ถูกต้อง</p> <p>ก. โมเมนตัมก่อนชนเท่ากับ โมเมนตัมหลังชน</p> <p>ข. ผลรวมของความเร็วต้น ($u_1 + u_2$) เท่ากับ ผลรวมของความเร็วหลังชน ($v_1 + v_2$)</p> <p>ค. พลังงานจลน์ก่อนชน เท่ากับ พลังงานจลน์หลังชน</p> <p>ง. เมื่อชนแล้ววัตถุจะแยกกันไปด้วยขนาดเท่ากัน</p>	<p>(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)</p>				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
12. อธิบายได้ว่า การชนของวัตถุ ในสองมิติ มีทั้ง การชนแบบ ยืดหยุ่นและการ ชนแบบไม่ ยืดหยุ่น รวมทั้ง บอกความ แตกต่างของการ ชนดังกล่าวได้	24. มวล m1 ขนาด 4 กิโลกรัม และมวล m2 ขนาด 3 กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าหากัน บนพื้นไม้ที่ไม่มีแรงเสียด ทานด้วยความเร็ว 12 เมตรต่อ วินาที และ 5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ หลังจากชนกัน ด้วยมวล m1 ยังคงเคลื่อนที่ ในทิศเดิมด้วยความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที และมวล m2 เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับ มวล m1 กิโลกรัมด้วย ความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที การชนนี้เป็นการชนแบบ ยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น ก. ยืดหยุ่น ข. ไม่ยืดหยุ่น ค. เป็นทั้งยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น ง. ไม่เป็นทั้งยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น	(วิเคราะห์ หลักการ)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
<p>12. อธิบายได้ว่า การชนของวัตถุ ในสองมิติ มีทั้ง การชนแบบ ยืดหยุ่นและการ ชนแบบไม่ ยืดหยุ่น รวมทั้ง บอกความ แตกต่างของการ ชนดังกล่าวได้ (ต่อ)</p>	<p>25. ลูกทรงกลมเหล็กมวล 1 kg ผูกติดปลายเชือกยาว 80 เซนติเมตร ส่วนอีกหลายหนึ่ง ผูกติดไว้ที่จุด A เมื่อปล่อยให้ ลูกทรงกลมตกลงมากระทบแท่ง เหล็กมวล 4 กิโลกรัม ซึ่งวาง อยู่บนพื้นที่ไม่มีความเสียดทาน</p>  <p>ถ้าเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ความเร็วของลูกกลมเหล็ก และแท่งเหล็กมวล 4 กิโลกรัม เป็นเท่าไร</p> <p>ก. $v_1 = -\frac{12}{5} \text{ m/s}, v_2 = \frac{8}{5} \text{ m/s}$</p> <p>ข. $v_1 = \frac{12}{5} \text{ m/s}, v_2 = -\frac{8}{5} \text{ m/s}$</p> <p>ค. $v_1 = -\frac{5}{12} \text{ m/s}, v_2 = \frac{8}{5} \text{ m/s}$</p> <p>ง. $v_1 = -\frac{8}{5} \text{ m/s}, v_2 = \frac{8}{5} \text{ m/s}$</p>	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
12. อธิบายได้ว่าการชนของวัตถุในสองมิติ มีทั้งการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น รวมทั้งบอกความแตกต่างของการชนดังกล่าวได้ (ต่อ)	<p>26. ลูกบิลเลียด A วิ่งด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนกับลูกบิลเลียด B ที่อยู่นิ่งมีมวลเท่ากับ A หลังจากชนกันแล้วลูกบิลเลียดทั้งสองเคลื่อนที่แยกออกจากกัน โดย A ทำมุม 37° กับแนวเดิมดังรูป</p>  <p>ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่นและไม่คิดผลจากการหมุนและความฝืดของพื้นกับลูกบิลเลียดอัตราเร็วของลูกบิลเลียดทั้งสองจะเป็นเท่าใด</p> <p>ก. $V_A = 4 \text{ m/s}$ $V_B = 3 \text{ m/s}$</p> <p>ข. $V_A = 3 \text{ m/s}$ $V_B = 4 \text{ m/s}$</p> <p>ค. $V_A = 8 \text{ m/s}$ $V_B = 6 \text{ m/s}$</p> <p>ง. $V_A = 6 \text{ m/s}$ $V_B = 8 \text{ m/s}$</p>	(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
13. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ชนกันหรือติดตัวออกจากกันได้เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	27. เมล็ดพืชชนิดหนึ่งขณะกำลังตกลงสู่พื้นด้วยความเร็วตามแนวตั้งขนาด V_0 เกิดการติดตัวแยกออกจากกันของเมล็ดเป็นสองส่วนเท่ากัน ส่วนหนึ่งของเมล็ดมีความเร็วขนาด V_0 ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้นอีกส่วนหนึ่งจะมีขนาดความเร็วเท่าใด ก. $\frac{1}{2} V_0$ ข. $\frac{3}{2} V_0$ ค. $2V_0$ ง. $3V_0$	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				
	28. รถทดลองมวล 1.0 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนรถทดลองอีกคันหนึ่งซึ่งมีมวลเท่ากันและอยู่นิ่ง หลังจากชนรถทดลองทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป ข้อใดคือพลังงานความร้อนที่เกิดจากการชน ก. 0.25 J ข. 0.5 J ค. 0.75 J ง. 1.0 J	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ลักษณะการ คิดวิเคราะห์	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
13. คำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ชนกันหรือติดตัวออกจากกันได้เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ (ต่อ)	29. บั้งไฟบั้งหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวตั้งด้วยความเร็ว 16 เมตรต่อวินาที เกิดระเบิดแตกออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกมีมวล 12 กิโลกรัม เคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางเดิมด้วยอัตราเร็ว 16 เมตรต่อวินาที และส่วนที่สองมวล 4 กิโลกรัม จากหลักการดังกล่าวจงหาว่าบั้งไฟจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่าใด ก. 90 m/s ข. 80 m/s ค. 70 m/s ง. 60 m/s	(วิเคราะห์ หลักการ)				
	30. ทรอยนต์ 2 คัน A และ B มีพลังงานจลน์เท่ากัน มีโมเมนต์เป็น P_A และ P_B ถ้าทรอยนต์ A มีมวลเป็น 2 เท่าของทรอยนต์ B ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของทรอยนต์ทั้งสองคันจะเป็นแบบใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)	(วิเคราะห์ ความสัมพันธ์)				
	ก. $P_B = \sqrt{2} P_A$ ข. $P_A = \sqrt{2} P_B$ ค. $P_B = 2P_A$ ง. $P_A = 2P_B$					

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

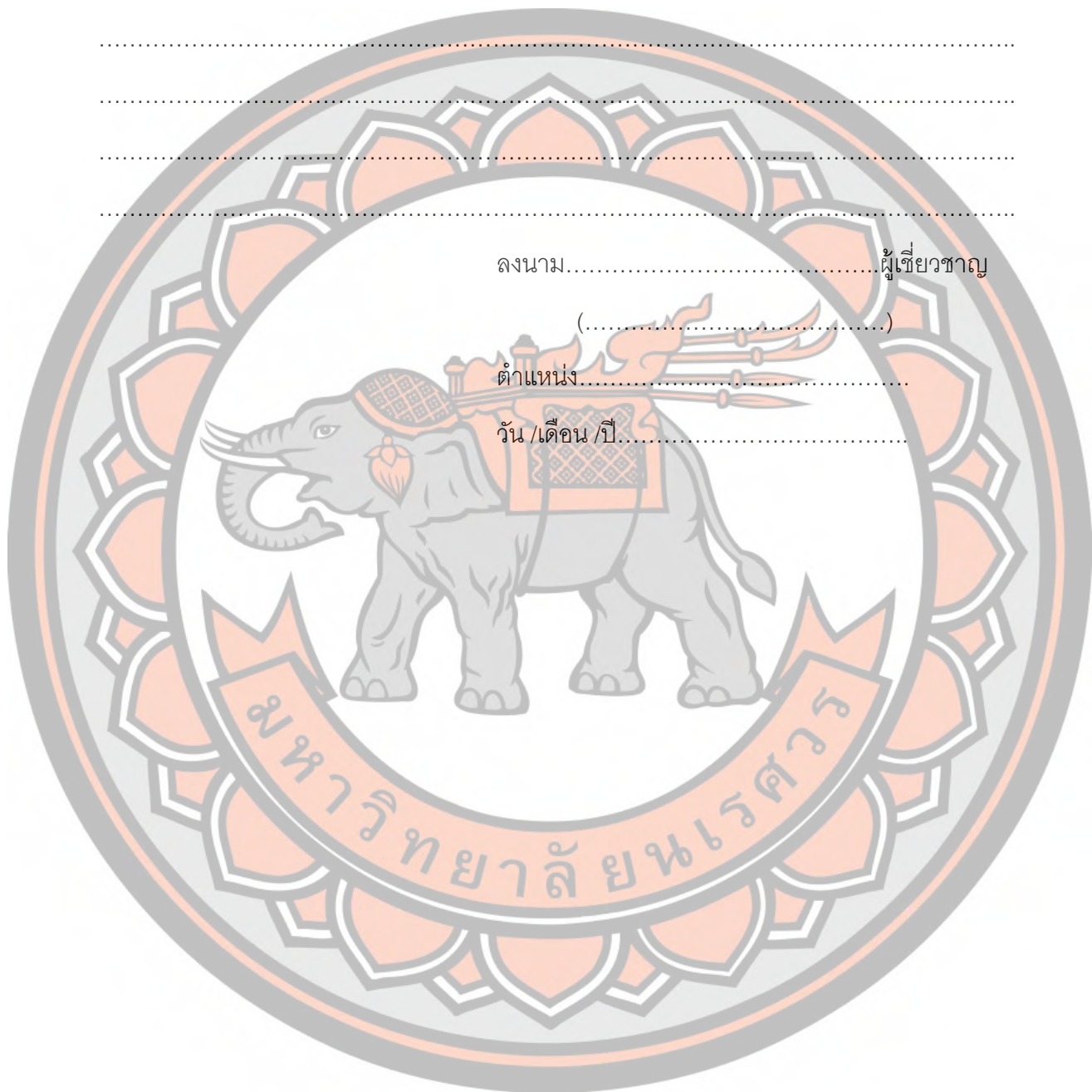
.....
.....
.....
.....

ลงนาม..... ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วัน / เดือน / ปี.....



ภาคผนวก จ ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด
วิเคราะห์ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์ัมและ
การชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 11 แสดงการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด
วิเคราะห์ กับจุดประสงค์การเรียนรู้และลักษณะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์ัมและ
การชน สำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการ พิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3	0	-1	0	-0.33	ไม่สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
5	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
7	-1	0	0	-0.33	ไม่สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
11	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
12	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
13	+1	-1	+1	0.33	ไม่สอดคล้อง
14	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
18	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
19	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
20	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
21	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
24	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
29	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ภาคผนวก ช ผลการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่อง โมเมนต์ัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 12 แสดงคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนการคัดเลือก
ข้อสอบ จำนวน 30 ข้อ กลุ่มทดลอง 36 คน

ข้อที่	ค่าอำนาจ จำแนก (B)	แปลผล	ข้อที่	ค่าอำนาจ จำแนก (B)	แปลผล
1	0.33	ใช้ได้	16	0.48	ใช้ได้
2	0.10	ตัดทิ้ง	17	0.19	ตัดทิ้ง
3	0.00	ตัดทิ้ง	18	-0.14	ตัดทิ้ง
4	0.67	ใช้ได้	19	0.48	ใช้ได้
5	0.67	ใช้ได้	20	0.52	ใช้ได้
6	0.52	ใช้ได้	21	0.38	ใช้ได้
7	0.67	ใช้ได้	22	0.10	ตัดทิ้ง
8	0.67	ใช้ได้	23	0.29	ใช้ได้
9	0.43	ใช้ได้	24	0.00	ตัดทิ้ง
10	0.52	ใช้ได้	25	0.52	ใช้ได้
11	0.62	ใช้ได้	26	0.43	ใช้ได้
12	0.57	ใช้ได้	27	0.48	ใช้ได้
13	0.38	ใช้ได้	28	0.48	ใช้ได้
14	0.24	ใช้ได้	29	0.43	ใช้ได้
15	0.10	ตัดทิ้ง	30	0.52	ใช้ได้

ภาคผนวก ช ผลการคัดเลือกข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์ัมและการ
ชนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 13 แสดงผลการคัดเลือกข้อสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องโม่เมนต์ัมและ
การชน จำนวน 15 ข้อ

ข้อที่	ข้อสอบที่เลือก	ค่าอำนาจจำแนก(B)	แปลผล
1	4	0.67	ใช้ได้
2	5	0.67	ใช้ได้
3	6	0.52	ใช้ได้
4	8	0.67	ใช้ได้
5	9	0.43	ใช้ได้
6	10	0.52	ใช้ได้
7	11	0.62	ใช้ได้
8	12	0.57	ใช้ได้
9	16	0.48	ใช้ได้
10	19	0.48	ใช้ได้
11	20	0.52	ใช้ได้
12	25	0.52	ใช้ได้
13	27	0.48	ใช้ได้
14	28	0.48	ใช้ได้
15	30	0.52	ใช้ได้

ผลการคัดเลือกข้อสอบเพื่อจัดทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่อง โม่เมนต์ัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 15 ข้อ พบว่า มีค่า
อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.43-0.67 ตามเกณฑ์ 0.20 ขึ้นไป

ภาคผนวก ฅ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โม่เมนต์และการชน
วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 15 ข้อ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่อง โม่เมนต์และการชน
รายวิชา ฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท X ลงในกระดาษคำตอบในข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ทิศทางของโมเมนต์ที่เกิดกับวัตถุ มีหลักการอย่างไร

- ก. ทิศทางของโมเมนต์มีทิศทางเดียวกับแรงต้านที่ทำให้วัตถุหยุดนิ่ง
- ข. ทิศทางของโมเมนต์มีทิศทางเดียวกับความเร่ง
- ค. ทิศทางของโมเมนต์มีทิศทางเดียวกับความเร็ว
- ง. ทิศทางของโมเมนต์มีทิศทางตรงข้ามกับความเร็วและความเร่ง

2. รถบรรทุกชนิดเดียวกันและมีขนาดเท่ากัน 2 คัน คันหนึ่งบรรทุกของจนเต็ม อีกคันหนึ่งไม่มี

ของบรรทุก รถสองคันนี้แล่นด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ปรากฏว่าในการทำให้รถบรรทุกทั้งสองหยุดใน
ระยะทางที่เท่ากันบนถนนสายเดียวกันนั้น รถคันที่บรรทุกจนเต็มใช้แรงต้านมากกว่า”
หลักการในข้อใดที่อธิบายผลของการใช้แรงต้านในครั้งนี้

- ก. แรงเสียดทานของรถที่บรรทุกของจนเต็มมากกว่ารถที่ไม่มีของบรรทุก
- ข. แรงเสียดทานของรถที่บรรทุกของจนเต็มน้อยกว่ารถที่ไม่มีของบรรทุก
- ค. โมเมนต์ของรถที่บรรทุกของจนเต็มมากกว่ารถที่ไม่มีของบรรทุก

ง. โมเมนตัมของรถที่บรรทุกของจนเต็มน้อยกว่ารถที่ไม่มีของบรรทุก

3. โมเมนตัมของลูกปืนมวล 4 กิโลกรัม สอดคล้องกับข้อใดถ้าลูกปืนถูกยิงไปด้วยความเร็ว 500 เมตร/วินาที

ก. โมเมนตัมของวัตถุคือ 2,000 kg.m/s

ข. $P = 4\text{kg} \times 500 \text{ m/s}$

ค. แรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่คือ $2 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$

ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

4. แรงที่ทำให้โมเมนตัมของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลง ขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

ก. มวลและความเร็ว

ข. ความเร็วและเวลา

ค. มวลและเวลา

ง. มวล ความเร็ว และเวลา

5. ปริมาณใดบ้างที่เปลี่ยนไปเมื่อลูกบอลตกกระทบพื้นแล้วสะท้อนกลับด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม

1. โมเมนตัม

2. ความเร็ว

3. พลังงานจลน์

ก. 1, 2

ข. 1, 3

ค. 2, 3

ง. 1, 2, 3

6. ข้อใดกล่าวถึงหลักการเปลี่ยนโมเมนตัมไม่ถูกต้อง

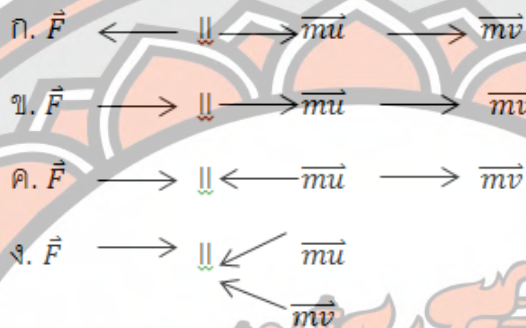
ก. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

ข. โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปมีทิศทางเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป

ค. อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมขึ้นอยู่กับความเร็วเฉลี่ย

ง. ทิศทางของแรงจะอยู่ในทิศทางเดียวกับความเร็วต้น หรือสวนทางกับความเร็วต้น

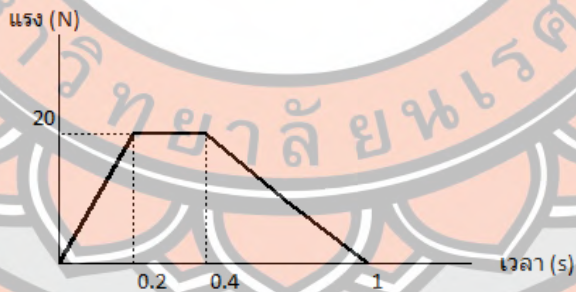
7. “เมื่อทิศทางของแรง \vec{F} อยู่ในทิศเดียวกับ u และ v “ข้อใดต่อไปนี้เป็นแสดงถึงทิศทางของแรง \vec{F} และทิศทางของ u และ v ที่ถูกต้อง



8. เมื่อปาววัตถุ 0.5 kg ขึ้นไปในแนวตั้งด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที ข้อใดคือ เหน้ตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป

- ก. 0.5 kg
- ข. 20 N.s
- ค. 20 m/s
- ง. 4 s

9.



จากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา ถ้ามีแรงมากกระทำกับวัตถุหนึ่ง ในช่วงเวลาที่มีแรงมากกระทำนั้นจะทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมไปเท่าไร (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

- ก. 9.0 kg.m/s
- ข. 11 kg.m/s
- ค. 12 kg.m/s

ง. 13 kg.m/s

10. ลูกบิลเลียดสีฟ้าและสีชมพู มีมวล 0.5 กิโลกรัมเท่ากัน ลูกสีฟ้าเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนลูกสีชมพูซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าการชนนี้เป็นการชนในสองมิติ และเป็นการชนแบบยืดหยุ่น จงหาว่าภายหลังจากการชนกันแล้วลูกบิลเลียดทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร

ก. แยกออกจากกันเป็นมุม 60°

ข. แยกออกจากกันเป็นมุม 90°

ค. เคลื่อนที่ตามกันไปในทิศทางเดียวกัน

ง. เคลื่อนที่ไปในทิศตรงกันข้าม

11. ถ้าวัตถุมวลทั้งสองเท่ากันชนกันโดยที่วัตถุก้อนที่ 1 ชน วัตถุก้อนที่ 2 ซึ่งอยู่นิ่ง $u_2 = 0$ หลังชนวัตถุจะมีลักษณะใด

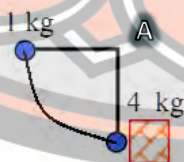
ก.  $v_2 = 0$

ข.  $v_2 = u_1$

ค.  $v_2 = 0$

ง.  $v_2 = u_1$

12. ลูกทรงกลมเหล็กมวล 1 kg ผูกติดปลายเชือกยาว 80 เซนติเมตร ส่วนอีกปลายหนึ่งผูกติดไว้ที่จุด A เมื่อปล่อยให้ทรงกลมตกลงมากระทบแท่งเหล็กมวล 4 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นที่ไม่มีความเสียดทาน ถ้าเป็นการชนแบบยืดหยุ่นความเร็วของลูกกลมเหล็กและแท่งเหล็กมวล 4 กิโลกรัม เป็นเท่าไร



ก. $v_1 = -\frac{12}{5}$ m/s, $v_2 = \frac{8}{5}$ m/s

ข. $v_1 = \frac{12}{5}$ m/s, $v_2 = -\frac{8}{5}$ m/s

$$\text{ค. } v_1 = -\frac{5}{12} \text{ m/s}, v_2 = \frac{8}{5} \text{ m/s}$$

$$\text{ง. } v_1 = -\frac{8}{5} \text{ m/s}, v_2 = \frac{8}{5} \text{ m/s}$$

13. เมล็ดพืชชนิดหนึ่งขณะกำลังตกลงสู่พื้นด้วยความเร็วตามแนวตั้งขนาด V_0 เกิดการดีดตัวแยกออกจากกันของเมล็ดเป็นสองส่วนเท่ากัน ส่วนหนึ่งของเมล็ดมีความเร็วขนาด V_0 ในทิศทางเคลื่อนที่ขึ้นอีกส่วนหนึ่งจะมีขนาดความเร็วเท่าใด

$$\text{ก. } \frac{1}{2} V_0$$

$$\text{ข. } \frac{3}{2} V_0$$

$$\text{ค. } 2V_0$$

$$\text{ง. } 3V_0$$

14. รถทดลองมวล 1.0 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนรถทดลองอีกคันหนึ่งซึ่งมีมวลเท่ากันและอยู่นิ่ง หลังจากชนรถทดลองทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป ข้อใดคือพลังงานความร้อนที่เกิดจากการชน

$$\text{ก. } 0.25 \text{ J}$$

$$\text{ข. } 0.5 \text{ J}$$

$$\text{ค. } 0.75 \text{ J}$$

$$\text{ง. } 1.0 \text{ J}$$

15. รถยนต์ 2 คัน A และ B มีพลังงานจลน์เท่ากัน มีโมเมนตัมเป็น P_A และ P_B ถ้ารถยนต์ A มีมวลเป็น 2 เท่าของรถยนต์ B ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมของรถยนต์ทั้งสองคันจะเป็นแบบใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

$$\text{ก. } P_B = \sqrt{2} P_A$$

$$\text{ข. } P_A = \sqrt{2} P_B$$

$$\text{ค. } P_B = 2P_A$$

$$\text{ง. } P_A = 2P_B$$

เฉลย

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ค	11	ง
2	ค	12	ก
3	ง	13	ง
4	ง	14	ง
5	ก	15	ข
6	ค		
7	ข		
8	ข		
9	ค		
10	ข		

ภาคผนวก ญ ผลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด
วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 14 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด
วิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	ค่าอำนาจ จำแนก (B)	ค่าความยาก (P)	ข้อที่	ค่าอำนาจ จำแนก (B)	ค่าความยาก (P)
1	0.67	0.39	11	0.52	0.47
2	0.67	0.67	12	0.52	0.47
3	0.52	0.25	13	0.48	0.56
4	0.67	0.56	14	0.48	0.53
5	0.43	0.67	15	0.52	0.44
6	0.52	0.47			
7	0.62	0.72			
8	0.57	0.53			
9	0.48	0.58			
10	0.48	0.58			
ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เท่ากับ 0.89					

ภาคผนวก ฏ คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนต์ตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 15 แสดงคะแนนการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนต์ตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนผลต่าง (D)
	Pre-test (15)	Post-test (15)	
1	8	12	4
2	8	11	3
3	9	12	3
4	10	11	1
5	12	13	1
6	10	14	4
7	11	13	2
8	7	11	4
9	9	13	4
10	11	13	2
11	10	12	2
12	8	11	3
13	6	10	4
14	9	14	5
15	10	13	3
16	11	14	3
17	9	12	3

ตาราง 14 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน Pre-test(15)	คะแนนหลังเรียน Post-test(15)	คะแนนผลต่าง (D)
18	6	10	4
19	7	11	4
20	9	11	2
21	11	13	2
22	11	14	3
23	8	10	2
24	9	12	3
25	7	12	5
26	7	10	3
27	9	11	2
28	11	13	2
29	10	12	2
30	7	10	3
31	13	15	2
32	10	11	1
33	8	10	2
34	8	11	3
35	6	10	4
36	9	13	4
n	36	36	36
Sum	324	428	104
Mean	9.00	11.89	2.89
S.D.	1.76	1.41	1.06

ภาคผนวก ฎ แสดงการหาดัชนีประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 15 แสดงคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นักเรียนคนที่	กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	8	13
2	6	11
3	8	12
4	9	13
5	6	12
6	5	11
7	7	12
8	5	12
9	5	9
10	8	11
11	7	11
12	7	12
13	6	10
14	8	13

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
15	8	12
16	10	14
17	8	13
18	7	12
19	6	10
20	7	9
21	7	12
22	9	14
23	8	12
24	8	11
25	9	13
26	6	10
27	6	11
28	9	14
29	7	10
30	8	12
31	10	12
32	9	12
33	10	14
34	8	11

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
35	7	11
36	5	9
รวม	267	420

ตาราง 16 แสดงผลดัชนีประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชุด ที่	จำนวน คน	คะแนน เต็ม	คะแนนรวมก่อน เรียน	คะแนนรวมหลัง เรียน	ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)	แปลผล
1	36	15	267	420	0.5604	ผ่านเกณฑ์

ภาคผนวก ฐ ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สະเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนต์ัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 17 แสดงคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สະเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนต์ัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นักเรียนคนที่	กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สະเต็มศึกษา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	8	12
2	8	11
3	9	12
4	10	11
5	12	13
6	10	14
7	11	13
8	7	11
9	9	13
10	11	13
11	10	12
12	8	11
13	6	10
14	9	14

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
15	10	13
16	11	14
17	9	12
18	6	10
19	7	11
20	9	11
21	11	13
22	11	14
23	8	10
24	9	12
25	7	12
26	7	10
27	9	11
28	11	13
29	10	12
30	7	10
31	13	15
32	10	11
33	8	10
34	8	11

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
35	6	10
36	9	13
รวม	324	428

ตาราง 18 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง โมเมนต์มัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทดสอบ	\bar{X}	S.D	\bar{D}	S.D. _D	t	p
ก่อนเรียน	9.00	1.76				
หลังเรียน	11.89	1.41	2.89	1.06	16.30**	0.0000

**p < .01



ประวัติผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล กมลทิพย์ สำราญจักร์
วัน เดือน ปี เกิด 20 มิถุนายน 2526
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 138 หมู่ที่ 2 ตำบลคิ่งตะเภา อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 53000
ที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนบ้านน้ำพี้มิตรภาพที่ 214 อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู
ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2558 โรงเรียนบ้านน้ำพี้มิตรภาพที่ 214 อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2549 วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
 พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก

มหาวิทยาลัยนเรศวร