



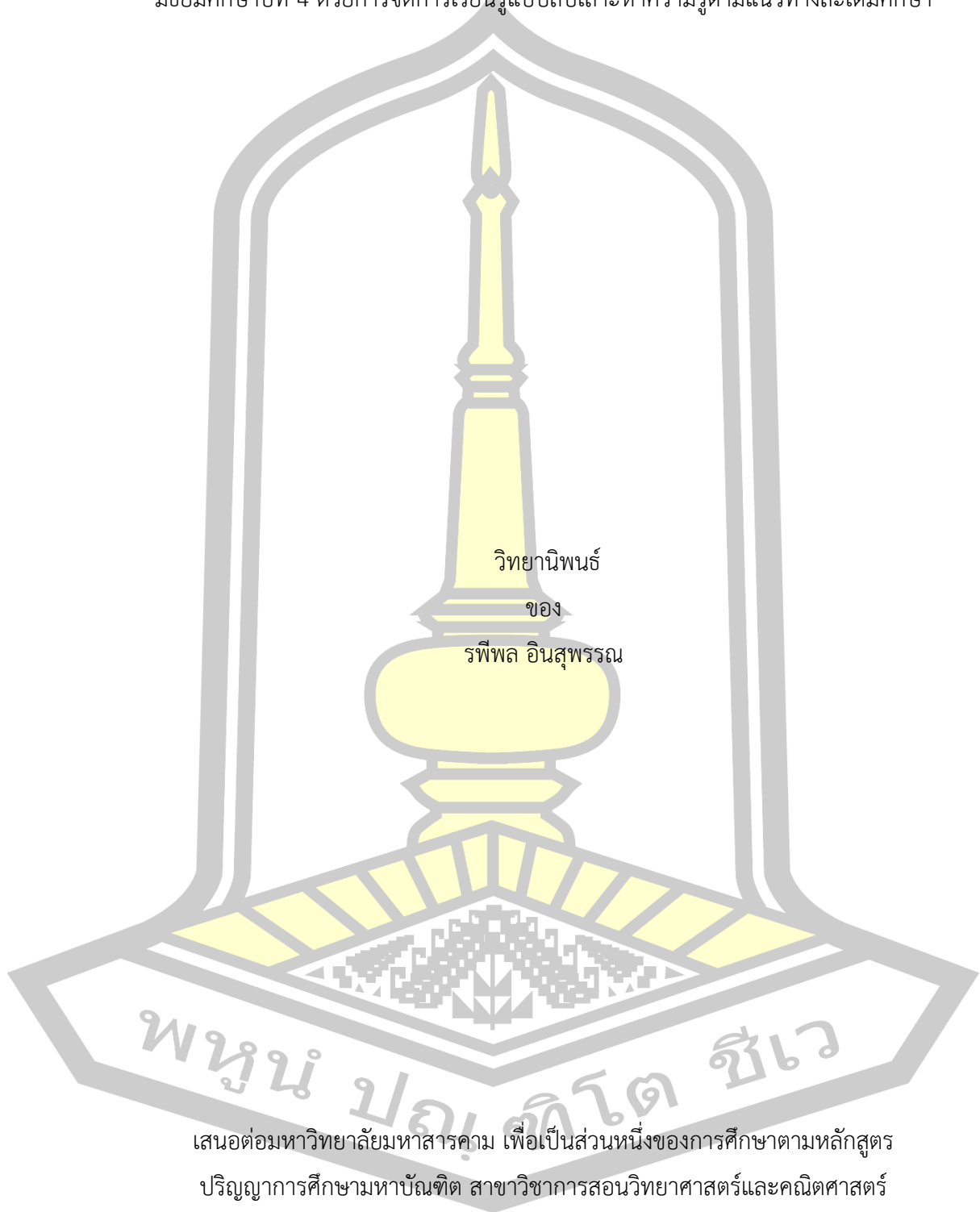
การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์
ของ
รพีพล อินสุพรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

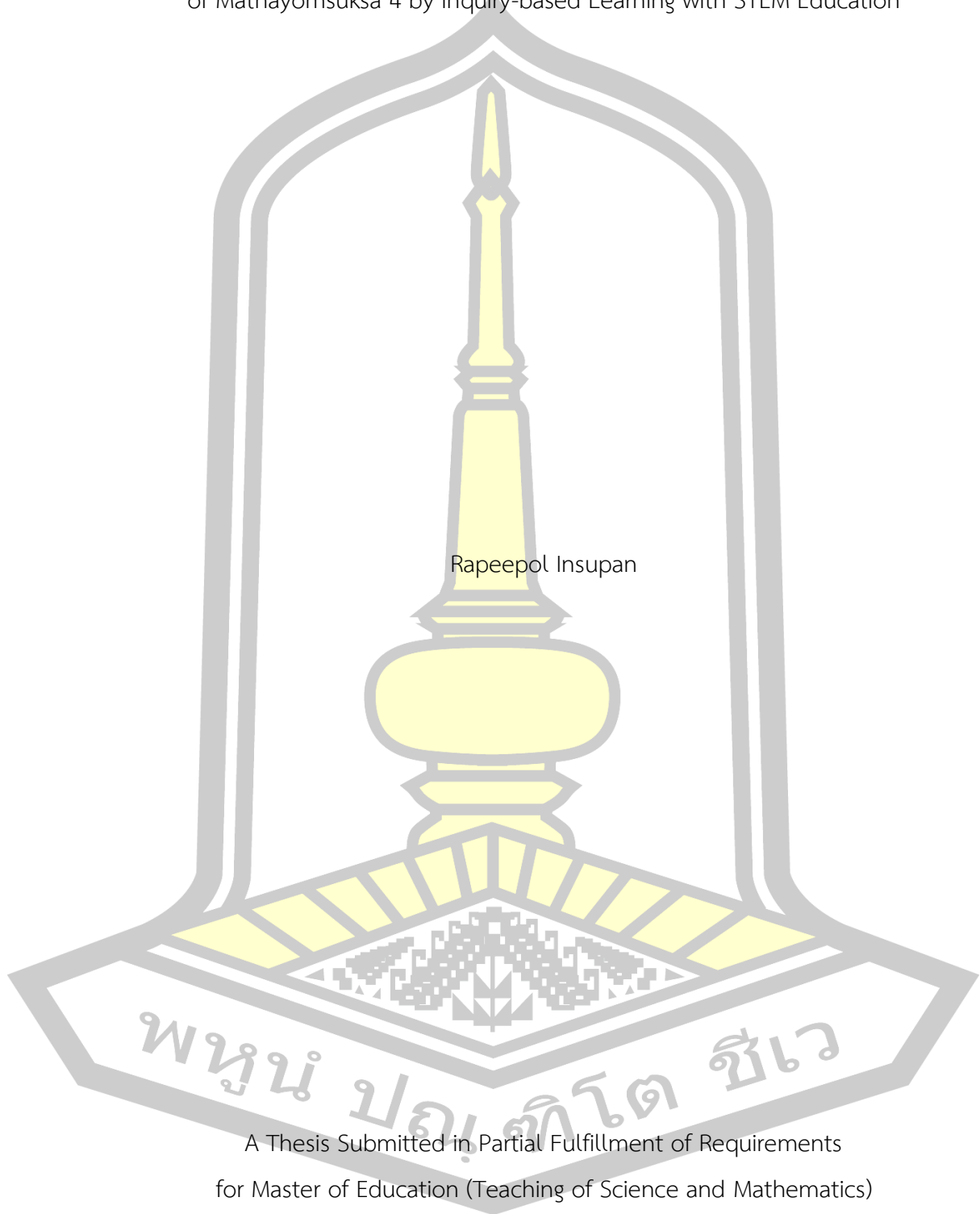


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Enhancement of Scientific Creativity Thinking and Achievement Academic in Physics
of Mathayomsuksa 4 by Inquiry-based Learning with STEM Education



Rapeepol Insupan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

July 2019

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายรพีพล อินสุพรรณ
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(อ. ดร. กัญยรัตน์ สอนสุภาพ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

กรรมการ

(ผศ. ดร. สุมาลี ชุกำแพง)

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิริ)

(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา		
ผู้วิจัย	รพีพล อินสุพรรณ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน ทั้งหมด 6 แผน 12 ชั่วโมง กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม จำนวน 21 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1.นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 8 คน

2.นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 16 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 9 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



TITLE	Enhancement of Scientific Creativity Thinking and Achievement Academic in Physics of Mathayomsuksa 4 by Inquiry-based Learning with STEM Education		
AUTHOR	Rapeepol Insupan		
ADVISORS	Associate Professor Prasart Nuangchalem , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2019

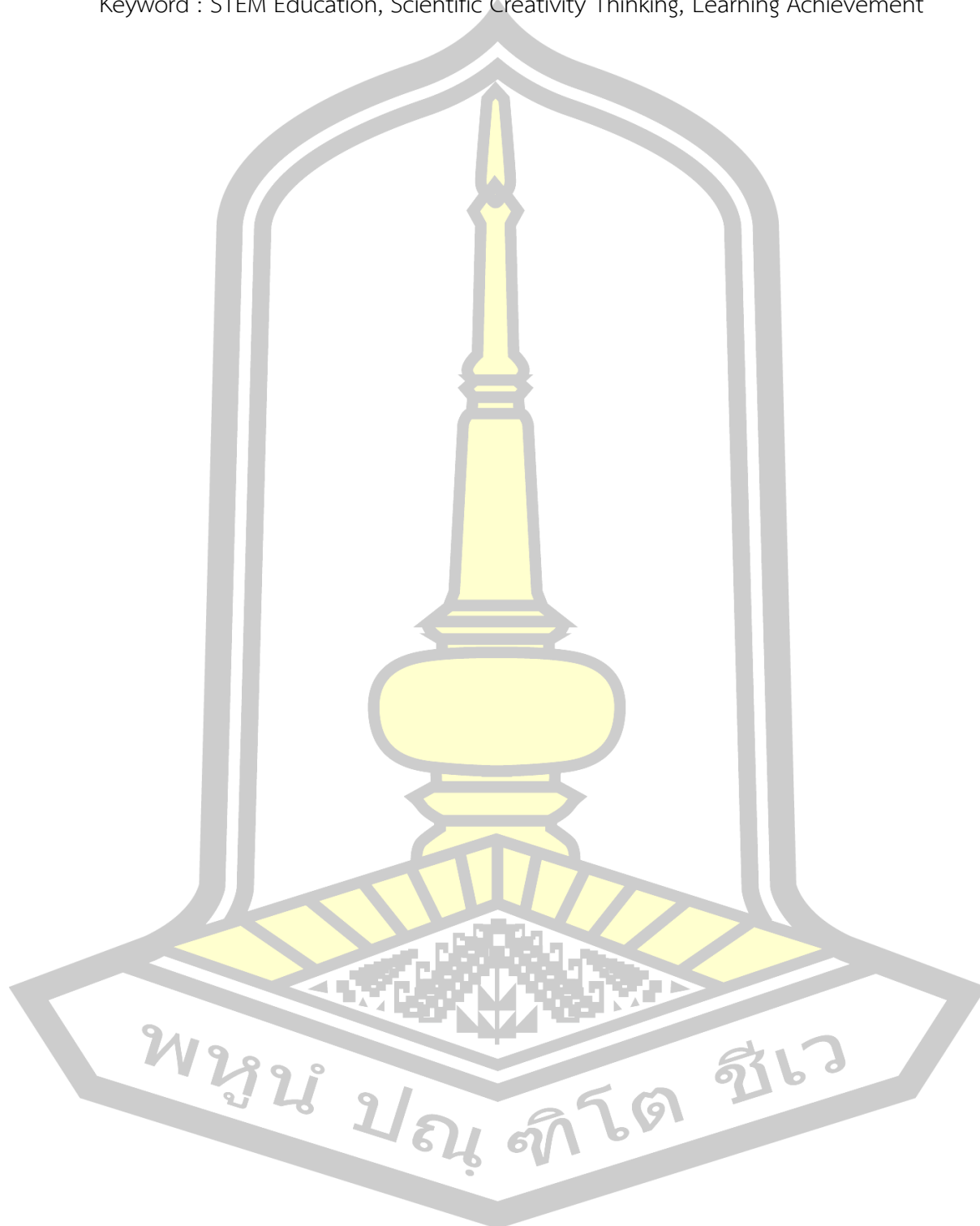
ABSTRACT

The objectives of this study aims 1) to develop Scientific Creativity Thinking of Matthayomsuksa 4 students 2) to develop achievement of Matthayomsuksa 4 students by using inquiry-based learning with STEM education. Six lesson plans for 12 hours were created “Momentum and collision” . The target group in this study consisted of 21 Matthayomsuksa 4/2 students attending in Chiangyuen Pittayakom School. Research instruments were lesson plan, achievement test, scientific creativity thinking test and interview. The data were analyzed by percentage, mean, and standard deviation. the results of research found that :

1. The first cycle process found that mean of the scientific creativity thinking of students were 7 students can pass 70 percentage of test and 14 students cannot pass criterion. The second cycle process 13 students can pass 70 percentage of test and 8 students cannot pass criterion.

2. The first cycle process found that mean of the learning achievement of students were 5 students can pass 70 percentage of test and 16 students cannot pass criterion. The second cycle process 9 students can pass 70 percentage of test and 12 students cannot pass criterion.

Keyword : STEM Education, Scientific Creativity Thinking, Learning Achievement



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนื่องเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชุกำแพง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนัต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ ภูโสภา อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ เจริญอินทร์ อาจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ และนางจันทร์เพ็ญ คุณสมบัติ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคม อำเภอเชียงใหม่ จังหวัดมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดจนคณะครูโรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคมทุกท่าน และนักเรียนที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบคุณ คุณพ่อลาตรี อินสุพรรณ คุณแม่รัตนา อินสุพรรณ และนายธนบูรณ์ อินสุพรรณ ที่เป็นกำลังใจและแรงผลักดันเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันใดที่ได้จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขออุทิศให้คุณย่าดำ อินสุพรรณ และขอมอบบูชาแด่พระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ให้การศึกษ าอบรมสั่งสอนให้มีสติปัญญาและคุณธรรม เป็นเครื่องชี้นำการดำเนินชีวิตที่ดีงาม

รพีพล อินสุพรรณ

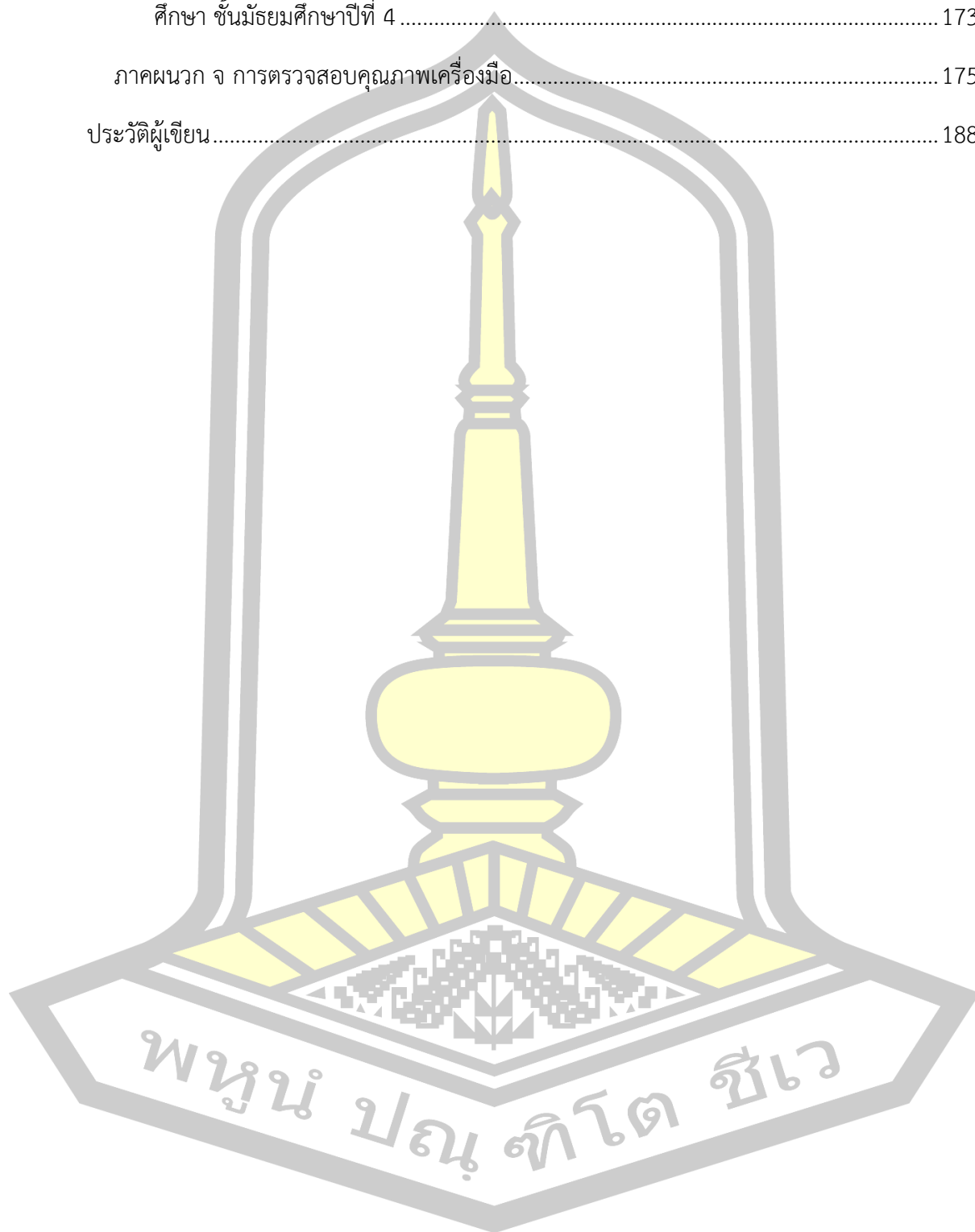
พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
บัญชีตาราง.....	ฉ
บัญชีภาพประกอบ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560).....	8
บริบทของโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม.....	26
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	32
สะเต็มศึกษา.....	40
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	48
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	69

งานวิจัยในประเทศ.....	69
งานวิจัยต่างประเทศ.....	71
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	73
กลุ่มเป้าหมาย.....	73
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	73
การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	74
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	86
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	90
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	92
ตอนที่ 1 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	92
ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	102
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	110
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	110
สรุปผล.....	110
อภิปรายผล.....	111
ข้อเสนอแนะ.....	115
บรรณานุกรม.....	117
ภาคผนวก.....	122
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน.....	123
ภาคผนวก ข แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	159
ภาคผนวก ค แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	168

ภาคผนวก ง แบบสัมภาษณ์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	173
ภาคผนวก จ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ.....	175
ประวัติผู้เขียน.....	188



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	15
ตาราง 2 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนเข็ญยี่นพิทยาคมปีการศึกษา 2561.....	26
ตาราง 3 คะแนนเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	27
ตาราง 4 คะแนนเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2558 – 2560 แบบจำแนกรายวิชา.....	28
ตาราง 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	28
ตาราง 6 ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	31
ตาราง 7 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น.....	35
ตาราง 8 บทบาทของนักเรียนในการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น	38
ตาราง 9 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา	45
ตาราง 10 แสดงวิธีการคำนวณคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	64
ตาราง 11 การวิเคราะห์ลำดับแผน สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	75
ตาราง 12 จำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้วงจรปฏิบัติการเรียนรู้ที่ 1	80
ตาราง 13 จำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้วงจรปฏิบัติการเรียนรู้ที่ 2	81
ตาราง 14 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	89
ตาราง 15 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายด้าน วงจรปฏิบัติการที่ 1	94
ตาราง 16 ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 1.....	96

ตาราง 17	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายด้าน วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	99
ตาราง 18	ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	101
ตาราง 19	ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 1.....	105
ตาราง 20	ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	109
ตาราง21	ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	178
ตาราง22	ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	179
ตาราง23	ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	180
ตาราง24	ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	181
ตาราง25	ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	182
ตาราง26	ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	183
ตาราง27	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โม เมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1- 6	184
ตาราง28	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การวัดความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	187



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพประกอบ 1 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด	50
ภาพประกอบ 2 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองที่เกี่ยวกับความคิด สร้างสรรค์	52
ภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM) ที่มา: (จิตยา คำควร. 2558).....	55
ภาพประกอบ 4 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 1.....	93
ภาพประกอบ 5 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	98
ภาพประกอบ 6 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวงจรปฏิบัติการ ที่ 1	103
ภาพประกอบ 7 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวงจรปฏิบัติการ ที่ 2	107

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา ทำให้ระบบการศึกษาต้องมีการแก้ไขปรับเปลี่ยน เพื่อให้แก่นักเรียนมีทักษะพื้นฐานที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตแบบใหม่ ดังนั้นจึงต้องเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเพื่อให้มีทักษะพร้อมรับกับศตวรรษที่ 21 ดังนั้นระบบการศึกษาจำเป็นต้องสอนให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ สามารถใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหาและการคิดตัดสินใจ การคิดเชื่อมโยงความรู้สู่การพัฒนานวัตกรรม ด้วยเหตุนี้การพัฒนานักเรียนจึงมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาประเทศ (กมลวรรณ กัญญาประสิทธิ์, 2558) ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศตามนโยบายสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีงบประมาณ 2558 ที่ได้กำหนดยุทธศาสตร์ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทุกระดับทุกประเภท นอกจากนี้ยังได้ตระหนักถึงความสำคัญและเตรียมความพร้อมด้านวิชาชีพให้ผู้เรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้ผู้เรียนในแต่ละระดับการศึกษามองเห็นภาพงานอาชีพต่าง ๆ เพื่อการทำงานให้เป็นไปตามความต้องการของสังคม หรือที่เรียกว่าทักษะแห่งอนาคตใหม่ในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

การพัฒนาการศึกษาของประเทศให้มีความทันสมัยและก้าวทันโลกที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องมีการยกระดับการพัฒนาการศึกษา สื่อและกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานสากล มีการเรียนการสอนเชิงบูรณาการและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมใหม่ โดยจะต้องเปลี่ยนแนวคิดจากการเป็นผู้ใช้เทคโนโลยี มาเป็นผู้สร้างเทคโนโลยีแทน ซึ่งการที่จะเปลี่ยนแปลงการศึกษาจะต้องพัฒนาให้ผู้เรียนคิดอย่างมีเหตุผล รู้จักหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถหาแนวทางแก้ไขได้ (ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, 2559) เห็นได้จากการเรียนการสอนในปัจจุบันจะเน้นที่การพัฒนาความรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technological literacy) ให้กับผู้เรียน โดยมุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้และเข้าใจเทคโนโลยีให้มากขึ้น โดยนักเรียนจะต้องมีทักษะทางเทคโนโลยีมากในชีวิตประจำวัน มีทักษะการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ การมีเหตุผล และประสบการณ์ในการเข้าถึงข้อมูล ตัวอย่างเช่น การวิจัยและพัฒนาวิธีการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และ

การประดิษฐ์นวัตกรรม ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการนำเอาการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาเข้ามาบูรณาการกับการเรียนการสอน เพื่อในสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาและแก้ปัญหาของผู้เรียน (สุทธิดา จำรัส, 2560)

“สะเต็มศึกษา” หรือ “STEM Education” ใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมการสอนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่สำหรับ สะเต็มศึกษา (STEM Education) หรือหลักสูตรสะเต็ม (STEM Curriculum) ของไทยนั้น หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ใช่การท่องจำแต่เป็นการลงมือปฏิบัติ เป็นการสร้างความเข้าใจในทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องบูรณาการสะเต็มศึกษาเข้ากับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องบูรณาการสะเต็มศึกษาเข้าไปในการจัดการเรียนการสอนนั้นก็เพื่อแก้ปัญหา ดังนี้ 1) ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ เป็นที่ทราบกันว่าประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ด้อยกว่าหลาย เช่น เกาหลีใต้ จีน สิงคโปร์ 2) ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นประเทศที่มีรายได้ต่ำแต่ปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ดังนั้นการที่ประเทศไทยยกระดับรายได้ให้สูงขึ้น ประเทศต้องมีกำลังคนทางด้านเทคโนโลยี และ 3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ดังนั้นในการที่จะสร้างกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีความสามารถในการพัฒนาประเทศหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ นั้น จำเป็นจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ร่วมกับความรู้ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเรียกว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific creativity) ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างมากเช่น การตั้ง สมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การแก้ปัญหา และการสรุปผลการทดลองล้วนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน (Lin, Hu, Adey, & Shen, 2003)

การพัฒนากำลังคนให้พร้อมรับกับการเปลี่ยนแปลงของโลกจึงมีส่วนสำคัญมากในการพัฒนาประเทศ และการคิดค้นนวัตกรรมมีก็ส่วนสำคัญในการพัฒนาหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นแล้วการส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียน

สามารถเอาความคิดนั้นไปต่อยอดเป็นนวัตกรรมที่ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ เพราะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีการใช้วิธีการหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา แต่สภาพปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังขาดการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในโรงเรียน (นัฐยา ทองจันทร์, 2558)

การสังเกตการสอน และการฝึกประสบการณ์สอนที่โรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคม ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนไม่มีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ ไม่ชอบคิด ไม่คิดแก้ปัญหา ไม่กล้าแสดงออกทางความคิด เช่น ไม่ตอบคำถามระหว่างเรียนแม้จะเป็นคำถามที่ง่ายๆ ไม่สามารถให้เหตุผลในสิ่งที่ตัวเองตอบได้ และขาดความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนเกิดปัญหาทางการเรียน เช่น เมื่อนักเรียนไม่คิดตามระหว่างที่ครูสอน นักเรียนจะไม่สามารถแก้ปัญหาหรือตอบปัญหาระหว่างที่เรียนได้ นักเรียนไม่กล้าแสดงออกทางความคิด ไม่ถามครูระหว่างที่สงสัยในคาบเรียน ส่งผลให้นักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ในการคิดและยังทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้ในห้องเรียนขาดหายไป จากพฤติกรรมดังที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงปัญหาทางด้านความคิดของนักเรียน ที่ขาดความกล้าคิด ขาดความคิดสร้างสรรค์ในการคิด เพื่อยืนยันสมมติฐานจึงได้ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นำไปทำการทดสอบกับนักเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนที่ทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์อยู่ในระดับปรับปรุง เป็นจำนวน 21 คน ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดริเริ่ม (originality) โดยนักเรียนต้องใช้ความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตอบคำถามด้วย โดยแบบวัดดังกล่าวมีทั้ง หด 6 ข้อ ประกอบด้วยองค์ประกอบที่ต้องการวัดคือ ความคิดคล่อง 2 ข้อ ความคิดยืดหยุ่น 4 ข้อ และความคิดริเริ่ม 4 ข้อ (ข้อ 3-6 วัดองค์ประกอบทั้ง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์) ใช้เวลาในการทำ 30 นาที (ธิตยา คำควร, 2558)

นอกจากนี้นักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ซึ่งจากการทดสอบหลังการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาฟิสิกส์พบว่านักเรียนร้อยละ 97.29 มีคะแนนวิชาฟิสิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และจากการศึกษาบริบทของนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากรายงานคะแนนผลสอบวัดความรู้ระดับชาติในปี 2560 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 29.33 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในปี 2559 และปี 2558 (โรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคม, 2560) จากปัญหาด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทำให้ผู้วิจัยมุ่งที่จะแก้ปัญหาโดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากปัญหาดังกล่าว

ผู้สอนจึงปรับเปลี่ยนวิธีสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อแก้ปัญหาผู้เรียน โดยส่งเสริมการคิดของนักเรียนให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าความรู้ได้ด้วยตัวเองโดยการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในบริบทลองผิดลองถูก ฝึกตั้งสมมติฐานและหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตัวเองและสามารถบูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เข้าไปใช้แก้ปัญหา ระหว่างเรียน การสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ด้วยเหตุนี้ผู้เรียนจึงสามารถพัฒนาการคิดในการแก้ปัญหาได้ด้วยความคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนากระบวนการหรือแนวคิดใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานในอนาคต

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในการสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม เพื่อแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ให้นักเรียนมีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น และกล้าแสดงออกทางความคิด ผ่านการสร้างนวัตกรรม การทดลอง และการนำเสนองาน และเพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 วิชาฟิสิกส์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. จะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถทางความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่สูงขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคม อำเภอ เชียงย่น จังหวัดมหาสารคาม ที่ได้มาจากการทดสอบทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 21 คน ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับควรปรับปรุง

2. ระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เป็นเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หมายถึง กระบวนการเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้จากการสำรวจและสืบค้นความรู้ที่ผู้เรียนสนใจด้วยตัวเอง โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนหรือสถานการณ์การเรียนที่ครูจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสร้างประเด็นที่จะศึกษาด้วยผู้เรียน โดยใช้คำถามหรือโจทย์ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนหรือสถานการณ์การเรียนให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันเป็นกลุ่มในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ขั้นนี้ครูมีหน้าที่ส่งเสริมและให้คำปรึกษาและช่วยเหลือ เพื่อให้การเรียนเป็นไปอย่างเรียบร้อย

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนหรือสถานการณ์การเรียนที่ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ร่วมกันในชั้นเรียน มีการวิเคราะห์ข้อมูลอภิปรายตามประเด็นและทฤษฎีที่ทำการศึกษา เพื่อหาองค์ความรู้ที่เกิดขึ้น

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนหรือสถานการณ์การเรียนให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้ที่เกิดขึ้น แต่งเติมความรู้ให้สมบูรณ์ โดยการอธิบายยกตัวอย่าง อภิปราย

ซักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเชื่อมโยงความรู้ทั้งเก่าและใหม่ จนสามารถนำความรู้ที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

5) **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือสถานการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ประเมินการเรียนรู้ของตัวเองโดยการลงข้อสรุปความรู้ที่เกิดขึ้นจากการอภิปราย ในขั้นนี้ครูจะประเมินกระบวนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ของผู้เรียน เพื่อปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีการเรียนรู้ที่ยั่งยืน

2. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา** หมายถึง กระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้จากการสำรวจและสืบค้นความรู้ที่ผู้เรียนสนใจด้วยตัวเอง โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไประหว่างการสอน ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้น ดังนี้

1) **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสร้างประเด็นที่จะศึกษา โดยครูจะให้ประเด็นในการศึกษาในช่วงเรียน ผ่านการตั้งคำถามหรือกิจกรรมการเรียนรู้

2) **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูให้ โดยการให้นักเรียนสืบค้นความรู้เพื่อแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ในหัวข้อที่กำลังเรียนร่วมกับครู

3) **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นขั้นที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายตามประเด็นและทฤษฎีที่ทำการศึกษา เพื่อหาคำตอบความรู้ที่เกิดขึ้น ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสามารถแก้ปัญหาโดยนักเรียนศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ร่วมกับครู สืบค้นและแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) จนสามารถอธิบายองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นได้

4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือสถานการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้ที่เกิดขึ้น แต่งเติมความรู้ให้สมบูรณ์ และเชื่อมโยงความรู้ทั้งเก่าและใหม่ จนสามารถนำความรู้ที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ร่วมกับครู สืบค้นและแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) ที่เหมาะสมตลอดจนนำความรู้ทางวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ประดิษฐ์ชิ้นงานจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถนำความรู้ทั้งสี่ด้านมาสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูให้ โดยการสร้างชิ้นงาน ทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้าง และสรุปผลการทำงานของชิ้นงาน

5) **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนจะประเมินกระบวนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เพื่อปรับปรุงความรู้ให้เป็นความรู้ที่ถูกต้องและยั่งยืน ในขั้นนี้นักเรียนจะตรวจสอบ

ความเข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์จากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้และการเฉลยปัญหาท้ายกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับครู

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดที่มีความแปลกใหม่มีกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนในการคิด มีการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหา และสามารถคิดหาวิธีแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี มีการคิดหาเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมกับปัญหาที่เกิด โดยยึดหลักความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รวมไปถึงจินตนาการในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ แนวคิดใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่อิงอยู่บนหลักความเป็นไปได้ ซึ่งในการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาโดยใช้แบบทดสอบในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยความคิดสร้างสรรค์ประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านคุณสมบัติ ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม 2. ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย การคิดอย่างมีเหตุผล และจินตนาการ และ 3. ด้านผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ ความเข้าใจในปรากฏการณ์ และการตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยในแต่ละด้านของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องอยู่บนพื้นฐานการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และจินตนาการในการแก้ปัญหา โดยแบบวัดดังกล่าวเป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิดมีทั้งหมด 2 ข้อ ประกอบด้วยองค์ประกอบที่ต้องการวัดทั้ง 3 ด้าน ตามองค์ประกอบย่อยในแต่ละด้านโดยใช้เวลาในการทำข้อสอบ 30 นาที และตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนการสอน เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาในด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นผลที่ทำให้ทราบว่านักเรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการทดสอบ มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ วงจรปฏิบัติการละ 15 ข้อ จำนวน 2 วงจร

พหุ ประถมศึกษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

- 1.สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
- 2.บริบทของโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม
- 3.การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- 4.สะเต็มศึกษา
- 5.ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- 6.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 7.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ได้กำหนดเป้าหมายในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และรู้คุณค่าในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) อดตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ขึ้นเพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงานการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กันความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กันรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับ โครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 ชีววิทยา

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษา ดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.5 เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระที่ 5 เคมี

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้ารวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระที่ 6 ฟิสิกส์

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้งรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.2 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.3 เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.4 เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของ

แก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุณหพลศาสตร์และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรการเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

มาตรฐาน ว 7.3 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาดำหนดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

สาระที่ 8 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีกาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือ พัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 8.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

3. คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ได้ให้คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 1

เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่การเคลื่อนที่ในแนวตรง ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ ตำแหน่ง ระยะทางและการกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟความเร็วเวลากับระยะทางสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตรง สมการสำหรับคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงตัว แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วง

สากล สนามโน้มน้าว การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ สภาพสมมูลเงื่อนไขของสมมูล โมเมนต์ของแรง คู่ควบ เสถียรภาพของสมมูล

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ การสำรวจตรวจสอบ การทำนาย และการทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาคำความรู้ ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาคำรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี
2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟวิเคราะห์และแปลความหมาย จากกราฟเส้นตรง
3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการ เคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มี ความเร่งคงตัวจากกราฟและ สมการ รวมทั้งทดลองหาค่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลก และ คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน
5. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อ วัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎ การเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับ สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้ง คำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและ ผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมี น้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
7. วิเคราะห์อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและ วัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหา สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทาน ไปใช้ในชีวิตประจำวัน
8. อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมมูลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อ วัตถุอยู่ในสมมูล และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมมูลของแรงสามแรง

9. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่าน ศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2

ศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับงานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน โมเมนตัม แรง และการเปลี่ยนโมเมนตัม การดลและแรงดล การชน โมเมนตัมเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม การเคลื่อนที่แบบต่างๆ เช่น แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลม

โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิธีทางวิทยาศาสตร์ การทำโครงการงาน วิทยาศาสตร์ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทดลอง และยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม มีความเข้าใจ สามารถนำวัสดุในท้องถิ่นมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนเกิดความตระหนักและรักในท้องถิ่นของตน และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ผลการเรียนรู้

10. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัวจาก สมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกับตำแหน่งรวมทั้งอธิบายและคำนวณ กำลังเฉลี่ย

11. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหา ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกออกและความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และ พลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

12. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกลรวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

13. อธิบายการทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกลรวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ โมเมนตัม

15. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุในหนึ่ง มิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่นและการตีตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม

16. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

17. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

4. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตาราง 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/1	1. สืบค้น และอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาคำรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี	<ul style="list-style-type: none"> • ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับพลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ • การค้นคว้าหาคำรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎความรู้เหล่านี้ สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต • ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการแสวงหาคำรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมถึงการพัฒนาและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็มีส่วนในการค้นหาคำรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ด้วย

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 พิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
<p>สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/2</p>	<p>2. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผลรวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปแบบของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนหนึ่งได้จากการทดลองซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเลขและหน่วยวัด • ปริมาณทางฟิสิกส์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่าง ๆ โดยตรงหรือทางอ้อม หน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์คือ ระบบหน่วยระหว่างชาติ เรียกว่า ระบบเอสไอ • ปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 มาก ๆ นิยมเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือเขียนโดยใช้คำนำหน้าหน่วยของระบบเอสไอ การเขียนโดยใช้สัญกรณ์วิทยาศาสตร์เป็นการเขียนเพื่อแสดงจำนวนเลขนัยสำคัญที่ถูกต้อง • การทดลองทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ การบันทึกปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยจำนวนเลขนัยสำคัญที่เหมาะสม และค่าความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากกราฟ เช่น การหาความชันจากกราฟเส้นตรง จุดตัดแกน พื้นที่ใต้กราฟ เป็นต้น • การวัดปริมาณต่าง ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนเสมอขึ้นอยู่กับเครื่องมือ วิธีการวัด และประสบการณ์ ของผู้วัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสามารถแสดง ในการรายงานผลทั้งในรูปแบบตัวเลขและกราฟ • การวัดควรเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เช่นการวัดความยาวของ

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		<p>วัตถุที่ต้องการความละเอียดสูง อาจใช้เวออร์เนียร์แคลลิเปอร์ส หรือไมโครมิเตอร์</p> <ul style="list-style-type: none"> ฟิสิกส์อาศัยคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า และการสื่อสาร
<p>สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/3</p>	<p>3. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยความเร็วและความเร่งมีทั้งค่าเฉลี่ยและค่าขณะหนึ่งซึ่งคิดในช่วงเวลาสั้น ๆ สำหรับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัวมีความสัมพันธ์ตามสมการ $V = U + at$ $S = \left(\frac{v + u}{2}\right) t$ $S = Ut + \frac{1}{2}at^2$ $V^2 = U^2 + 2aS$ การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถเขียนอยู่ในรูปกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา หรือกราฟความเร่งกับเวลา ความชันของเส้นกราฟตำแหน่งกับเวลาเป็นความเร็ว ความชันของเส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นความเร่ง และพื้นที่ใต้เส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นการกระจัด ในกรณีและผู้สังเกตมีความเร็ว ความเร็วของวัตถุที่สังเกตได้เป็นความเร็วที่เทียบกับผู้สังเกต

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		<ul style="list-style-type: none"> การตกแบบเสรีเป็นตัวอย่างหนึ่งของการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติที่มีความเร่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/4	4. ทดลอง และอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	<ul style="list-style-type: none"> แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงมีทั้งขนาดและทิศทาง กรณีที่มีแรงหลาย ๆ แรง กระทำต่อวัตถุ สามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ โดยใช้วิธีเขียนเวกเตอร์ของแรงแบบหางต่อหัว วิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานของแรงและวิธีคำนวณ
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/5	5. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง	<ul style="list-style-type: none"> สมบัติของวัตถุที่ดำเนินการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เรียกว่า ความเฉื่อย มวลเป็นปริมาณที่บอกให้ทราบว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อย การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุสามารถเขียนเป็นแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระได้ กรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากกระทำ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน กรณีที่มีแรงภายนอกมากกระทำโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะมีความเร่ง โดยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ มวลและความเร่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n F_i = m\vec{a}$ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน เมื่อวัตถุสองก้อนออกแรงกระทำต่อกัน แรงระหว่างวัตถุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศ

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ทางตรงข้ามและกระทำต่อวัตถุคนละก้อน เรียกว่า แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน และเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่วัตถุ ทั้งสองสัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/6	6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	<ul style="list-style-type: none"> แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงที่มวลสองก้อนดึงดูดซึ่งกันและกัน ด้วยแรงขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้าม และเป็นไปตามกฎความโน้มถ่วงสากล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$ รอบโลกมีสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง ซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุ มีน้ำหนัก
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/7	7. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน	<ul style="list-style-type: none"> แรงที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุสองก้อน ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่หรือแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่าแรงเสียดทาน แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสคู่นั้น ๆ ขณะออกแรงพยายามแต่วัตถุยังคงอยู่นิ่งแรงเสียดทานมีขนาดเท่ากับแรงพยายามที่กระทำต่อวัตถุนั้น และแรงเสียดทานมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกแรงเสียดทานนี้ว่าแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่าแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ คำนวณได้จากสมการ

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		$f_s \leq \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$ <ul style="list-style-type: none"> • การเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/8	8. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลและคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง	<ul style="list-style-type: none"> • สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมคือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว • วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n F_i = 0$ • วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ • โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$ • เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน • การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระฟิสิกส์ 1 ม .4/9	9. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	<ul style="list-style-type: none"> เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่แข็งแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ
สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/10	10. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย	<ul style="list-style-type: none"> งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาได้จากผลคูณของขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด ตามสมการ $W = F\Delta x \cos\theta$ หรือหาจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับตำแหน่งโดยแรงที่กระทำอาจเป็นแรงคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ย <p>ตั้งสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$</p>
สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/11	11. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ โน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ตั้งสปริงกับ	<ul style="list-style-type: none"> พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ คำนวณได้จากสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่ง หรือรูปร่างของวัตถุ แบ่งออกเป็นพลังงานศักย์ โน้มถ่วง คำนวณได้จากสมการ $E_p = mgh$

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	<p>ระยะที่สปริงยืดออกออกและความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์</p>	<p>และ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นคำนวณได้จากสมการ</p> $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ <ul style="list-style-type: none"> พลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ตามสมการ $E = E_k + E_p$ <ul style="list-style-type: none"> แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับ เส้นทางเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วงและแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กัน โดยงานของ แรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไปตามทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์เขียนแทนได้ ด้วยสมการ $W = \Delta E_k$
<p>สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/12</p>	<p>12. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกลรวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล</p>	<ul style="list-style-type: none"> ถ้างานที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์เท่านั้น พลังงานกลของวัตถุจะคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $E_k + E_p =$ ค่าคงตัวโดยที่พลังงานศักย์อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก
<p>สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/13</p>	<p>13. อธิบายการทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล</p>	<ul style="list-style-type: none"> การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คานรอก พื้นเอียงลิ้ม สกรู และล้อกับเพลา ใช้หลักของงานและสมมูลประกอบพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายประสิทธิภาพคำนวณได้จาก

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	สมการ $Efficiency = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$ การได้เปรียบเชิงกลคำนวณได้จากสมการ $M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{S_{in}}{S_{out}}$
สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/14	14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้ง อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ โมเมนตัม	<ul style="list-style-type: none"> วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $P = mv$ เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัม ของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลาเรียกว่า การดล <p>ตามสมการ $\Gamma = \left[\sum_{i=1}^n F_i \right] \Delta t$</p> <p>ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา</p>
สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/15	15. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบ ยืดหยุ่นไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	<ul style="list-style-type: none"> ในการชนกันของวัตถุและการตีตัวออกจากรัน ของวัตถุในหนึ่งมิติเมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ โดย \vec{p}_i เป็นโมเมนตัมของระบบก่อนชน และ \vec{p}_f เป็นโมเมนตัมของระบบหลังชน ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์ของระบบ

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงาน จลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัว เป็นการชน แบบไม่ยืดหยุ่น
สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/16	16. อธิบาย วิเคราะห์และ คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ และทดลองการ เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนาม โน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการ เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วัตถุมีการเปลี่ยน ตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกันและ เป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำจึงมี ความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มี $v_y = u_y + a_y t$ $\Delta y = \left[\frac{u_y + v_y}{2} \right] t$ ความสัมพันธ์ ตามสมการ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวนอนไม่มีแรงกระทำ จึงมีความเร็วคงตัว ตำแหน่ง ความเร็ว และ เวลา มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta x = u_x t$
สาระฟิสิกส์ 2 ม .4/17	17. ทดลอง และอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ ศูนย์กลาง รัศมีของการ เคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของ วัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบ วงกลมในระนาบ ระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ	<ul style="list-style-type: none"> วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของ วงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบ วงกลมซึ่งมี แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้า สู่ศูนย์กลาง เรียกว่าแรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิด ความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมี ของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จาก สมการ

ตาราง 1 (ต่อ) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้ที่ 6 ฟิสิกส์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ ความรู้การเคลื่อนที่แบบ วงกลมในการอธิบายการโคจร ของดาวเทียม	$F_c = \frac{mv^2}{r}$ <ul style="list-style-type: none"> นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถ อธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และ แรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุม ตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$ ดาวเทียมที่โคจรในแนววงกลมรอบโลกมีแรงดึงดูด ที่โลกกระทำต่อดาวเทียมเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ดาวเทียมที่มีวงโคจรค้างฟ้าในระนาบของ เส้นศูนย์สูตรมีคาบการโคจรเท่ากับคาบการหมุน รอบตัวเองของโลกหรือมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของตำแหน่งบนพื้นโลก ดาวเทียม จึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้บนพื้นโลก ตลอดเวลา



บริบทของโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม

จากการข้อมูลบริบทพื้นฐานของโรงเรียน โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคมเป็นโรงเรียนประจำอำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายภายใต้สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตั้งอยู่ หมู่ 13 ตำบลเชียงยืน อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44160 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 เปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 เขตพื้นที่บริการ 7 ตำบล 22 หมู่บ้าน ได้แก่ตำบลเชียงยืน 7 หมู่บ้าน คือ บ้านหนองโປ່ງ บ้านสร้างแก้ว บ้านโนนจั่ว หนองมะเฒ่า บ้านหนองแวง บ้านเหล่าศรีเชียงเหนือ บ้านโนนหินแห่ ตำบลนาทอง 2 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านแบก บ้านนาทอง ตำบลเหล่าบัวบาน 1 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านหนองล่ำมใต้ ตำบลกู่ทอง 1 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านหนองบุญชู ตำบลหนองซอน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านชี บ้านชีหนองจิก บ้านชีหนองจิกพัฒนา ตำบลเสือเผ่า 7 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านเสือเผ่า บ้านเชิง บ้านโนนศรีสวรรค์ บ้านหนองเรือ บ้านเชิงพัฒนา บ้านเชิงใหม่พัฒนา บ้านเสือเผ่าพัฒนา และตำบลเหล่าบัวบาน 1 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านหนองล่ำม

ชุมชนโดยรอบโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคมเป็นชุมชนที่ดำรงชีพด้วยความสงบ ประชากรส่วนมากมีอาชีพเป็นเกษตรกร และทำงานรับจ้างทั่วไป ฐานะค่อนข้างยากจน นักเรียนส่วนใหญ่ที่เรียนที่โรงเรียนเชียงยืนส่วนมากพ่อแม่จะไปทำงานต่างจังหวัด จากข้อมูลจำนวนนักเรียนในปีการศึกษา 2561 นักเรียนโรงเรียนเชียงยืน มีจำนวนดัง ตารางที่ 2

ตาราง 2 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคมปีการศึกษา 2561

ระดับชั้น	จำนวนห้อง	เพศ		รวม (คน)
		ชาย	หญิง	
ม.1	7	100	149	249
ม.2	6	112	135	247
ม.3	7	102	118	220
ม.4	8	104	135	239
ม.5	7	82	147	229
ม.6	7	69	140	209
รวมทั้งหมด	42	569	824	1393

บริบทด้านคุณภาพการศึกษาจากผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ (O-NET) ในปีการศึกษา 2558 ถึง ปีการศึกษา 2560 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในวิชาหลัก 5 วิชา ได้แก่ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษาฯ และภาษาอังกฤษ ไม่มีระดับชั้นใดที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 และเมื่อเทียบกับปีการศึกษา 2559 กับปีการศึกษา 2560 ปรากฏผลว่า

1.1 ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาคณิตศาสตร์ วิชาสังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ และวิชาภาษาอังกฤษ มีคะแนนลดลงจากเดิม มีเพียงวิชาภาษาไทยที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.01 ในปีการศึกษา 2560

1.2 ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนลดลงในทุกวิชา เมื่อเทียบจากปีการศึกษา 2559

จากผลคะแนนการประเมินคุณภาพผู้เรียนที่ลดต่ำลง ทำให้โรงเรียนมีเป้าหมายในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของคะแนนโดยมีเป้าหมายเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ในทุกรายวิชา ในปีการศึกษา 2561 ได้แก่ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษาฯ และภาษาอังกฤษ ดังตารางที่ 3 และ 4

ตาราง 3 คะแนนเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 – 2560 แบบจำแนกรายวิชา

วิชา	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ /ปีการศึกษา			
	2558	2559	2560	เป้าหมาย 2561 เพิ่มขึ้น 5%
ภาษาไทย	44.30	46.37	46.38	47.97
คณิตศาสตร์	21.59	20.16	16.87	20.52
วิทยาศาสตร์	31.44	29.05	25.27	30.02
สังคมศึกษา	38.11	33.48	31.60	36.12
ภาษาอังกฤษ	19.33	21.92	21.11	21.83

ตาราง 4 คะแนนเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ปีการศึกษา 2558 – 2560 แบบจำแนกรายวิชา

วิชา	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ / ปีการศึกษา			
	2558	2559	2560	เป้าหมาย 2561 เพิ่มขึ้น 5%
ภาษาไทย	42.73	45.23	43.04	45.85
คณิตศาสตร์	29.10	26.15	21.64	26.91
วิทยาศาสตร์	34.79	32.63	29.33	33.86
สังคมศึกษา	44.26	48.85	-	32.59
ภาษาอังกฤษ	27.42	27.69	27.07	28.76

ด้านบริบทในห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่อยู่ในเขตพื้นที่บริการของทางโรงเรียน ครอบครัวมีรายได้ยากจนถึงปานกลาง นักเรียนส่วนใหญ่ให้เข้าถึงการบริการทางด้านวิชาการที่น้อย และมีความสามารถทางการเรียนที่น้อยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำ เนื่องจากโอกาสทางการศึกษาที่น้อย ในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ โดยอ้างอิงจากคะแนนสอบหลังเรียนวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2561 ดังแสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

ตาราง 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

นักเรียนคนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (10 คะแนน)	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
1	5	ไม่ผ่าน
2	4	ไม่ผ่าน
3	0	ไม่ผ่าน
4	2	ไม่ผ่าน
5	2	ไม่ผ่าน
6	3	ไม่ผ่าน

ตาราง 5 (ต่อ) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

นักเรียนคนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (10 คะแนน)	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
7	4	ไม่ผ่าน
8	5	ไม่ผ่าน
9	5	ไม่ผ่าน
10	5	ไม่ผ่าน
11	2	ไม่ผ่าน
12	4	ไม่ผ่าน
13	3	ไม่ผ่าน
14	4	ไม่ผ่าน
15	3	ไม่ผ่าน
16	2	ไม่ผ่าน
17	2	ไม่ผ่าน
18	5	ไม่ผ่าน
19	1	ไม่ผ่าน
20	1	ไม่ผ่าน
21	4	ไม่ผ่าน
22	3	ไม่ผ่าน
23	5	ไม่ผ่าน
24	3	ไม่ผ่าน
25	3	ไม่ผ่าน
26	3	ไม่ผ่าน
27	0	ไม่ผ่าน
28	3	ไม่ผ่าน
29	5	ไม่ผ่าน
30	2	ไม่ผ่าน
31	7	ผ่าน
32	3	ไม่ผ่าน

ตาราง 5 (ต่อ) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

นักเรียนคนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (10 คะแนน)	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
33	4	ไม่ผ่าน
34	3	ไม่ผ่าน
35	1	ไม่ผ่าน
36	4	ไม่ผ่าน
37	1	ไม่ผ่าน
รวม		37 คน

นอกจากนี้จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ของทางโรงเรียนพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันไม่ตอบสนองต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน การเรียนส่วนใหญ่เน้นการท่องจำอย่างเดียว ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อ และไม่ชอบเรียนวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่พัฒนาเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าครูมีวิธีการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ เชื่อว่านักเรียนจะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ให้สูงขึ้น และจากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (จิตทยา คำควร, 2558) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับควรปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตาราง 6 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลำดับที่	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์			คะแนนเฉลี่ย (3)	ระดับคุณภาพ
	ความคิด คล่อง (3)	ความคิด ยืดหยุ่น (3)	ความคิด ริเริ่ม (3)		
1	1	1	1	1	ควรปรับปรุง
2	1	1	2	1.33	ควรปรับปรุง
3	1	1	1	1	ควรปรับปรุง
4	1	1	2	1.33	ควรปรับปรุง
5	3	2	2	2.33	พอใช้

ตาราง 6 (ต่อ) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลำดับที่	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์			คะแนนเฉลี่ย (3)	ระดับคุณภาพ
	ความคิด คล่อง (3)	ความคิด ยืดหยุ่น (3)	ความคิด ริเริ่ม (3)		
6	3	2	2	2.33	พอใช้
7	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
8	3	3	1	2.33	พอใช้
9	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
10	1	2	2	1.67	ควรปรับปรุง
11	2	1	1	1.33	ควรปรับปรุง
12	3	3	3	3	ดี
13	3	3	3	3	ดี
14	2	1	1	1.33	ควรปรับปรุง
15	3	2	2	2.33	พอใช้
16	3	2	2	2.33	พอใช้
17	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
18	1	2	2	1.67	ควรปรับปรุง
19	3	3	3	3	ดี
20	2	2	2	2	พอใช้
21	2	2	1	1.67	ควรปรับปรุง
22	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
23	3	3	1	2.33	พอใช้
24	1	1	1	1	ควรปรับปรุง
25	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
26	3	3	3	3	ดี
27	1	1	1	1	ควรปรับปรุง
28	3	2	2	2.33	พอใช้
29	3	3	3	3	ดี

ตาราง 6 (ต่อ) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลำดับที่	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์			คะแนนเฉลี่ย (3)	ระดับคุณภาพ
	ความคิด คล่อง (3)	ความคิด ยืดหยุ่น (3)	ความคิด ริเริ่ม (3)		
30	3	3	3	3	ดี
31	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
32	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
33	1	2	1	1.33	ควรปรับปรุง
34	1	1	1	1	ควรปรับปรุง
35	3	3	3	3	ดี
36	1	1	1	1	ควรปรับปรุง
37	3	2	2	2.33	พอใช้

จากการศึกษาบริบทด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาทางการเรียนการสอนที่ไม่ได้คุณภาพเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อการแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเพื่อพัฒนาระดับความคิดสร้างสรรค์ให้สูงขึ้นควบคู่กันไป ผู้วิจัยจึงใช้การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ฝึกให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลด้วยตัวนักเรียน และศึกษาจากการลองผิดลองถูกในกิจกรรมการเรียน โดยในการจัดการเรียนการสอนนั้นผู้วิจัยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ก็เพื่อหวังว่าจะพัฒนานักเรียนให้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

1. ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลหาพิบูลย์ (2540) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนให้ความสำคัญกับกระบวนการแสวงหาความรู้ มากกว่าการสอนความรู้โดยตรงจากครู ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้องค์ความรู้ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเอง ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนการสอน

วิลลาร์ด สุนทรโรจน (2545) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือการสอนที่ครูสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้จนนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลเพื่อหาความรู้ของนักเรียน และนักเรียนสามารถสร้างกระบวนการจัดการปัญหาได้ด้วยตัวเอง

Budnitz (2003) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อน และมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่ใช้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนหรือสถานการณ์ผ่าน การสังเกต การตั้งคำถาม การวางแผนการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะสามารถสร้างความรู้ได้จากการลงมือปฏิบัติ

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดระยะเวลาที่สงสัย สร้างโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นนักคิด นักสังเกต นักทดลอง นักประดิษฐ์ จนนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

นอกจากนี้ยังมีนักมีนักวิชาการทางการศึกษาได้แบ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ไว้ดังนี้ (Bybee, 2006)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาหรือกิจกรรมที่กำลังสอน ผ่านการใช้สิ่งของ สื่อการเรียนรู้ สถานการณ์จำลอง หรือการเล่าเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยจะต้องสามารถเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาได้ การเชื่อมโยงอาจทำได้ด้วยการตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาหรือสร้างสถานการณ์ปัญหา

2. ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ประสบการณ์จากการทำกิจกรรม โดยการสำรวจและค้นคว้าหาข้อมูล การตั้งคำถาม การตรวจสอบสมมติฐาน และการแก้ปัญหาโดยการปราศจากการควบคุมของครู ครูมีหน้าที่เป็นเสมือนโค้ชคอยชี้แนะแนวทางแก้ปัญหาเท่านั้น

3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ สรุปและอธิบาย โดยในขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจแนวคิดกระบวนการ หรือทักษะ และสามารถนำไปเชื่อมโยงกับกิจกรรมการเรียนในลำดับถัดไปได้

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนจะนำความรู้จากการสรุปแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะที่ได้มาประยุกต์หรือขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น โดยการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน หรือการแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่ม ในขั้นนี้นักเรียนจะเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นระหว่างกันเพื่อการประยุกต์หรือแก้ปัญหาระหว่างกัน

5. **ชั้นประเมินผล (Evaluation)** ในขั้นนี้เป็นขั้นการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้การตั้งคำถามท้าทายการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน หรือประเมินความเข้าใจของนักเรียนโดยการให้ทำแบบทดสอบ วัตถุประสงค์ของขั้นนี้มีไว้เพื่อตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนว่าเกิดความเข้าใจหรือไม่ นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ให้นักเรียนได้ประเมินความเข้าใจของตนเองได้อีกด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เน้นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้คิด ลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลายทั้งการทำกิจกรรมในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ให้ผู้เรียนได้ สังเกต สืบเสาะ ตรวจสอบ ทดลอง ด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ อย่างมีความหมาย สามารถสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเองและมีความคงทนยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) เพื่อฝึกทักษะการแสวงหาความรู้และพัฒนาการคิดขั้นสูงได้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ประกอบด้วย ขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นขั้นที่จะนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือเกิดจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง โดยครูสร้างสถานการณ์ขึ้นแล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากเห็น อยากที่จะทดลองหรือตอบข้อสงสัยของปัญหานั้น ในขั้นนี้ครูอาจสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนเกิดความสงสัย เพื่อเปิดประเด็นในการศึกษาเรื่องที่นำเสนอจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม จากนั้นกำหนดประเด็นที่จะทำการศึกษา

2. **ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)** เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจและเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้ว มาจัดความสัมพันธ์กับประเด็นปัญหาเข้าเป็นหมวดหมู่ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นส่งเสริมและใช้คำถามชี้แนะแนวทางให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมไปในแนวทางที่กำหนดไว้ โดยมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ จึงนำข้อมูลที่ได้อภิปราย หรือสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้โดยครูจะทำหน้าที่ป้อนคำถามให้นักเรียนอธิบายความรู้ที่นักเรียนได้มา

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจและตรวจสอบไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ โดยครูจะทำหน้าที่ใช้คำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น หลังจากที่ได้มีการเชื่อมโยงความรู้แล้ว ถ้าในกรณีที่ข้อมูลเกิดการผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง ครูจะใช้คำถามชี้แนะให้คิดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เพื่อเป็นพื้นฐานในขั้นต่อไป

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนว่ามีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใดโดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรืออธิบายความรู้ที่ได้ศึกษามา

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ คือการสร้างความสนใจ (Engagement) การสำรวจและค้นหา (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความรู้ (Elaboration) และการประเมินผล (Evaluation) ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ครูจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด มีความคิดสร้างสรรค์ ให้ออกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองได้มากที่สุด และได้ใช้กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ และมีการสืบเสาะหาความรู้ โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ในการจัดการเรียนการสอน

3.บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ครูต้องจัดเตรียมกิจกรรมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและความสามารถของผู้เรียน และครูจะต้องปรับพฤติกรรมและบทบาทการสอนให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (ภพ เลหาไพบูลย์, 2540) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตาราง 7 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่ครูไม่ควรทำ
1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	1.สร้างความสนใจ 2.สร้างความอยากรู้อยากเห็น 3.ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่	1.อธิบายความคิดรวบยอด 2.ให้คำจำกัดความและคำตอบ 3.สรุปประเด็นให้ 4.จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่

ตาราง 7 (ต่อ) บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่ครูไม่ควรทำ
	นักเรียนรู้ หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ	บรรยาย
2. ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน 	<ol style="list-style-type: none"> เตรียมคำตอบไว้ให้ บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหานำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน
3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด 	<ol style="list-style-type: none"> ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือความคิดรวบยอดหรือทักษะ
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว 	<ol style="list-style-type: none"> ให้คำตอบที่ชัดเจน บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก ใช้เวลามากในการบรรยาย

ตาราง 7 (ต่อ) บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่ครูไม่ควรทำ
	<p>2. ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่</p> <p>3. ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลายให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร (ที่จะนำกลวิธีจากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)</p>	<p>4. นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน</p> <p>อธิบายวิธีการแก้ปัญหา</p>
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	<p>1. สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้</p> <p>2. ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน</p> <p>3. หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิด หรือพฤติกรรม</p> <p>4. ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่มคำถามปลายเปิด เช่น ทำให้นักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไรนักเรียนเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้น และจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร</p>	<p>1. ทดสอบคำนิยามศัพท์ และข้อเท็จจริง</p> <p>2. ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่</p> <p>3. ทำให้คลุมเครือ</p> <p>4. ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ</p>

ที่มา: (ภาพ เล่าห์ไพบูลย์, 2540; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

นอกจากบทบาทของครูแล้ว ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะต้องมีพฤติกรรมที่สอดคล้องดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตาราง 8 บทบาทของนักเรียนในการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	สิ่งที่นักเรียนไม่ควรทำ
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ol style="list-style-type: none"> ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้นฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ แสดงความสนใจ 	<ol style="list-style-type: none"> ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย มีวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว
2. ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น ลงข้อสรุป 	<ol style="list-style-type: none"> ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ
3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย 	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม ยกตัวอย่างที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้

ตารางที่ 8 (ต่อ) บทบาทของนักเรียนในการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	สิ่งที่นักเรียนไม่ควรทำ
	5.อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว 6.ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก/สังเกต ในการอธิบาย	
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	1. นำการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำ อธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ใน สถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับ สถานการณ์เดิม 2. ใช้ข้อมูลเพิ่มเติมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง 3. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจาก หลักฐานที่ปรากฏ 4. บันทึกการสังเกตและอธิบาย ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ	1. ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน 2. ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ 3. อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้ หรือกำหนดให้
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	1. ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การ สังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ ยอมรับมาแล้ว 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ 3. ประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง 4. ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบ ต่อไป	1. ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐาน หรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับ มาแล้ว 2. ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและ อธิบายให้คำจำกัดความ/ความจำ 3. ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความ เข้าใจด้วยคำพูดของตนเอง

ที่มา: (ภพ เลหาไพบุลย์, 2540; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

จากการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังที่กล่าวมา เชื่อว่าจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสุขสนุกสนานในการเรียน ชอบค้นหาคำตอบของปัญหามากขึ้น นักเรียนรู้สึกตื่นตัวในการเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา ทำให้การเรียนการสอนเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ได้ด้วยตัวเอง จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ครูจะมีบทบาทเพียงการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสืบค้นความรู้ด้วยตัวเอง ครูเป็นเพียงผู้สนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ นอกจากนี้ทักษะที่สำคัญสำหรับครูคือการใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนให้สืบค้นเสาะแสวงหาความรู้ และยังจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลร่วมกัน

สะเต็มศึกษา

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา ได้มีนักวิชาการและผู้รู้ได้เห็นนิยาม ไว้หลายท่านดังนี้

Breiner (2012) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรม และวิชาคณิตศาสตร์ ให้รวมเป็นหนึ่งเดียว

O'Neill (2012) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของวิชาทั้ง 4 วิชา และสามารถนำไปออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริงได้

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ (2555 อ้างอิงจาก พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า เป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชาที่มีความสำคัญเท่ากัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างสรรค์และ พัฒนาสิ่งต่างๆ

มนตรี จุฬาวัดนทล (2556) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้เกิดการสร้างสร้งสิ่งใหม่ๆ ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา

พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระ (Interdisciplinary Integration) 4 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ได้

สิรินภา กิจเกื้อกุล (2558) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology)

วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบ และคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง

ดังนั้น จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงข้อสรุปความหมายของสะเต็มศึกษาคือเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ โดยการบูรณาการความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ เข้าเป็นองค์ความรู้เดียว โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงานการออกแบบจากปัญหาที่เกิดขึ้น

2. ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

จากการสืบค้นข้อมูลความเป็นมาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้มีนักวิชาการหลายท่าน (Breiner, 2012; Dejarnette, 2012; Zollman, 2012) ได้อธิบายไว้ดังนี้

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เดิมเริ่มจากการที่ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ต้องการที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ ในการพัฒนานักเรียนให้มีความเข้มแข็งในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ต่อมา มีการสอนแบบบูรณาการโดยเพิ่มวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีเข้าไป จึงทำให้ STEM Education เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ดังนั้น ความหมายของสะเต็มศึกษาคือ การเกษตร สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ การศึกษา และการแพทย์ สะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกัน อย่างลงตัว นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนา ทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

3. ลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการสืบค้นข้อมูลลักษณะการจัดการเรียนการสอนของสะเต็มศึกษา Capraro และคณะ (2013) ได้อธิบายไว้ดังนี้

ในการนำแนวคิดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สามารถทำได้ 9 แนวทาง ดังนี้ 1) จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจสนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง 2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้ท้าทายความสามารถของผู้เรียน 3) จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ 4) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 5) จัดกิจกรรม

การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานโดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน 6) เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ 7) เป็นพี่เลี้ยง 8) ป้อนคำถามและตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด 9) ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังที่กล่าวมานี้ สามารถแบ่งเป็นลักษณะการสอนแบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

3.1 การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่างได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) โดยได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกัน กล่าวคือธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น และประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาเทคโนโลยีธรรมชาติของวิชาเทคโนโลยีนั้น เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ ที่ตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจกัน วิชาวิศวกรรมศาสตร์ธรรมชาติของวิศวกรรมศาสตร์นั้น เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ในระดับอุดมศึกษา แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน วิชาคณิตศาสตร์ธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์นั้น เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ คือ 1) กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/การจัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาทางคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจ ความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารเช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ และ 3) ส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

3.2 การสอนแบบบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบโครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning) การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) การสอนแบบใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-based Learning) ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าไรก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนวัยเรียน (Pre-School) ด้วย

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการสอนแบบสะเต็มศึกษา สามารถจัดการเรียนการสอนได้ในทุกระดับและทุกช่วงวัย ซึ่งการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นจะมุ่งเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้ด้วยตัวเอง จนเกิดการพัฒนาและนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานและแนวคิดใหม่ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิต

4. ลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น จะมีลักษณะของกิจกรรมที่ส่งเสริมกันโดยมีนักวิชาการได้อธิบายไว้ ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556; มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556; อภิสสิทธิ์ ธงไชย, 2556)

1. ลักษณะเป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของ STEM ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนแบบสืบเสาะซึ่งเป็นแนวทางที่ทำให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา โดยผ่านการลงมือปฏิบัติและทดลองจริงเพื่อให้นักเรียนเข้าใจทั้งเนื้อหาและแนวคิดของเนื้อหาที่เรียนแต่ละครั้ง

2. ลักษณะการสอนที่ใช้ปัญหาหรือโครงการเป็นฐานการสอนแบบใช้ปัญหาหรือโครงการเป็นฐาน เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา ทดลอง มีลักษณะที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนที่สนใจเรียนวิทยาศาสตร์ โดยในการเรียนแบบโครงการเป็นฐานนั้น จะทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ร่วมกันถาม ร่วมกันแก้ปัญหาเพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตเพื่อศึกษาและหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์โดยตรงของนักเรียนและรวมทั้งมีการใช้สื่อเทคโนโลยีเข้าร่วม จนนำไปสู่โครงการเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ขึ้นใช้แก้ปัญหาในที่สุด

3. ลักษณะการบูรณาการสื่อเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในที่นี้หมายถึง การนำสื่อเทคโนโลยีมาช่วยในการส่งเสริมการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยบางเนื้อหาที่นักเรียนจะต้อง

สืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาโดยใช้สื่อ เช่น อินเทอร์เน็ต การได้รับการปรับปรุงการเรียนการสอนให้ทันสมัย และสามารถบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเข้าไปในห้องเรียนได้

จากการศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้ทราบถึงการบูรณาการการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน เข้าใจขอบเขตของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5.บริบทในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา (2559) ได้กำหนดนิยามของ “สะเต็มศึกษา” ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 อีกทั้ง ได้มีการกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้ไว้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา

เป็นขั้นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

เป็นขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science+Math & Technology)

เป็นขั้นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)

เป็นขั้นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)

เป็นขั้นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

เป็นขั้นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาครูต้องจัดเตรียมกิจกรรมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและความสามารถของผู้เรียน และครูจะต้องมีบทบาทในการสอนที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 9

ตาราง 9 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทในกิจกรรมการเรียนการสอน	
	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1.ระบุปัญหา (Problem Identification)	ครูสร้างสถานการณ์ในการเรียนรู้ให้นักเรียน ผ่านสถานการณ์ปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา	นักเรียนวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา
2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	ครูส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา แนะนำการสืบค้นข้อมูลที่สามารถใช้ได้	นักเรียนหาข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเพื่อแก้ปัญหา
3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	ครูคอยดูแลและส่งเสริมให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน	นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา
4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	ครูคอยดูแลและส่งเสริมให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน	นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาสร้างชิ้นงาน

ตาราง 9 (ต่อ) บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทในกิจกรรมการเรียนการสอน	
	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)	ครูสังเกตการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานของนักเรียน	นักเรียนทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นนำผลที่ได้ไปปรับปรุงชิ้นงาน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	ครูรับฟังความคิดเห็นในการนำเสนอของนักเรียน	นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ

ที่มา: (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561; สุทธิดา จำรัส, 2560)

จากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เชื่อว่าจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสุขสนุกสนานในกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดในหลายมิติ คิดแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ และสามารถตรวจสอบความรู้ที่เกิดขึ้นผ่านการทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์อย่างยั่งยืน

6. สะเต็มศึกษากับประเทศไทย

เมื่อมองย้อนกลับมาที่ระบบการศึกษาในประเทศไทย พบว่าการเรียนการสอนในปัจจุบันไม่ได้สอดคล้องตามแนวทางการพัฒนาประเทศอย่างเท่าที่ควร ประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบเดิมๆ มาเป็นรูปแบบวิธีการเรียนการสอนแบบ STEM เพื่อพัฒนานักเรียนให้พร้อมรับกับการพัฒนาประเทศ ดังนี้ (มนตรี จุฬาวัดทนล, 2556)

1. ความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนไทยด้อยกว่านานาชาติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยโดยรวมยังมีทักษะความรู้และทักษะด้านการอ่าน วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ยังพ้้นักเรียนอีกหลายประเทศสาเหตุหลักเกิดจากการเรียนการสอนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์

2. ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางในอดีต ประเทศไทยมีรายได้ต่ำ แต่ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยการพัฒนาที่อาศัยค่าแรงราคาถูกและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมากมายในประเทศ ในอนาคตข้างหน้า ค่าแรงของประเทศไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้นและทรัพยากรเริ่มขาดแคลน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มรายได้สูงขึ้นเพื่อให้เกิดความสมดุลกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด

3. กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคตได้ซึ่งจากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ แสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีกำลังแรงงานประมาณ 39 ล้านคน แต่มีประมาณ 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละสิบของแรงงานทั้งหมดที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี หรือ กำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) การนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทยนั้น จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างเครือข่ายพันธมิตรกับหลายหน่วยงานภายใต้การดำเนินงานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นับตั้งแต่โรงเรียนสถาบันอาชีวศึกษาสถาบันอุดมศึกษา ส่วนราชการในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ รวมทั้งขอความร่วมมือจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในฐานะเป็นนายจ้าง ผู้ที่สำเร็จการศึกษาทุกสาขาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจะรวมเรียกว่ากำลังคนด้านสะเต็มศึกษา นายจ้างเหล่านี้จะมีผู้เชี่ยวชาญที่จัดทำหน้าที่เป็น “ทูตสะเต็มศึกษา” ที่คอยเชื่อมโยงระหว่างสถานประกอบการกับหน่วยงานการศึกษา คอยถ่ายทอดประสบการณ์การทำงาน และอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนได้เยี่ยมชมหรือฝึกงานได้ หรือคอยทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำแก่ครูและนักเรียนในโรงเรียนหรือสถานศึกษา ให้อำนาจงานที่ต้องใช้ความรู้และทักษะในการวิเคราะห์ ทั้งนี้ก็เพื่อสร้างความคุ้นเคยและความเชื่อมั่นของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความจำเป็นอย่างมากในการขับเคลื่อนหรือพัฒนาประเทศ เพราะการมีบุคลากรที่มีคุณภาพเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศให้มีประสิทธิภาพ และพัฒนาอย่างรวดเร็วตามกระแสโลก นอกจากนี้ยังส่งเสริมในนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาใช้ความคิดอย่างสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา มีขั้นตอนการคิดอย่างเป็นระบบตามหลักของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เพื่อให้เข้าใจในความหมายและความแตกต่างระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้สืบค้นทั้งความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความหมายความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) มีผู้รู้ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายท่าน แต่นิยามของนักจิตวิทยาทางการศึกษาที่ได้รับการยอมรับและถูกนำไปใช้ มีดังนี้

ทอร์เรนซ์ (Torrance, 1990) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์คือความคิดของบุคคลที่ไวต่อการแก้ปัญหา ไวต่อการแยกแยะสิ่งต่างๆ และคิดแก้ปัญหาได้หลากหลาย ไวต่อการตั้งสมมติฐานทางความคิดที่เกี่ยวกับปัญหา จนนำไปสู่การแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นรูปธรรมแก่ผู้อื่น โดยความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลจะมีขีดความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ที่แตกต่างกันอย่างไม่ขีดจำกัด

กิลฟอร์ด (Guilford, 1959 อ้างอิงจาก สุวิทย์ มูลคำ, 2547) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองในการคิด ซึ่งมีองค์ประกอบในการคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ซึ่งจะสามารถสังเคราะห์ความคิดและประมวลความคิดตามหลักเหตุผลเพื่อหาคำตอบของปัญหาเป็นหนึ่งเดียว โดย กิลฟอร์ดเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้น เป็นสิ่งเฉพาะตัวที่เกิดขึ้น แต่ละคนจะมีสภาวะความคิดสร้างสรรค์ที่ไม่เท่ากันนอกจากนี้การแสดงออกซึ่งสภาวะความคิดสร้างสรรค์ก็ไม่เท่ากัน

จากความหมายความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์หมายถึงความสามารถในการคิด การแก้ปัญหา การเชื่อมโยงปัญหาด้วยความคิดอย่างลึกซึ้งและมีจินตนาการที่กว้างไกลเป็นอิสระโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นองค์ประกอบสำคัญ จนทำให้เกิดความคิดที่แปลกใหม่ขึ้น

2. ความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

มีผู้ที่ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Moravosik (อ้างอิงจาก ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2539) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือความสามารถในการนำความคิดในจินตนาการมาประยุกต์ใช้ให้เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันโดยการนำหลังการทางวิทยาศาสตร์มาใช้

Hu, Adey, & London, (2002) ได้กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาร่วม เช่น การตั้งคำถาม การทดลอง การหาคำตอบ เป็นต้น ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องใช้ความรู้และสติปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต่างจากความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นเพียงการคิดที่ไร้ขอบเขต โดยไม่จำเป็นต้องนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง

ทัศนีย์ พลภุชชลธาร (2517 อ้างอิงจาก กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน, 2550) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็น การแสดงความคิดริเริ่ม ความคล่องในการคิด และความคิดยืดหยุ่นในการคิดแก้ปัญหาโดยนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้

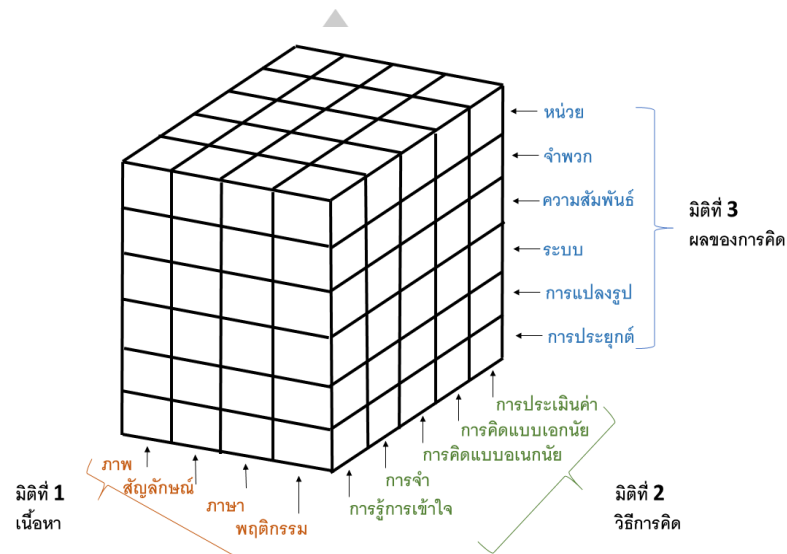
จุลจักร โนนพันธ์ (2529 อ้างอิงจาก ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2539) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ ที่จะทำให้เกิดการคิดแก้ปัญหาได้หลายแนวทางโดยใช้กระบวนการคิดตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ประทุม อัดชู (2535) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางของการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ การแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะได้มาซึ่งนวัตกรรมใหม่ที่ได้จากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะเห็นว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นการคิดที่มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วยแก้ปัญหา การแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะต้องอิงอยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และมีการตรวจสอบความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดสอบ การทดลอง การวิจัย

3.องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

กิลฟอร์ด (อ้างอิงจาก สุวิทย์ มูลคำ, 2547) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของสติปัญญา โดยได้ให้ความสนใจกับความคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหาที่มีเหตุผล จนในที่สุดได้นำเสนอโครงสร้างของสมรรถนะภาพทางสมองหรือแบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญา (The Structure of Intellect Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ครอบคลุมสมรรถนะภาพทางสมอง โดยได้อธิบายโครงสร้างของสมรรถนะภาพทางสมองไว้ในลักษณะ 3 มิติ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด

จากโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ดได้แบ่งสมรรถภาพทางสมองออกเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 ด้านเนื้อหา (Content) หมายถึง เนื้อหาของข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อในการคิดที่สมองรับเข้าไปคิด แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

1.ภาพ (Figural : F) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม เป็นรูปที่แน่นอน ซึ่งบุคคลสามารถรับรู้และทำให้เกิดความรู้สึกนึกคิดได้ เช่น ภาพวาด ภาพถ่าย คน สัตว์ สิ่งของ เป็นต้น

2.สัญลักษณ์ (Symbolic : S) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข โน้ตดนตรี เป็นต้น

3.ภาษา (Semantic : M) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่อยู่ในรูปของถ้อยคำที่มีความหมายต่างๆ

4.พฤติกรรม (Behavior : B) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นการแสดงออกทางกิริยาอาการ การกระทำที่สามารถสังเกตเห็น เช่น ยิ้ม ร้องไห้ หัวเราะ เป็นต้น

มิติที่ 2 ด้านวิธีการคิด (Operation) หมายถึง มิติที่แสดงลักษณะกระบวนการปฏิบัติงานหรือกระบวนการคิดของสมอง แบ่งออกตามลำดับได้ 5 ลักษณะ คือ

1.การรู้การเข้าใจ (Cognition : C) หมายถึง ความสามารถในการตีความของสมองเมื่อเห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรับรู้เข้าใจในสิ่งนั้น และบอกได้ว่าเป็นอะไร

2.การจำ (Memory : M) หมายถึง ความสามารถในการเก็บสะสมความรู้ และ ข้อมูลต่าง ๆ เช่น จำสูตรพีลิสส์ จำสูตรคูณ จำตัวเลขรถยนต์ เป็นต้น

3.การคิดแบบอนกนัย หรือความคิดกระจาย (Divergent Thinking : D) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หลายรูปแบบ หลายแง่มุมแตกต่างกันไป

4.การคิดแบบเอกนัย หรือความคิดรวบยอด (Convergent Thinking : N) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุดจากข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่กำหนด และคำตอบที่ ถูกต้องมีเพียงคำตอบเดียว

5.การประเมินค่า (Evaluation : E) หมายถึง ความสามารถในการตีค่า ประเมิน ราคาลงสรุปโดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด

มิติที่ 3 ด้านผลของการคิด (Product) เป็นมิติที่แสดงผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทาง สมอง หรือกระบวนการคิดทางสมอง หลังจากทีสมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้าจากมิติที่ 1 และ ตอบสนองต่อข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่ได้รับจากมิติที่ 2 แล้ว จะนำไปสู่ผลที่ได้เป็นมิติที่ 3 หรืออาจกล่าวได้ อีกอย่างว่า ผลของการคิดเกิดจากการทำงานของมิติที่ 1 และมิติที่ 2 นั้นเอง ซึ่งผลของการคิดแบ่ง ออกเป็น 6 ลักษณะดังนี้

1.หน่วย (Unit : U) หมายถึง สิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่ง อื่นเช่น คน สัตว์ ช้าง กระดานดำ เป็นต้น

2.จำพวก (Class : C) หมายถึง ประเภท หรือจำพวกหรือกลุ่มของหน่วยที่มี คุณสมบัติหรือลักษณะร่วมกัน เช่น สิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่งอื่นเช่นคนสัตว์ช้าง กระดานดำ เป็นต้น

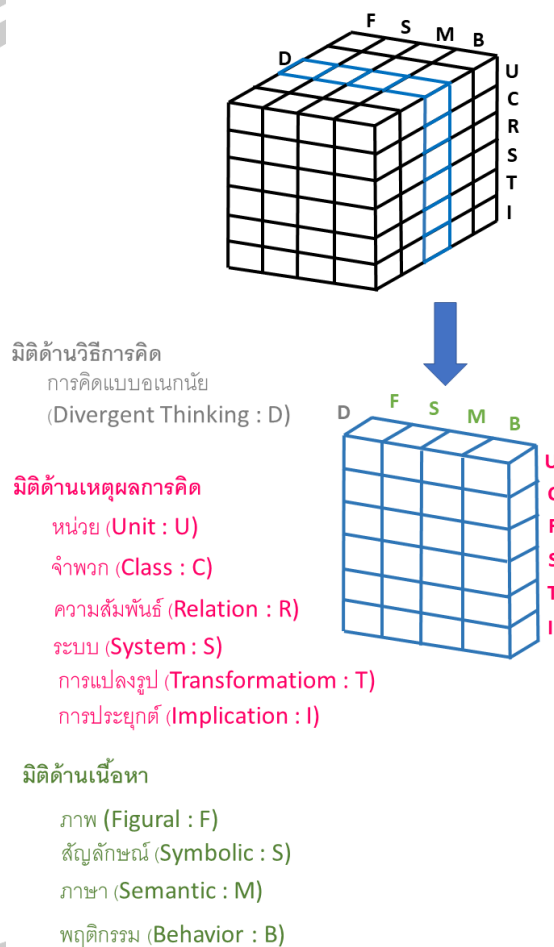
3.ความสัมพันธ์ (Relation : R) หมายถึง ผลของการเชื่อมโยงความคิดหลาย ประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ ความสัมพันธ์อาจอยู่ในรูปของหน่วย กับหน่วย จำพวกกับจำพวก หรือ ระบบกับระบบ เป็นต้น

4.ระบบ (System : S) หมายถึง การเชื่อมโยงกลุ่มของสิ่งเร้าโดยอาศัยกฎเกณฑ์ หรือระเบียบแบบแผนบางอย่าง เช่น 1 3 5 7 9 ... เป็นระบบเลขคี่ เป็นต้น

5.การแปลงรูป (Transformation : T) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปรับปรุง ดัดแปลง ติความ ขยายความ การให้นิยามใหม่หรือการจัดองค์ประกอบใหม่

6.การประยุกต์ (Implication : I) หมายถึง การคาดคะเนหรือทำนาย ปรากฏการณ์จากข้อมูลสิ่งเร้าที่กำหนดไว้

จากโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดที่กล่าวมา กิลฟอร์ดสามารถแบ่งองค์ประกอบทางความคิดออกได้ถึง 120 องค์ประกอบ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์นั้นได้ถูกอธิบายไว้ใน 3 มิติ คือ ด้านเนื้อหา ด้านวิธีการ และผลของการคิด ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์มีลักษณะการคิดแบบบอบเนกนัยซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 มิติการคิด คือมิติด้านเนื้อหา มีองค์ประกอบย่อย 4 ประการ ได้แก่ รูปภาพ สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม อีกมิติหนึ่งคือมิติของผลการคิดมีองค์ประกอบย่อย 6 ประการ ได้แก่ หน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูปและการประยุกต์ ดังนั้นแล้วนั้นความคิดสร้างสรรค์จะมีองค์ประกอบทั้งหมด 24 องค์ประกอบ หรือมีความสามารถทั้งหมด 24 เซลล์นั่นเองซึ่งแสดงดังภาพข้างต้น

จากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ดที่ได้อธิบายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถทางสมอง หรือลักษณะการคิดอเนกนัย เป็นการคิดแบบกระจาย ซึ่งลักษณะของความคิดสร้างสรรค์สามารถแบ่ง เป็นองค์ประกอบของการคิดได้ (อารี พันธมณี, 2547) ดังนี้

2.1 ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การคิดที่แปลกใหม่และมีความน่าสนใจ แตกต่างจากความคิดอื่นที่เคยมีมา ลักษณะความคิดนี้อาจถูกแสดงออกมาในหลายรูปแบบแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล โดยในการแสดงออกนั้นอาจจะแสดงออกในรูปแบบกระบวนการคิด ตัวอย่าง การตีความหมายของภาพวาด การรับรู้เนื้อหาต่างๆที่ผ่านเข้ามา การมองภาพวาดที่เหมือนกันของบุคคล แต่มีความคิดที่ให้ความคิดที่ไม่เหมือนกัน ความคิดริเริ่มเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น นักจัดรายการโทรทัศน์ต้องหาแนวทางใหม่หรือรูปแบบการจัดรายการแบบใหม่ๆอยู่เสมอเพื่อให้มีความน่าสนใจ ซึ่งการมีความคิดสร้างสรรค์เองจะช่วยแก้ปัญหาในการจัดรายการดังที่กล่าวมา

2.2 ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดที่มีความหลากหลาย ภายใต้ข้อจำกัดของเวลา เป็นความหลากหลายของทิศทางความคิดที่จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนการคิดอย่างมีคุณภาพ เพื่อแก้ปัญหาต่างๆต่อไป ซึ่งแบ่งเป็นลักษณะการคิดคล่องในแต่ละด้าน ดังนี้

2.2.1 ความคิดคล่องด้านถ้อยคำ (Word fluency) เป็นความสามารถในการเลือกใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2.2 ความคิดคล่องด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถในการเลือกใช้ถ้อยคำที่มีความหมายใกล้เคียงกัน เข้ามาทดแทนเพื่อให้ความหมายที่เหมือนกันภายใต้เวลาที่มีจำกัด

2.2.3 ความคิดคล่องด้านการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถที่แสดงออกมาซึ่งเกิดจากการเรียงคำให้มีความหมาย แล้วแสดงออกมาตามสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม

2.2.4 ความคิดคล่องด้านการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถในการคิดประกอบกับเหตุผล โดยสามารถคิดได้หลายทิศทางและหลากหลายในเวลาทีรวดเร็ว

2.3 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความคิดแบบใหม่นอกกรอบแนวคิดที่คุ้นเคย เป็นความคิดที่สนับสนุนให้ความคิดคล่องมีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งความยืดหยุ่นช่วยให้เห็นการคิดที่กว้างขึ้นในแง่มุมต่างๆ นำไปสู่การคิดอย่างสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพ

2.4 ความคิดละเอียดละออ (Elaboration) หมายถึง การคิดที่มีรายละเอียดปลีกย่อยเพิ่มเข้ามาเติมแต่งให้ความคิดหลักมีความสมบูรณ์มากขึ้น ความละเอียดละออจะสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเกต ไม่ละเลยสิ่งเล็กน้อยที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการบวนการแก้ปัญหา

นอกจากนั้น สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือเรียกว่าลักษณะการคิดแบบอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือที่เรียกว่า wild idea เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่
2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณที่มากในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง
4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

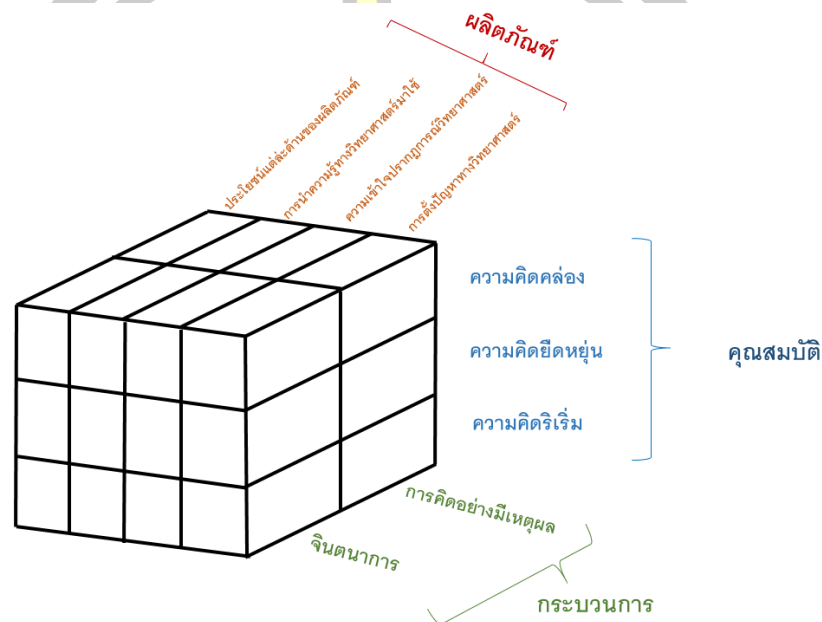
จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะการคิดเฉพาะบุคคล เป็นความสามารถในการคิดที่มีในทุกคนตามแต่ระดับการคิดการของแต่ละบุคคล เป็นความสามารถทางการคิดหลายทิศทาง (Divergent thinking) ที่ประกอบด้วยความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ขึ้นกับสมรรถภาพทางสติปัญญา ดังนั้นแล้วในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สามารถสอนโดยการส่งเสริมให้นักเรียนมีระดับความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้นได้ ด้วยการส่งเสริมให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และหลากหลายวิธี

4. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Torrance (1990) ได้พิจารณาองค์ประกอบของการคิดแบบหลายทิศทางหรือการคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) เช่น ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ และได้ให้ความหมายของความคิดคล่องแคล่ว หมายถึงจำนวนของความคิดที่ผลิตขึ้นมา ความคิดยืดหยุ่น คือความสามารถในการเปลี่ยนแนวทางการคิดได้หลากหลายวิธี ส่วนความคิดริเริ่ม หมายถึงความคิดที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นเป็นคำตอบที่หาได้ยากซึ่งเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในประชากร

Lubart (1999) ได้ชี้ให้เห็นว่าการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถนำไปสู่การอย่างคิดสร้างสรรค์ได้ เพราะถ้ามีการคิดแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์ นอกจากนี้ความไวต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วย

ทำให้ต่อมา (Hu et al., 2002) ได้พัฒนาแบบจำลองโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ Scientific Structure Creativity Model (SSCM) ที่เกิดจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของการคิด โดยได้นำเสนอผ่านทฤษฎีที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามโครงสร้างขององค์ประกอบ ดังภาพที่ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (SSCM)
ที่มา: (ธิตยา คำควร, 2558)

Hu และคณะ (2002) พัฒนาแบบจำลองโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยได้รับอิทธิพลมาจากแบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford ทำให้รูปแบบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะไม่แตกต่างกันมากในด้านคุณสมบัติ นอกจากนี้ Hu และ Aday ยังได้อธิบายโครงสร้างของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1.ด้านคุณสมบัติ (Trail) เป็นลักษณะของของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยที่แสดงถึงคุณสมบัติของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1.1 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบ รวดเร็ว และมีปริมาณของคำตอบหรือวิธีการที่มากในเวลาจำกัด แบ่งออกเป็น

1.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง มีลักษณะของวิธีการหาคำตอบได้หลากหลาย

1.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่าง จากความคิดของคนอื่น เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ความรู้หรือ ประสบการณ์ที่มี

2.ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง ผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมอง หรือ กระบวนการคิดทางสมองหลังจากที่สมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้า ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ (Technical Product) หมายถึง ผลการของ ความรู้หรือหรือผลของการคิด

2.2 การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ (Science Knowledge) หมายถึง การนำความรู้หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้กับผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์

2.3 ความเข้าใจในปรากฏการณ์ (Science Phenomena) หมายถึง การรับรู้ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เป็นไปโดยหลักการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ต่าง ๆ ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

2.4 การตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Science Problem) หมายถึง การ ตั้งสมมติฐาน การวางเงื่อนไขของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยเป็นไปตามหลักการและกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์

3.ด้านกระบวนการ (Process) หมายถึง กระบวนการคิดการประมวลผลทางสมองที่มี ในแต่ละบุคคลแตกต่างกันไป ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

3.1 การคิดอย่างมีเหตุผล (Thinking) หมายถึง การประมวลผลทางสมองโดยใช้ ตรรกะหรือข้อมูลต่าง ๆ เพื่อช่วยคาดการณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

3.2 จินตนาการ (Imagination) หมายถึง การคิดสร้างภาพ ปรากฏการณ์ หรือ เหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

จากข้อมูลดังกล่าวมา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นเป็นกระบวนการคิดที่ เกิดจากการใช้เหตุผลหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งเป็นการคิดก่อให้เกิดการ พัฒนาทางสติปัญญา การแก้ปัญหา การคิดค้นคว้าความรู้เพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สามารถหา วิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ได้อย่างสร้างสรรค์

5. การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.1 เทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming)

Clayphan และคณะ (2014) ได้ให้ความหมายและอธิบายเทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming) ไว้ว่า การระดมสมองเป็นวิธีสอนที่ใช้ในการอภิปรายโดยทันที ไม่มีใครกระตุ้น กลุ่มผู้เรียนเพื่อหาคำตอบหรือทางเลือกสำหรับปัญหาที่กำหนดอย่างรวดเร็วในระยะเวลานั้น โดยในขณะนั้นจะไม่มี การตัดสินว่า คำตอบหรือทางเลือกใดดีหรือไม่อย่างไร แต่เป็นการนำความรู้ที่มีอยู่แล้ว ออกมาใช้ ผู้เรียนมีอิสระในทางความคิด ไม่ต้องไปกังวลว่าสิ่งที่คิดออกมาสัมพันธ์กับประเด็นที่ตั้งไว้หรือไม่ จะถูกหรือผิด

ลักษณะสำคัญเทคนิคการระดมสมองคือผู้เรียนแบ่งเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ช่วยกันคิดหาคำตอบหรือทางเลือก สำหรับปัญหาที่กำหนดให้มากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ แล้วช่วยกันพิจารณาเลือกทางเลือก ที่ดีที่สุด ซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งทาง

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ครูกำหนดประเด็นปัญหา หรือเหตุการณ์ที่ท้าทาย หรือเป็นเหตุการณ์ที่จำเป็นเร่งด่วน “เราจะแก้ปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครได้อย่างไร”
2. แบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 6 – 8 คน
3. นักเรียนร่วมกันระดมความคิด หาวิธีการในการแก้ปัญหา หรือวิธีการที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจ
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณากลั่นกรองประเด็นข้อเสนอของสมาชิก และคัดเลือกประเด็นที่เป็นไปได้ และมีความเหมาะสม
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ได้คัดเลือกไว้โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมกับสภาพ
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปประเด็น หรือ วิธีการที่กลุ่มจะนำไปดำเนินการ 1-2 ประเด็น
7. กลุ่มนำวิธีการที่ได้จากข้อสรุปไปวางแผนกำหนดขั้นตอนการดำเนินการต่อไป

วิธีการสอนแบบระดมสมอง เป็นวิธีสอนที่ใช้ในการอภิปรายโดยทันที ไม่มีใครกระตุ้น กลุ่มผู้เรียนเพื่อหาคำตอบหรือทางเลือกสำหรับปัญหาที่กำหนดอย่างรวดเร็ว เป็นการนำความรู้ที่มีอยู่แล้ว ออกมาใช้ ผู้เรียนมีอิสระในทางความคิด ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในความคิด

5.2 การสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning)

วิลลาร์ด สุนทรโรจน์ (2545) ได้ให้ความหมายของโครงงานว่า เป็นกระบวนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการทำวิจัยเล็ก ๆ ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้ทักษะและสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพระเบียบวิธีการดำเนินการ เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์หลักของการ

สอนแบบโครงงาน ต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักการสังเกต รู้จักการตั้งสมมติฐาน รู้จักวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและตอบคำถามที่อยากรู้ สามารถสรุป และทำความเข้าใจกับสิ่งที่ค้นพบได้

สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2555) ได้ให้ความหมายการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานว่าเป็นการดำเนินโครงงานอย่างเป็นระบบ มีการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ แก้ปัญหา กำหนดเวลาแล้วเสร็จและสามารถประเมินผลได้ การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ในการปฏิบัติงานจริงโดยใช้โครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล ได้ทำการทดลอง ได้พิสูจน์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง รู้จักการวางแผนการทำงาน ฝึกการเป็นผู้นำ ผู้ตาม ตลอดจนได้พัฒนากระบวนการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูงและการประเมิน

5.2.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบโครงงาน ได้ดังนี้

1. ชี้นำเสนอ หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาความรู้ กำหนดสถานการณ์ ศึกษาสถานการณ์ เล่นเกม ดูรูปภาพ หรือผู้สอนใช้เทคนิคการตั้งคำถามเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน เช่น สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรและสาระการเรียนรู้ที่เป็นขั้นตอนของโครงงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการเรียนรู้

2. ชี้นำวางแผน หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผน โดยการระดมความคิด อภิปรายหรือข้อสรุปของกลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ

3. ชี้นำปฏิบัติ หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรม เขียนสรุปรายงานผลที่เกิดขึ้นจากการวางแผนร่วมกัน

4. ชี้นำประเมินผล หมายถึง ขั้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีผู้สอน ผู้เรียนและเพื่อนร่วมกัน ประเมิน

5.2.2 ประเภทของโครงงาน

ชาติรี เกิดธรรม (อ้างอิงจาก จันทนา สอนทองแดง, 2551) ได้จำแนกโครงงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียน ออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ โครงงานที่แบ่งตามระดับการให้คำปรึกษาของครู และโครงงานที่แบ่งตามลักษณะกิจกรรม ดังนี้

1. โครงงานที่แบ่งตามระดับการให้คำปรึกษาของครูหรือ ระดับการมีบทบาทของผู้เรียน

1.1) โครงการงานตามสาระการเรียนรู้ เป็นโครงการที่ใช้เนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ เป็นพื้นฐานในการทำโครงการ โดยมีการบูรณาการความรู้เข้าด้วยกัน

1.2) โครงการงานตามความสนใจ เป็นโครงการที่ผู้เรียนสามารถกำหนดขึ้นมาตามความสนใจ และความถนัดโดยเป็นการนำความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมจากกลุ่มสาระการเรียนรู้มาบูรณาการเข้าด้วยกัน

2. โครงการงานที่แบ่งตามลักษณะกิจกรรม

2.1) โครงการงานเชิงสำรวจ (Survey Project) ลักษณะกิจกรรมคือผู้เรียนสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เห็นลักษณะหรือความสัมพันธ์ในเรื่องที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.2) โครงการงานเชิงการทดลอง (Experiential Project) ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการประเภทนี้จะประกอบด้วยกำหนัดปัญหา การกำหนัดจุดประสงค์ การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและการสรุป

2.3) โครงการงานเชิงพัฒนา สร้างสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง (Development Project) เป็นโครงการเกี่ยวกับการประยุกต์องค์ความรู้ ทฤษฎี หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือศาสตร์ด้านอื่น ๆ มาพัฒนา สร้างสิ่งประดิษฐ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ แบบจำลอง เพื่อประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็ได้ อาจจะเป็นด้านสังคม หรือด้านวิทยาศาสตร์ หรือการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายแนวคิดต่าง ๆ

2.4) โครงการงานเชิง แนวคิดทฤษฎี (Theoretical Project) เป็นโครงการนำเสนอทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดใหม่ ๆ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสูตรสมการ หรือคำอธิบายก็ได้ โดยผู้เสนอได้ตั้งกติกาหรือข้อตกลงขึ้นมาเอง แล้วนำเสนอทฤษฎี หลักการหรือแนวคิด หรือจินตนาการของตนเองตามกติกาหรือข้อตกลงนั้น หรืออาจจะใช้กติกาหรือข้อตกลงเดิมมาอธิบายก็ได้ ผลการอธิบายอาจจะใหม่ยังไม่มีใครคิดมาก่อน หรืออาจจะขัดแย้งกับทฤษฎีเดิม หรืออาจจะเป็นการขยายทฤษฎีหรือแนวคิดเดิมก็ได้ การทำโครงการประเภทนี้ต้องมีการศึกษาค้นคว้าพื้นฐานความรู้ ในเรื่องนั้นๆ อย่างกว้างขวาง

2.5) โครงการงานด้านบริการสังคมและส่งเสริมความเป็นธรรมในสังคม (Community Service and Social Justice Project) เป็นโครงการที่มุ่งให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า

ประเด็นที่เป็นปัญหา ความต้องการในชุมชนท้องถิ่นและดำเนินกิจกรรมเพื่อทำให้บริการทางสังคม หรือร่วมกับชุมชน องค์กรอื่นๆ ในการแก้ปัญหา หรือพัฒนาในเรื่องนั้นๆ

2.6) โครงการงานด้านศิลปะและการแสดง (Art and Performance Project)

เป็นโครงการที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้จากการเรียนตามหลักสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านภาษาและสังคม มาต่อยอด สร้างผลงานด้านศิลปะและการแสดง เช่นงานศิลปกรรม ประติมากรรม หนังสือการ์ตูน การแต่งเพลง ดนตรี แสดงคอนเสิร์ต การแสดงละคร การสร้างภาพยนตร์สั้น ฯลฯ

2.7) โครงการงานเชิงบูรณาการการเรียนรู้ เป็นโครงการที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียน

บูรณาการเชื่อมโยงความรู้จากต่างสาระการเรียนรู้ตั้งแต่ สองสาขาวิชาขึ้นไป มาดำเนินการแก้ปัญหา หรือสร้างประเด็นการศึกษาค้นคว้า ทั้งในแง่มิติเชิงประวัติศาสตร์ ทักษะการประกอบอาชีพข้าม สาขาวิชา การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม สังคม ที่ต้องนำความรู้ต่างสาขา มาประยุกต์ใช้ การคิดค้นสร้าง นวัตกรรมจากการบูรณาการความรู้ ฯลฯ

การจัดกิจกรรมการสอนแบบโครงการเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ ผ่านประสบการณ์การทำงานที่มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นแล้วจึงเป็นการสอนที่นักเรียนสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมาก และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

6. การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้อธิบายลักษณะการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการวัดเพื่อประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือได้หลายรูปแบบทั้งแบบสำรวจและแบบทดสอบ โดยการวัดสามารถนำแบบทดสอบนี้มาใช้ได้ การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้กับบุคคลทุกระดับชั้นทุกการศึกษาและทุกช่วงอายุ แต่การนำแบบทดสอบไปใช้จะต้องคำนึงถึงพัฒนาการพื้นฐานทาง เช่นควรใช้แบบทดสอบถามตอบกับเด็กแทนแบบทดสอบแบบเขียน

โดยลักษณะแบบทดสอบหลัก ๆ ประกอบด้วย 3 ลักษณะกิจกรรม ดังนี้

1. กิจกรรมไม่ใช้ภาษา (Non-verbal Tasks) เช่น การต่อเติมรูปภาพที่ยังไม่สมบูรณ์ให้สมบูรณ์

2. กิจกรรมทางภาษาโดยไม่ใช้สิ่งเร้าทางภาษา (Verbal Tasks Using Non-Verbal Stimuli) เช่น การให้ดูชุดรูปภาพแล้วให้เล่าเรื่องราวที่เกิดขึ้นจากภาพ และการออกแบบจากสิ่งของที่กำหนดให้ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เป็นต้น

3.กิจกรรมทางภาษาโดยใช้สิ่งเร้าทางภาษา (Verbal Tasks Using Verbal Stimuli) เช่น การให้บอกถึงประโยชน์ของสิ่งต่างๆ การตอบว่าจะมีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้นหากเหตุการณ์สมมติที่กำหนดให้เกิดขึ้น เช่น ถ้าสมมติว่าถ้าเกิดน้ำไหลจากที่ต่ำขึ้นที่สูง น้ำตกไหลกลับทิศ จะส่งผลกระทบต่ออะไรให้เกิดขึ้นกับโลกใบนี้ ให้ผู้ทดสอบเขียนแสดงความคิดหรือจินตนาการสิ่งที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ (อารี พันธุ์ณี, 2547) ยังได้เสนอวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 วิธี ดังนี้

1.การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีความคิดสร้างสรรค์ เช่น การสังเกตจากพฤติกรรมการเล่น การทำกิจกรรม การเลียนแบบ การทดลอง เป็นต้น

2.การวาดภาพ หมายถึง การให้นักเรียนถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ออกมาให้เป็นรูปธรรมผ่านการวาดภาพ โดยครูอาจจะกำหนดเงื่อนไขหรือสถานการณ์ในการวาดภาพ

3.รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูรอยหยดหมึกแล้วตอบว่าจากรอยหยดหมึกที่เห็น นักเรียนเห็นเป็นลักษณะคล้ายอะไร หรือให้เล่าเป็นเรื่องราว

4.การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้นักเรียนเขียนเรียงความจากข้อความที่กำหนดและการประเมินจากผลงานศิลปะ ซึ่งวิธีการนี้เป็นตัวกระตุ้นความคิดจินตนาการได้อย่างดี

5.แบบวัด หมายถึง การให้นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาตรฐาน ซึ่งมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดตามแต่ละองค์ประกอบที่ต้องการวัด ในแบบวัดอาจประกอบไปด้วยภาพสื่อ ลายเส้น เพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการจับเวลาในการทำแบบทดสอบด้วย

แต่ในการศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบต่าง ๆ โดยใช้ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์คาแนวกิตของ Hu และคณะ (2002) เนื่องจากมีองค์ประกอบที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชัดเจน โดยวัดตามองค์ประกอบ ดังนี้ 1. ด้านคุณสมบัติ ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม 2. ด้านผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ ความเข้าใจในปรากฏการณ์ และการตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์และ 3. ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย การคิดอย่างมีเหตุผล และจินตนาการ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ดัดแปลงและประยุกต์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Hu & Adey ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวัดและบริบท โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1) คุณสมบัติ คือ ความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่ม

2) กระบวนการ คือ การคิดอย่างมีเหตุผล และ จิตนาการ

3) ผลลัพธ์ คือ ประโยชน์แต่ละด้านของผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้กับผลิตภัณฑ์ ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น คำตอบในทุกองค์ประกอบที่นักเรียนตอบจะต้องอยู่บนพื้นฐานและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ หากไม่สอดคล้องกับหลักวิทยาศาสตร์หรือความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์จะไม่นำคำตอบนั้นมาพิจารณา

7. เกณฑ์การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จิตยา คำควร (2558) ได้อธิบายลักษณะของการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิด มีวัตถุประสงค์การวัด 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดริเริ่ม (originality) โดยนักเรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตอบคำถามด้วย คำตอบในทุกองค์ประกอบที่นักเรียนตอบจะต้องอยู่บนพื้นฐานและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบวัดดังกล่าวมีทั้งหมด 6 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1.ความคิดคล่อง (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณการตอบสนองได้มากในเวลาจำกัด ให้คะแนนจากคำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความรู้ ความสามารถและคุณภาพของคำตอบ โดยนับจำนวนคำตอบภายในเวลาที่กำหนดให้

พิจารณาคำตอบที่สอดคล้องกับคำถาม ถ้านักเรียนคิดคำตอบได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาที่กำหนด ก็จะได้คะแนนมาก โดยกำหนดคะแนนตามจำนวนของคำตอบ ดังนี้

ได้คำตอบ 0-4 คำตอบ ได้ 1 คะแนน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ได้คำตอบ 5-7 คำตอบ ได้ 2 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้

ได้คำตอบมากกว่า 7 คำตอบ ได้ 3 คะแนน อยู่ในระดับดี

2.ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดได้หลายทิศทาง เป็นลักษณะในการคิดหลายมุมมอง มองปัญหาหลายแบบอย่างรอบด้าน ให้คะแนนจากจำนวนวิธีคำตอบ โดยนำคำตอบมาจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบ

พิจารณาคำตอบที่สอดคล้องกับคำถาม แล้วจัดกลุ่ม หรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคน โดยกำหนดคะแนนตามจำนวนกลุ่มของคำตอบ ดังนี้

ได้คำตอบ 0-3 กลุ่ม

ได้ 1 คะแนน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ได้คำตอบ 4-5 กลุ่ม

ได้ 2 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้

ได้คำตอบมากกว่า 5 กลุ่ม

ได้ 3 คะแนน อยู่ในระดับดี

3.ความคิดริเริ่ม (Originality) คือ ความสามารถในการคิดสิ่งแปลกใหม่ มีความน่าสนใจ และมีความหมายโดยไม่ซ้ำแบบเดิม ให้คะแนนโดยบันทึกคะแนนความถี่ของคำตอบแล้ว คำนวณหาร้อยละของคำตอบที่นักเรียนได้รับเปรียบเทียบกับคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่ตอบคำถามโดยมีเกณฑ์ ดังนี้

มากกว่า 10% ได้ 1 คะแนน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

5-10% ได้ 2 คะแนน อยู่ในระดับพอใช้

ถ้าน้อยกว่า 5% ได้ 3 คะแนนอยู่ในระดับดี

ในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนดังกล่าว ธิตยา คำควร ได้ใช้คะแนนคำตอบจากการนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อีกกลุ่มหนึ่งมาหาค่าเฉลี่ยจากคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{คะแนนรวมของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ}}{\text{จำนวนนักเรียนที่ทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์}}$$

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแล้วจึงนำค่าเฉลี่ยมาเป็นคะแนนสูงสุดของความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับพอใช้ จากนั้นนำคะแนนของคำตอบที่ได้จากการนำไปทดลองความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมาหาค่าพิสัยและความกว้างอัตราภาคชั้นซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{พิสัย} = \text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}$$

พิสัย

$$\text{ความกว้างอัตราภาคชั้น} = \frac{\text{พิสัย}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

จำนวนชั้น

จัดระดับของความคิดสร้างสรรค์ที่วัดออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง จึงแทนค่าจำนวนชั้นเท่ากับ 3

เมื่อได้คะแนนเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบแล้ว จะต้องหาผลของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำคะแนนของแต่ละองค์ประกอบมารวมแล้วหารตามจำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ ดังอย่างถ้ามีนักเรียน 37 คน จะคำนวณตามตารางดังนี้

ตาราง 10 แสดงวิธีการคำนวณคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คนที่	คะแนนความคิด คล่อง	คะแนนความคิด ยืดหยุ่น	คะแนนเฉลี่ยความคิด ริเริ่ม
1			
2			
3			
.			
.			
.			
37			
รวม	A	B	C
คะแนนเฉลี่ยแต่ละ องค์ประกอบ	$\frac{A}{37}$	$\frac{B}{37}$	$\frac{C}{37}$
คะแนนความคิด สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์	$\frac{A}{37} + \frac{B}{37} + \frac{C}{37}$		

แต่ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ของ Hu & Adey ทำให้องค์ประกอบการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบการวัดไม่ตรงกับแนวคิดการวัดดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงทำการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบการวัดดังนี้ 1. ด้านคุณสมบัติ ประกอบด้วยความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม 2. ด้านผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ ความเข้าใจในปรากฏการณ์ และการ

ตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์และ 3. ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย การคิดอย่างมีเหตุผล และ จินตนาการ ผู้วิจัยจึงต้องสร้างเครื่องมือเพื่อทำการวัดซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทถัดไป

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็น แบบทดสอบที่มุ่งทดสอบความรู้ ทักษะ สมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ของผู้เรียนว่า หลังการเรียนรู้ เรื่องนั้นๆ แล้วผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลง ไปจากเดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในรายวิชานั้นๆ เพียงใด

ไพศาล หวังพานิช (2536) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคุณลักษณะและ ความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและ ประสบการณ์

ชนินทร์ชัยอินทிரารณ และสุวิทย์ หิรัญยกานต์ (2548) ได้ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เป็นความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ สมรรถภาพด้านต่างๆ ของ สมอหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงของบุคคลที่ได้รับการเรียนรู้หรือผลงานที่นักเรียนได้จากการ ประกอบกิจกรรม

ภพ เลหาไพบุลย์ (2540) ได้ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่ได้จากที่ไม่เคยกระทำได้หรือ กระทำได้มาก่อนที่จะมีการเรียนการสอนซึ่งเป็นพฤติกรรมที่วัดได้

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

บุญชม ศรีสะอาด (2553) ให้ความหมายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลการเรียนที่ได้ จากการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้การเรียนรู้ที่เกิดจากการศึกษาฝึกฝน อบรม หรือ จากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผล ว่า เรียนแล้วรู้เท่าไร มีความสามารถชนิดใด

ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งเกิด จากกระบวนการเรียนการสอน เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาในด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความจำ ความ เข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ ตลอดจนการการทำงานที่ได้รับมอบหมายจาก ครู

2. องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Havighurst และ Neugarten (1969) กล่าวถึงองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าประกอบด้วยความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด การอบรมในครอบครัว ประสิทธิภาพของสถานศึกษา และความเข้าใจเกี่ยวกับตนเอง และการมุ่งหวังในอนาคต

Bloom (อ้างอิงจาก Guskey, 2007) ได้กล่าวว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีอยู่ 3 ตัวแปร คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Entry Behaviors) หมายถึง ความรู้ความสามารถ และทักษะต่าง ๆ ของผู้เรียนที่มีมาก่อน
2. คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective Entry Characteristics) แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนเกิดความอยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ๆ ได้แก่ ความสนใจในวิชาที่เรียนเจตคติต่อเนื้อหาวิชาและสถาบันให้การยอมรับความสามารถของตนเอง เป็นต้น
3. คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of Instruction) หมายถึง ประสิทธิภาพการเรียนการสอนที่นักเรียนได้รับ ได้แก่ คำแนะนำการปฏิบัติและแรงเสริมของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียน เป็นต้น

สุภาพรรณ โคตรจรัส (อ้างอิงจาก น้ำเพชร สีนทอง, 2541) กล่าวว่าองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. องค์ประกอบด้านคุณลักษณะเดียวกับตัวผู้เรียน ได้แก่ เขาวนปัญญาความถนัด ความรู้พื้นฐานหรือความรู้เดิมของนักเรียน และอารมณ์ เป็นแรงจูงใจความสนใจ ทักษะคิดและนิสัยในการเรียน ความนึกคิดเกี่ยวกับตนเอง ตลอดจนการปรับตัวและบุคลิกภาพอื่น ๆ
2. องค์ประกอบทางสภาพแวดล้อม สิ่งแวดล้อมทางครอบครัว ฐานะทางเศรษฐกิจที่อยู่อาศัย ความคาดหวังของบิดามารดา

Prescott (อ้างอิงจาก น้ำเพชร สีนทอง, 2541) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พอสรุปได้ดังนี้

1. องค์ประกอบทางร่างกาย ได้แก่ การเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพ ข้อบกพร่อง และลักษณะท่าทางของร่างกาย
2. องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างบิดามารดา ความสัมพันธ์ ระหว่างบิดามารดากับบุตร ความสัมพันธ์ระหว่างบุตรและสมาชิกในครอบครัว
3. องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อม การอบรมเลี้ยงดูของผู้ปกครอง และฐานะทางเศรษฐกิจ
4. องค์ประกอบด้านความสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ในวัยเดียวกัน

5.องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติและ
แรงจูงใจ

6.องค์ประกอบทางการปรับตัว คือ การปรับตัวและการแสดงอารมณ์

จะเห็นได้ว่าจากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน องค์ประกอบทุก
องค์ประกอบล้วนมีผลกระทบต่อตัวผู้เรียนทั้งสิ้น ครูหรือผู้ที่จัดการสอนจึงต้องให้ความสำคัญกับการ
เรียนรู้ของนักเรียนให้ครบทั้งสามด้าน เพื่อการพัฒนาของตัวผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการที่จะตัดสินผลการเรียนนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนั้น
แล้วจึงมีนักวิชาการ (ประทุม อัตชู, 2535; เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2540) ได้อธิบายการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนไว้ดังนี้

3.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540) กล่าวถึง
ข้อตกลงเบื้องต้นที่ควรคำนึงถึงในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ไว้ ดังนี้

1. เนื้อหา หรือทักษะภายในขอบเขตที่ครอบคลุมในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
นั้นจะต้องสามารถจำกัดอยู่ในรูปของพฤติกรรมซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงในลักษณะที่จะสื่อสารไปยัง
บุคคลอื่นได้ ถ้าเป้าหมายทางการศึกษาไม่สามารถจำกัดอยู่ในรูปของพฤติกรรมแล้ว ย่อมไม่สามารถที่
จะวัดได้ในลักษณะของผลสัมฤทธิ์ได้อย่างชัดเจน

2. ผลผลิตที่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วัดนั้น จะต้องเป็นผลผลิตเฉพาะที่เกิดขึ้น
จากการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการเท่านั้น จะวัดผลผลิตผลอย่างอื่นไม่ได้

3. ผลสัมฤทธิ์หรือความรู้ต่าง ๆ ที่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วัดได้นั้น ถ้าจะนำไป
เปรียบเทียบกันแล้ว ผู้เข้าสอบทุกคนจะต้องมีโอกาสได้เรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ เท่าเทียมกัน

3.2 แนวความคิดและทฤษฎีที่เป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ในการ
สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แนวความคิดในการวัดที่นิยมกัน ได้แก่ การเขียนข้อสอบวัดตามการจัด
ประเภทจุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัย (Cognitive) ของบลูม (Benjamin S. Bloom) และ
คณะ ซึ่งจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยที่ปรับปรุงใหม่แบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการ
บอกได้ เช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้

2. เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย
ยกตัวอย่าง สรุปร อ้างอิง เช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

3. ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้
แก้ไขปัญหา เช่น นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาได้

4. วิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบาย ลักษณะการจัดการ เช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

5. ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิเคราะห์ ตัดสิน เช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผนผลิต เช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

3.3 ประเภทของของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมนึก ภัททิยธนี ได้ทำการแบ่งประเภท ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกตามหน้าที่หรือการนำไปใช้วัดเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher-Made Test) หมายถึง ข้อสอบ หรือปัญหา หรือโจทย์คำถามต่าง ๆ ที่ครูสร้างขึ้นเพื่อวัดผลขณะที่มีการเรียนการสอน และสามารถพลิกแพลงให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน จะไม่นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่วไปในโรงเรียน ซึ่งนิยมใช้กันมีอยู่ 6 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นแบบ ทดสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และ ข้อคิดเห็นของแต่ละคน

1.2 แบบทดสอบแบบกาถูก-ผิด (True-False Test) เป็นแบบทดสอบแบบ เลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่ และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช้-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

1.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นแบบทดสอบที่ ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้เพื่อให้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

1.4 แบบทดสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer Test) แบบทดสอบประเภท นี้คล้ายกับแบบทดสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันตรงที่แบบทดสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็น ประโยคคำถามที่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความ สมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายเหมือนกับแบบทดสอบความเรียงหรืออัตนัย

1.5 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ ชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความใน ชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะจับคู่คำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่าง หนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

1.6 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) แบบทดสอบแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม กับตัวเลือก ในตอนเลือกนี้ จะประกอบด้วยตัวเลือกที่ถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดจากตัวลวงอื่นๆ และคำตอบแบบเลือกตอบที่ตินิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผินๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมดแต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardize Test) เป็นแบบทดสอบที่วิวัฒนาการมาจากแบบทดสอบที่ครูสร้าง และได้ผ่านการทดลองใช้ ตรวจสอบวิจัย ปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นจนมีความเป็นมาตรฐานทั้งในแง่เวลาที่ใช้ การดำเนินการสอน การให้คะแนนและการแปลความแบบทดสอบทั้งสองฉบับนี้แบบทดสอบทั้งสองแบบ ดังกล่าว ต่างก็มีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกัน และไม่มีกฎตายตัวว่าต้องใช้ประเภทใด โดยในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก แบบเลือกตอบ ในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

จะเห็นได้ว่าแบบทดสอบแต่ละแบบจะมีความเหมาะสมขึ้นกับแต่ละวัยของผู้ที่ทำแบบทดสอบ ขึ้นกับความรู้และประสบการณ์ของผู้ที่ทำแบบทดสอบ ดังนั้นผู้ที่วัดประเมินจะต้องเลือกแบบทดสอบให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ทำการวัด ดังนั้นในการวิจัยจึงวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาฟิสิกส์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

บุญรัตน์ จันทร (2557) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาความถี่และค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ให้อยู่ในระดับดีและดีมากเพิ่มขึ้น

นุรอาซีกิน สาและ (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการ

เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการหาค่าคะแนนพัฒนาการ (Growth Score) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดย ก่อนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.10 และหลังการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.71 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 47.62 อยู่ในระดับสูง 3) นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.67 หลังการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ย 33.24 4) นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้ในระดับดี และนักเรียนมีระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้ในระดับค่อนข้างดี และ 5) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมาก

ชยพัทธ์ ศรีกรรต (2559) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา จำนวน 6 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

สมรภัค อินทวิมลศรี (2560) ได้ศึกษา 1)ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ 3) ศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยกลุ่มคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีระดับความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงขึ้น 2) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีระดับความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงขึ้น

ฐายิกา ชูสุวรรณ (2561) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์สถิติที่ใช้ในการหาข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที เครื่องมือที่ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลางที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Sahin (2014) ได้ศึกษาผลกระทบของกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาและทำการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนแบบสะเต็มศึกษา โดยทำความเข้าใจในสะเต็มและมุมมองของนักเรียนและความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็ม นอกจากนี้ยังศึกษาการเรียนรู้ของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสะเต็ม จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษามีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ การทำงานร่วมกัน และการสืบเสาะหาความรู้ตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้

Land (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในนักศึกษาปริญญาตรีชาวอเมริกันที่ลงทะเบียนเรียนในโปรแกรม STEM ในการศึกษาพบว่าตลาดแรงงานในประเทศมีความต้องการนักศึกษาที่เรียนทางด้านเทคโนโลยี แต่นักศึกษามีความสนใจน้อยมากในหลักสูตร STEM การศึกษาจึงมุ่งให้เห็นถึงประโยชน์ของการศึกษาในหลักสูตร STEM เพื่อให้รองรับต่อความต้องการของประเทศ

Govaerts (2016) ได้แนะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์) ที่มีความทำเป็นอย่างมากในการพัฒนาเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยใช้การสอนในโครงการ Go-Lab ที่มุ่งมั่นที่จะกระตุ้นและแนะนำนักเรียนตั้งแต่อายุยังน้อยเพื่อใช้ห้องทดลองออนไลน์ ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเสนอการเรียนรู้อบบพอร์ทัลที่ครูสามารถปรับปรุงห้องปฏิบัติการออนไลน์ให้เหมาะสมสำหรับหลักสูตรและนักเรียน และสามารถเรียนรู้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่นทักษะในขณะทำการทดลองโดยใช้ห้องทดลอง สถาปัตยกรรมพอร์ทัล Go-Lab

Karademir (2016) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีพรสวรรค์ผ่านกิจกรรมโครงการ โดยการศึกษาได้ดำเนินการกับนักเรียนที่มีพรสวรรค์ 13 คน ในการศึกษานักเรียนได้ดำเนินการตามขั้นตอนการพัฒนาโครงการและพวกเขา มีการออกแบบโครงการงานที่จะอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน โดยมีครูสังเกตกระบวนการทำงานของนักเรียน โดยครูมีการบันทึกภาพ ภาพวาดภาพวาดของนักเรียน มีการสัมภาษณ์ตลอดจนการวิเคราะห์เนื้อหาที่เกี่ยวกับงานของนักเรียน ซึ่งกิจกรรมโครงการสามารถเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

Samsudin และคณะ (2017) ได้พัฒนาแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 7 ในบริบททางวิทยาศาสตร์โลก นอกจากนี้หัวข้อรายละเอียดเกี่ยวกับบริบทของวิทยาศาสตร์โลกคือชั้นของแผ่นดินไหวแผ่นดินไหวภูเขาไฟและสึนามิ A Samsudin และคณะ ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และออกแบบเครื่องมือวัด โดยผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบเนื้อหาของโลกวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ยังได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญหลายคนในการการพัฒนา หลังจากนั้นนำแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียนสามสิบเอ็ดคนจากเมืองบันดุง โดยใช้การทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นี้ สรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญสี่คนเห็นพ้องกันว่าเจ็ดข้อที่ได้รับการพัฒนาแล้วเหมาะสมสำหรับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่เจ็ดเกี่ยวกับบริบททางธรณีวิทยา

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้นความรู้ได้ด้วยตัวเอง เกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติ ลองผิดลองถูก จนตกผลึกเป็นความรู้ของนักเรียนเอง นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น เกิดการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เกิดความสุขในการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และมีการพัฒนาการคิดในหลายด้าน เช่น ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังกล่าวมา จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนานักเรียนให้สอดคล้องกับยุคเทคโนโลยีกำลังพัฒนาอย่างก้าวกระโดดอยู่ตลอดเวลา

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังรายละเอียดในหัวข้อดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ
4. วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม อำเภอ เชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม ที่ได้มาจากการทดสอบทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 21 คน ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับควรปรับปรุง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 4 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 6 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง
 - 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชนตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 3 แผน ๓ ชั่วโมง รวมเวลา 6 ชั่วโมง

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตาม
 วงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้จะเป็นแผนที่เกิดจากการปรับปรุงแก้ไขแผนการการ
 เรียนตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 3 แผนๆ ละ 2 ชั่วโมง รวมเวลา 6 ชั่วโมง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมด้านการมี
 ส่วนร่วมกับจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3. แบบทดสอบ แบ่งเป็น 2 ชนิดได้แก่

3.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็น
 แบบทดสอบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก

3.2 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดย
 อ้างอิงหลักการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบบรรยายและ
 วาดภาพประกอบ จำนวน 4 ข้อ

4. แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นแบบ
 สัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
 ความรู้ร่วมกับแนวทางสะเต็มศึกษา ขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร
 แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 ศึกษาเนื้อหาบทเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ ของ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 จำนวน 12 แผน ดังตารางที่ 11

พจนานุกรมศัพท์โต ชีเว

ตาราง 11 การวิเคราะห์ลำดับแผน สารการเรียนรู้ที่สำคัญ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการการเรียนรู้

วงรอบที่	แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	1	โมเมนตัม	ปริมาณที่แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีมวลต่อกัน โดยมีโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ถ้าวัตถุมีมวลขนาดเท่ากันแต่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน โมเมนตัมของวัตถุก็จะต่างกัน เช่นเดียวกับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันแต่มีมวลของวัตถุต่างกันโมเมนตัมก็จะต่างกันด้วย	อธิบายโมเมนตัมของวัตถุและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุจากสมการได้	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้ 2. นักเรียนสามารถสามารถบรรยายพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้ 3.นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมได้ 4. นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย 	2
1	2	แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	แรงที่กระทำต่อวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตรา การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุนั้น เช่น ในกรณีการออกแรงรั้งลูกฟุตบอลของ ผู้รักษาประตูฟุตบอลซึ่งเคลื่อนที่มาด้วย	อธิบายกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา และคำนวณแรงลัพธ์ที่กระทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมได้	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนโมเมนตัมได้ 3.นักเรียนสามารถบรรยายลักษณะของโมเมนตัมที่กระทำต่อวัตถุได้ 	2

ตารางที่ 11 (ต่อ) การวิเคราะห์ลำดับแผน การเรียนรู้อุสสารสำคัญ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

วงรอบที่	แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	3	การตัดสินใจ	<p>ความเร็วที่แตกต่างกัน หากผู้รักษาประตูต้องการหยุดลูกฟุตบอลให้หยุดนิ่งนั้นจะพบว่าการออกแรงรับลูกฟุตบอลในแต่ละครั้งจะต้องออกแรงรับต่างกัน</p> <p>แรงดล (impulsive force) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ การดล (impulse) คือโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไป และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์</p>	อธิบายโมเมนตัมของวัตถุและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุจากสมการได้	4. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนได้	2
2	4	การอนุรักษ์โมเมนตัม	<p>กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม คือ ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนของระบบ การชนในสองมิติ คือ การชนกัน</p>	อธิบายและคำนวณอธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับ การชนกันของ	<p>1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการดลได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถคำนวณการดลได้</p> <p>3. นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงดลของวัตถุได้</p> <p>4. นักเรียนประดิษฐ์ชิ้นงานได้ตรงตามเวลา</p>	2

ตารางที่ 11 (ต่อ) การวิเคราะห์ลำดับแผน สารการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

วงรอบที่	แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
2	5	การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ	การชนในหนึ่งมิติ คือ การชนกันของวัตถุที่มีแนวเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งก่อนชนและหลังชนอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน	วัตถุในหนึ่งมิติที่แบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น อธิบายและคำนวณ การชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	3. นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย 1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการชนกันของวัตถุได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันได้ 3. นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานให้สอดคล้องกับ	2
2	6	การตีความแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ	การระเบิดหรือการตีความ คือ การที่วัตถุหรือระบบวัตถุแยกออกจากกัน มาลงของวัตถุจะคงที่ โมเมนตัมมีค่าคงตัวแต่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวซึ่งเป็นกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	อธิบายและคำนวณ การตีความแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะตีความแยกออกจากกันของวัตถุได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตีความแยกออกจากกันของวัตถุได้	2

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงเนื้อหาการเรียนการสอนรูปแบบกิจกรรมการสอนความถูกต้องขององค์ประกอบของแผนการเรียนรู้ และแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน โดยมีผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วนิดา ฝาระนัด ศษ.ต. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน อาจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นางจันทร์เพ็ญ คุณสมบัติ ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม

5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.6 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ และพิจารณาระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

1.7 นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้(บุญชม ศรีสะอาด, 2555)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงในประเด็นความถูกต้องของเนื้อหา รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ความสอดคล้องของเนื้อหาของกิจกรรมการเรียนรู้กับเนื้อหา และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นจัดพิมพ์แผนการเรียนรู้เป็นฉบับสมบูรณ์ และใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.45 หมายถึง มีคุณภาพดี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.51 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดล มีค่าเฉลี่ย 4.76 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.49 หมายถึง มีคุณภาพดี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ มีค่าเฉลี่ย 4.71 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การตีตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ มีค่าเฉลี่ย 4.80 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

2. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกทางพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

2.2 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การวัดด้านพฤติกรรมการมีส่วนร่วมของนักเรียน

2.3 นำแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสม

2.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงข้อคำถามในการวัดจุดประสงค์ในการวัด จากนั้นจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และใช้ในการบันทึกการสังเกตพฤติกรรม

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ จากหนังสือการวัดและการประเมินผลการศึกษา

3.2 ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

3.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสม

ตาราง 12 จำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วงจรปฏิบัติการเรียนที่ 1

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบ	
		ที่ออก	ใช้จริง
1. โมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมได้ 3. นักเรียนรับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	10	5
2. แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนโมเมนตัมได้ 3. นักเรียนรับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	10	5
3. การดล	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการดลได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงดลของวัตถุได้	10	5

ตารางที่ 12 (ต่อ) จำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการให้สอดคล้องกับ
เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วงจรปฏิบัติการเรียนที่ 1

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบ	
		ที่ออก	ใช้จริง
	3.นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย		
รวม		30	15

ตาราง 13 จำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา
และจุดประสงค์การเรียนรู้วงจรปฏิบัติการเรียนที่ 2

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบ	
		ที่ออก	ใช้จริง
4.การอนุรักษ์ โมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายการกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัมได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมในระบบได้ 3. นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับ มอบหมาย	8	5
5.การชนของวัตถุใน หนึ่งมิติ	1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการชนกันของ วัตถุได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องเกิดการชนกันได้ 3.นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับ มอบหมาย	10	5
6.การตีตัวแยกจาก กันของวัตถุในหนึ่งมิติ	1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะตีตัวแยกออก จากกันของวัตถุได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องเกิดการตีตัวแยกออกจากกันของวัตถุได้	10	5
รวม		30	15

ตารางที่ 13 (ต่อ) จำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการให้สอดคล้องกับ
เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วงจรปฏิบัติการเรียนที่ 2

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบ	
		ที่ออก	ใช้จริง
	3. นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย	10	5
รวม		30	15

3.1.5 สร้างแบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

3.1.6 นำแบบทดสอบพร้อมแบบประเมิน เสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้อง ประกอบด้วย

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วนิดา ผาระนัต คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน อาจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นางจันทร์เพ็ญ คุณสมบัติ ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม
- 5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.1.8 เลือกข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบไปใช้ในการวิจัย โดยเลือกข้อสอบซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบข้อสอบตั้งแต่ 0.50 - 1.00 ไว้เพื่อนำไปใช้ ซึ่งมีข้อสอบทั้งหมด 6 เรื่อง 6 จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 58 ข้อ แบ่งเป็น

- 1) เรื่อง โมเมนตัม มีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ เมื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วมีจำนวนข้อที่ใช้ได้จำนวน 10 ข้อ

2) เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม มีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ เมื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วมีจำนวนข้อที่ใช้ได้จำนวน 10 ข้อ

3) เรื่อง การดล มีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ เมื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วมีจำนวนข้อที่ใช้ได้จำนวน 10 ข้อ

4) เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม มีข้อสอบจำนวน 8 ข้อ เมื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วมีจำนวนข้อที่ใช้ได้จำนวน 8 ข้อ

5) เรื่อง การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ มีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ เมื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วมีจำนวนข้อที่ใช้ได้จำนวน 10 ข้อ

6) เรื่อง การติดตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ มีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ เมื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วมีจำนวนข้อที่ใช้ได้จำนวน 10 ข้อ

เมื่อพิจารณาแล้วข้อสอบทุกข้อสามารถนำมาใช้ได้

3.1.9 จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดย แบ่งเป็นข้อสอบตามวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1) วงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบไปด้วยเรื่องโมเมนตัม จำนวน 5 ข้อ เรื่องแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม จำนวน 5 ข้อ และเรื่องการดลจำนวน 5 ข้อ

2) วงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบไปด้วยเรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม จำนวน 5 ข้อ เรื่องการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ มีข้อสอบจำนวน จำนวน 5 ข้อ และเรื่องการติดตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ จำนวน 5 ข้อ

4. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.2 สร้างแบบทดสอบตามนิยาม เป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเที่ยงตรงโดยให้ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชีวิตด้าน

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยา ผศ.ดร.จันทร์เพ็ญ ภูโสภา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ ดร.ทัศนศิริ นทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วนิดา ผาระนัด คณะครู
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นางจันทร์เพ็ญ ครูชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเขียงยืนพิทยาคม

5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

4.4 เลือกข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบไปใช้ในการวิจัย โดยเลือกข้อสอบซึ่งมีค่าดัชนี
ความสอดคล้องของแบบข้อสอบตั้งแต่ 0.50 - 1.00 ไว้เพื่อนำไปทดลองใช้ ซึ่งมีข้อสอบทั้งหมดจำนวน
6 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องแล้ว ข้อที่ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.8 ข้อที่ 2 มี
ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ข้อที่ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ข้อที่ 4 มีค่าดัชนีความ
สอดคล้องเท่ากับ 0.8 ข้อที่ 5 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 และข้อที่ 1 มีค่าดัชนีความ
สอดคล้องเท่ากับ 0.8 จากการคำนวณข้อสอบทุกข้อสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

4.5 จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วเพื่อนำไปทดลองใช้กับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อีกกลุ่ม ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้
ของเครื่องมือวิจัย

4.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องมือ และปรับปรุงการใช้ภาษาในแบบทดสอบ
เพื่อให้แบบทดสอบวัดได้กับจุดประสงค์การวัด และเพื่อความเข้าใจในการสื่อความหมายให้เป็น
อันหนึ่งอันเดียวกันกับผู้ระหว่างผู้ตอบคำถามและผู้วิจัยเอง

4.7 จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือ
ในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ
การ วงจรละ 1 ชุด จำนวนชุดละ 2 ข้อคำถาม

5. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นในการจัดการเรียนการสอน แบบสัมภาษณ์เป็นแบบ
สัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบบมีโครงสร้าง เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลความต้องการพื้นฐานของ
นักเรียนหลังการจัดการจัดการเรียนการสอนท้ายวงรอบแต่ละวงรอบ เพื่อนำผลการสัมภาษณ์มา
ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงรอบถัดไป การสร้างแบบสัมภาษณ์ มีวิธีดำเนินการสร้างดังนี้

5.1 ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์ ตามแบบของกระทรวงศึกษาธิการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนามาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์

5.2 สร้างแบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความต้องการในการ จัดการเรียนการสอน การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน การประเมินผลการเรียนรู้ และนำแบบสัมภาษณ์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ความชัดเจนของข้อคำถาม

5.3 นำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.จันทร์เพ็ญ ภูโสภา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน อาจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นางจันทร์เพ็ญ คุณสมบัติ ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม

5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสัมภาษณ์
ดังนี้

1.ปรับลำดับขั้นตอนในการสัมภาษณ์

2.ปรับข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

5.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยลำดับการสัมภาษณ์ให้เริ่มจากการให้นักเรียนแนะนำตัว เริ่มถามจากประเด็นที่ง่ายไปยาก สอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมในแต่ละชั้นการสอนของครูว่ามีความคิดเห็นอย่างไร คำนึงถึงความเหมาะสมของคำถาม ความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัด และลำดับการสัมภาษณ์

5.5 จัดพิมพ์แบบสัมภาษณ์ ที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ไปสัมภาษณ์นักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นไปเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 2 วงจรปฏิบัติการ โดยแต่ละวงจรมีขั้นตอน ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

1. ศึกษาบริบทของโรงเรียนจากรายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาของโรงเรียน เชียงย่นพิทยาคม ในปีการศึกษา 2560 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาปัญหาทางด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน และเพื่อเป็นการยืนยันสมมติฐานดังกล่าว จึงใช้เครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผลปรากฏว่านักเรียนที่มีปัญหาด้านความคิดสร้างสรรค์สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ระดับควรปรับปรุง เป็นจำนวน 21 คน

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

3. ศึกษาแนวคิดทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้ และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการวิจัย

4. ดำเนินการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์

5. นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และจุดประสงค์การวัด

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปขอคำปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา และขอข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

7. ตรวจสอบและปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยแผนการเรียนรู้ ทั้ง 6 แผนการเรียนรู้ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีเวลา กระชับขึ้น มีการกำหนดเวลาในแต่ละช่วงของกิจกรรมอย่างชัดเจน ปรับรูปแบบของกิจกรรมและการ ยกตัวอย่างในเนื้อหารายวิชาต้องใกล้ตัวผู้เรียน ส่วนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสัมภาษณ์นั้นผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ปรับรูปแบบการใช้ คำ เพื่อการสื่อความหมายที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

8. จัดพิมพ์เครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล แล้วนำเครื่องมือที่ผ่านการพิจารณาไปใช้ ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ

1. ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามเนื้อหาของแผนการเรียนรู้ ในวงจรที่ 1 โดย ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แบ่งออกเป็น 3 แผน เวลา 6 ชั่วโมง ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดล

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต

ใช้เครื่องมือ และเทคนิคการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนใน ขณะที่ทำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล

1. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนท้ายวงจรปฏิบัติการไปทดสอบกับ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวงจรปฏิบัติการที่ 1

2. นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบนักเรียน กลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวงจรปฏิบัติการที่ 1

3. นำแบบสัมภาษณ์ไปสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังทำการจัดการเรียน การสอนตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพื่อนำผลไปปรับปรุงการสอนในวงรอบถัดไป

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

1. ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการ สังเกต วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติ เพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลของปัญหาและผลการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนของ วงจรปฏิบัติการที่ 1 แล้วนำไปพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตาม แนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาจากจุดบกพร่องของวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยร่วมสะท้อนผลกับครูที่ เลี้ยง

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน

1. ผู้วิจัยนำเครื่องมือปรับกิจกรรมหรือสื่อตามผลการสะท้อนในวงรอบที่ 1 มาใช้โดย ผู้วิจัยได้แบ่งแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การตีตัวแยกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต

ใช้เครื่องมือ และเทคนิคการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนใน ขณะทำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล

1. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนท้ายวงจรปฏิบัติการไปทดสอบกับนักเรียน กลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวงจรปฏิบัติการที่ 2
2. นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบนักเรียน กลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวงจรปฏิบัติการที่ 2
3. นำแบบสัมภาษณ์ไปสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังทำการจัดการเรียน การสอนตามวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อนำผลไปปรับปรุงการสอนในวงรอบถัดไป

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

1. ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา จากการสังเกต วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติจากขั้นตอนทั้งหมด 2 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้แสดง ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังตาราง 14

พูน ปณ ทิโต ชเว

ตาราง 14 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วงจร	แผนการจัดการเรียนรู้	เครื่องมือ	วิธีการ	ระยะเวลา	ผู้ร่วมสะท้อนผล
1	1-3	1.แผนการจัดการเรียนรู้	- ใช้สอนนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย	-การสอนวงจร ปฏิบัติการที่ 1	ผู้วิจัย
		2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	-ทดสอบหลังสอนจบ วงจรปฏิบัติการที่ 1	-หลังการสอนวงจร ปฏิบัติการที่ 1	ผู้วิจัย
		3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	-ทดสอบหลังสอนจบ วงจรปฏิบัติการที่ 1	-หลังการสอนวงจร ปฏิบัติการที่ 1	ผู้วิจัย
		4. แบบสัมภาษณ์	สัมภาษณ์นักเรียน กลุ่มเป้าหมาย	-ก่อนทำการจัดการ เรียนการสอน	ผู้วิจัย
2	4-6	1.แผนการจัดการเรียนรู้	- ใช้สอนนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย	-การสอนวงจร ปฏิบัติการที่ 2	ผู้วิจัย
		2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	-ทดสอบหลังสอนจบ วงจรปฏิบัติการที่ 2	-หลังการสอนวงจร ปฏิบัติการที่ 2	ผู้วิจัย
		3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	-ทดสอบหลังสอนจบ วงจรปฏิบัติการที่ 2	-หลังการสอนวงจร ปฏิบัติการที่ 2	ผู้วิจัย
		4. แบบสัมภาษณ์	สัมภาษณ์นักเรียน กลุ่มเป้าหมาย	-ก่อนทำการจัดการ เรียนการสอน	ผู้วิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามองค์ประกอบ ดังนี้

- 1.การวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวทางสะเต็มศึกษาโดย
การวิเคราะห์การสัมภาษณ์ และแบบสังเกตการณ์สอน

2. การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ
 f แทน ความถี่ที่ทำการแปลงให้เป็นร้อยละ
 n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

เมื่อ \bar{x} แทน ค่าเฉลี่ย
 Σx แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
 n แทน จำนวนคนในกลุ่ม

3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 x แทน คะแนนแต่ละตัว

n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

Σ แทน ผลรวม

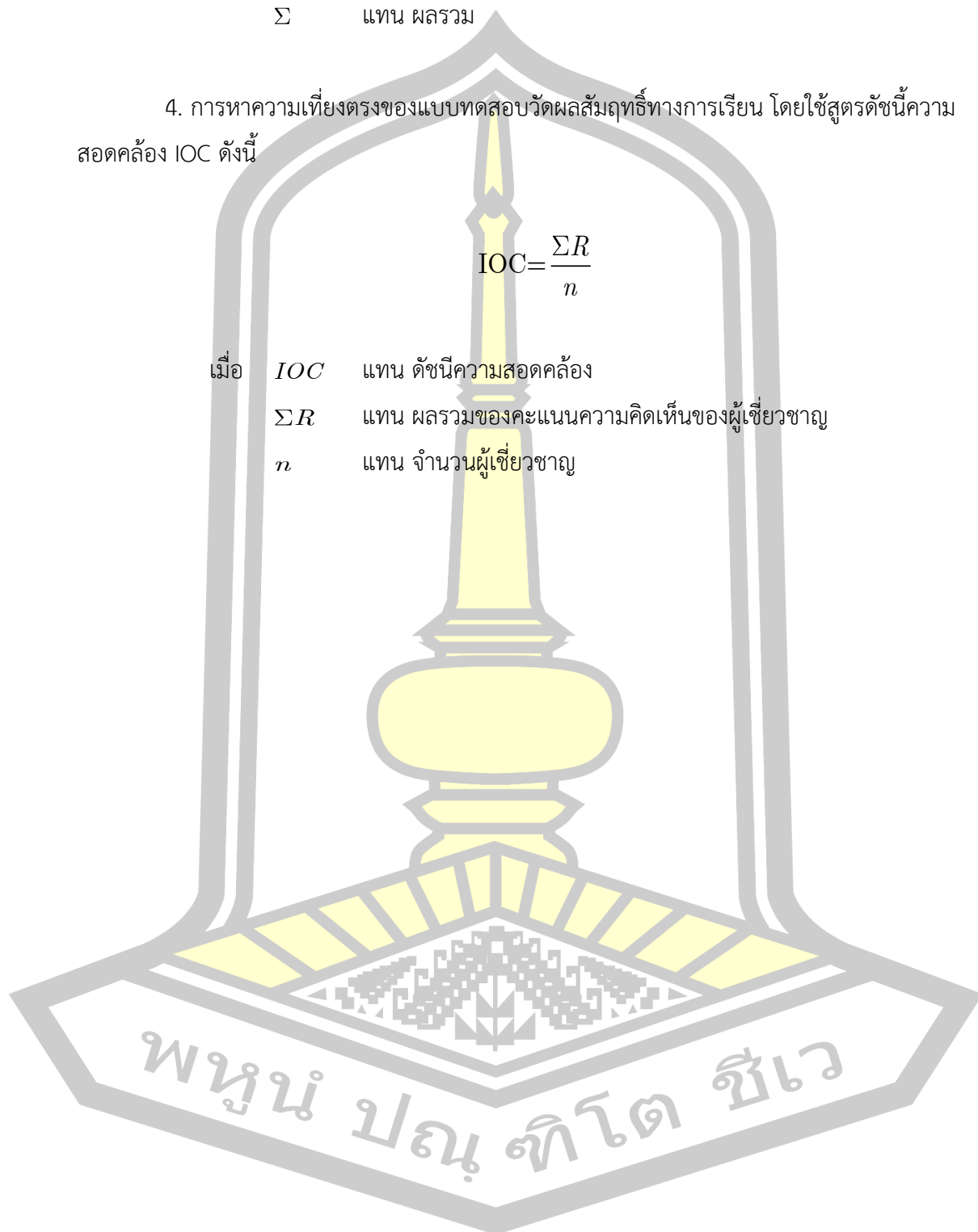
4. การหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัยออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และได้นำเสนอรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ชั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยดำเนินการดังนี้

1.1.1 วิเคราะห์ข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากผลการทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียนจำนวน 21 คน ที่มีเกณฑ์ควรปรับปรุง

1.1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.2 ชั้นปฏิบัติการเรียนการสอน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยมีแผนการเรียนรู้ ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

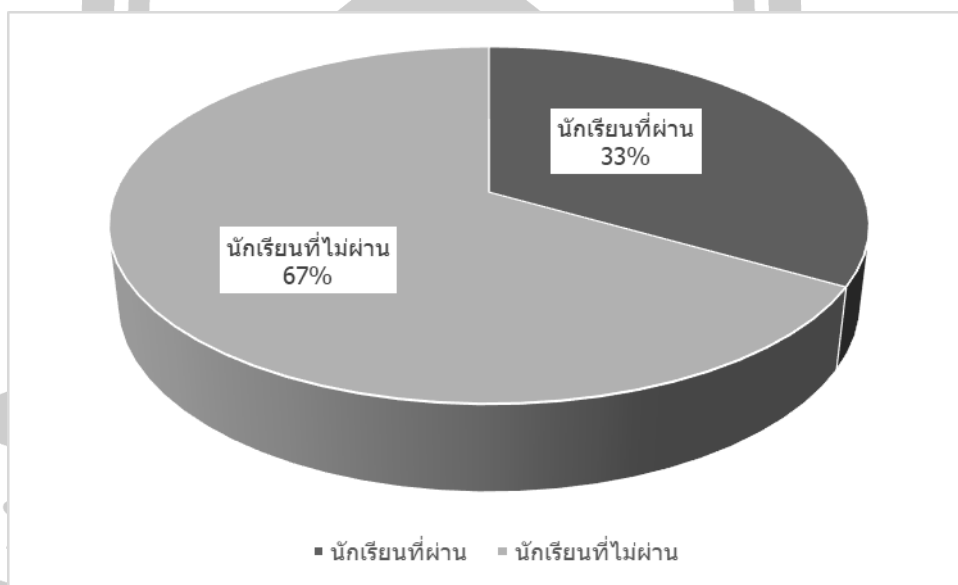
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดล

1.3 ชั้นสังเกตการณ์ (Observe) หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

1.3.1 จากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจ และตั้งใจให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนตั้งใจศึกษาใบความรู้ที่ครูมอบหมาย ตั้งใจศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนมีความสุขสนุกสนานในการเรียนเนื่องจากได้ลงมือและมีส่วนร่วมกับกลุ่มของนักเรียนในการประดิษฐ์นวัตกรรม แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการวางแผนการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนวิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์

1.3.2 จากการใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยอ้างอิงหลักการการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบบรรยาย จำนวน 2 ข้อ ผลปรากฏว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.40 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 63.36 และมีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 1

นอกจากนี้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบย่อย 3 ด้านพบว่าแต่นักเรียนมีคะแนนองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.ด้านคุณสมบัติ (Trail) เป็นลักษณะของของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยที่แสดงถึงคุณสมบัติของคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 1.) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) 2.) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และ 3.) ความคิดริเริ่ม (Originality) ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

2.ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง ผลที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมอง หรือกระบวนการคิดทางสมองหลังจากที่สมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้า ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้ 1.) ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ (Technical Product) 2.) การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างผลิตภัณฑ์ (Science Knowledge) และ 3.) ความเข้าใจในปรากฏการณ์ (Science Phenomena) 4.) การตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Science Problem) ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.67 จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน

3.ด้านกระบวนการ (Process) หมายถึง กระบวนการคิดการประมวลผลทางสมองที่มีในแต่ละบุคคลแตกต่างกันไป ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้ การคิดอย่างมีเหตุผล (Thinking) จินตนาการ (Imagination) ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.55 จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 15

ตาราง 15 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายด้าน วงจรปฏิบัติการที่ 1

คะแนน	องค์ประกอบ		
	คุณสมบัติ	ผลิตภัณฑ์	กระบวนการ
คะแนนเต็ม	6	8	4
คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้าน	3.19	5.67	2.55
คะแนนเฉลี่ยรวม	11.40		

1.3.3 จากการใช้แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการให้ข้อมูลของนักเรียน จนนำไปสู่การสรุปผลพบว่ามี 2 ประเด็น

สำคัญคือ 1. ประเด็นด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน 2. ประเด็นด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน โดยผู้วิจัยได้สรุปดังนี้

ประเด็นที่ 1. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน

จากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนส่วนใหญ่รู้สึกชอบกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือสร้างนวัตกรรมตามแนวคิดของนักเรียน และนักเรียนส่วนใหญ่ไม่รู้สึกเบื่อ ทำให้นักเรียนสนใจการเรียนและเนื้อหาที่ครูสอนเพิ่มขึ้น ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ผมชอบกิจกรรมแบบกลุ่ม เพื่อนได้ช่วยกันดี ได้ช่วยกันคิดโจทย์ที่ครูให้ทำให้ง่ายขึ้น...”

(นักเรียนรหัส 3, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“...หนูอยากทำงานประดิษฐ์แบบนี้ตลอดทุกคาบเลยคะ สนุกที่ได้ทำและได้ช่วยกันทำงานกับเพื่อนในกลุ่ม...”

(นักเรียนรหัส 34, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

ประเด็นที่ 2. ประเด็นด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน

นอกจากนี้เมื่อให้นักเรียนตอบคำถามหรือแก้ปัญหาทำายกิจกรรม ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาที่ครูให้เพื่อทดสอบความเข้าใจในแนวคิดเรื่องที่เรียน พบว่านักเรียนสามารถทำได้สำเร็จเนื่องจากโจทย์คำถามที่ครูให้มีจำนวนข้อที่น้อย ทำให้นักเรียนรู้สึกประสบความสำเร็จในการทำกิจกรรม ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ผมไม่ อยากทำ โจทย์ เยอะ เหมือนที่ครูให้มา แต่ผมชอบทำงานประดิษฐ์แบบนี้มันดีแล้วครับ...”

(นักเรียนรหัส 9, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“...หนูอยากให้ครูลดโจทย์แบบนี้ต่อไป และทำประติษฐ์งานแบบนี้เรื่อยๆคะ...”

(นักเรียนรหัส 18, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

จากการสัมภาษณ์นักเรียน ข้อมูลส่วนใหญ่ที่นักเรียนให้คำตอบเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่รู้สึกชอบและสนุกสนานในการทำกิจกรรมร่วมกัน นักเรียนมีความสุขที่ได้ลงมือประดิษฐ์ชิ้นงานและเอาชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่นักเรียนสร้างมาทำการทดสอบ

1.4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามชั้นการสอน ดังนี้

1) **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสร้างประเด็นที่จะศึกษา พบว่านักเรียนให้ความสนใจกับปัญหาที่ครูให้เพราะนักเรียนรู้สึกแปลกใหม่ในกิจกรรมการเรียนรู้

2) **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นขั้นที่นักเรียนทำการแบ่งกลุ่มจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูให้ ในขั้นนี้นักเรียนส่วนใหญ่จะศึกษาความรู้จากใบกิจกรรมที่ครูให้ และมีนักเรียนบางส่วนเลือกที่จะศึกษาข้อมูลด้วยตัวเองจากสมาร์ทโฟน

3) **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ศึกษามาวิเคราะห์ ตามประเด็นและทฤษฎีที่ทำการศึกษา ในขั้นนี้นักเรียนส่วนใหญ่จะมีคำถามมากมาย นักเรียนบางส่วนตั้งคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่สนใจ ในขั้นนี้เวลาส่วนมากครูใช้อธิบายหลักการทางฟิสิกส์เพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนขาดหาย เช่น ที่มาของกฎทางฟิสิกส์ หลักการคำนวณ และความเป็นไปได้ของคำตอบ

4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) การใช้เทคโนโลยี (Technology: T) ความรู้ทางวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ประดิษฐ์ชิ้นงาน ซึ่งในวงจรปฏิบัติการนี้ครูกำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างชิ้นงานให้นักเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถประดิษฐ์ชิ้นงานได้ตรงตามเวลาและมีคุณภาพ แต่เนื่องจากครูกำหนดวัตถุประสงค์ให้นักเรียนจึงทำให้ชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขาดความหลากหลาย

5) **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องตอบคำถามท้ายกิจกรรมการเรียนรู้ และนำเสนอหลักการสร้างชิ้นงาน ซึ่งในขั้นนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการคำนวณในใบกิจกรรมได้ แต่ในการตอบคำถามหน้าชั้นเรียนพบว่านักเรียนไม่มั่นใจในการตอบคำถาม

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สรุปรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนการสอนดังแสดงในตารางที่ 16 ดังนี้

ตาราง 16 ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1. นักเรียนเข้าห้องเรียนช้า	ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
<p>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</p> <p>2.นักเรียนขาดทักษะในการทำการทดลองเบื้องต้น</p> <p>3.นักเรียนบางกลุ่มขาดการวางแผนการทำงานกลุ่มทำให้เวลาจัดกิจกรรมช้า</p>	<p>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</p> <p>1.สร้างกติกาและกำหนดบทลงโทษในชั้นเรียน โดยเพิ่มเวลาเรียนท้ายคาบเรียน</p> <p>2.ครูอธิบายรายละเอียดและให้กลับไปศึกษาเพิ่มเติม</p> <p>3.ครูเข้าไปกำชับเวลาและคอยกระตุ้นการทำงาน</p>
<p>ด้านครูผู้สอน</p> <p>1.ครูควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมไม่ได้</p> <p>2.กิจกรรมยังไม่ท้าทายความสนใจเท่าที่ควร</p>	<p>ด้านครูผู้สอน</p> <p>1.กำหนดเวลาและแจ้งรายละเอียดเวลาร่วมกับนักเรียน</p> <p>2.กำหนดกิจกรรมให้ท้าทายมากขึ้น</p>

ในการจัดการเรียนการสอนระหว่างวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้วิจัยจึงต้องนำผลของการสะท้อนผลไปปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

2.1 ชั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์การเรียนโดยดำเนินการดังนี้

2.1.1 ด้านบทบาทของครูได้เพิ่มเนื้อหาการนำเข้าสู่บทเรียนและเพิ่มเวลาในการเดินตอบคำถามนักเรียนแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนสนใจมากขึ้น

2.1.2 ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ จากปัญหาชิ้นงานที่ขาดความหลากหลายของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จึงไม่มีการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้นวัตกรรม ทั้งนี้เพื่อไม่เป็นการตีกรอบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

2.2 ชั้นปฏิบัติการเรียนการสอน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยมีแผนการเรียนรู้ ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

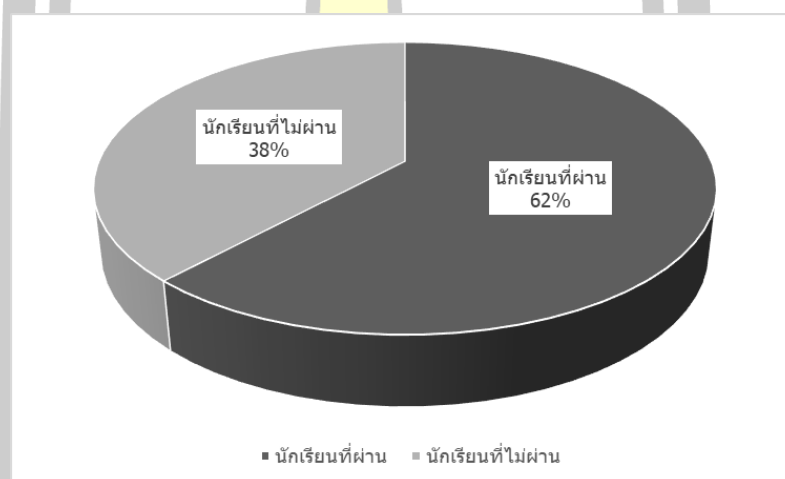
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การตีตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ

2.3 ชั้นสังเกตการณ์ (Obeserve) หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 จากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้น และตั้งใจให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอนดีขึ้น นักเรียนมีความสนุกสนานในการเรียนในการทดลอง นักเรียนส่งงานตามเวลาที่กำหนดมากขึ้น และนักเรียนสามารถทำงานประดิษฐ์และทดลองโดยไม่ได้ถามครูซ้ำ

2.3.2 จากการใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏดังภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบ 5 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จริงปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบที่ 5 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.88 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.56 และมีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน นอกจากนี้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบย่อย 3 ด้านพบว่าแต่นักเรียนมีคะแนนองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.ด้านคุณสมบัติ (Trail) นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

2.ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.79 จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน

3.ด้านกระบวนการ (Process) นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.76 จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 17

ตาราง 17 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายด้าน วงจรปฏิบัติการที่ 2

คะแนน	คุณสมบัติ	ผลิตภัณฑ์	กระบวนการ
องค์ประกอบ			
คะแนนเต็ม	6	8	4
คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้าน	3.33	6.79	2.76
คะแนนเฉลี่ยรวม	12.88		

จากการศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกองค์ประกอบ

2.3.3 การใช้แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากการให้ข้อมูลของนักเรียน จนนำไปสู่การสรุปผลพบว่ามี 2 ประเด็นสำคัญคือ 1. ประเด็นด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน 2. ประเด็นด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน โดยผู้วิจัยได้สรุปดังนี้

ประเด็นที่ 1. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน
นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาชอบและไม่รู้สึกเบื่อเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งผลให้กิจกรรมระหว่างเรียนเป็นไปอย่างสนุกสนาน และสำเร็จตรงตามจุดประสงค์ ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ผมรู้สึกที่ไม่เบื่อดีครับได้ลงมือทำ มีใบงานง่ายทำได้อยู่ ทำกับเพื่อนครับ...”

(นักเรียนรหัส 11, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

“...มันก็สนุกดีค่ะ ไม่เบื่อได้ทำงานกับเพื่อน ครูไม่ต้องให้โจทย์เยอะๆ งานหนูเยอะแล้ว...”

(นักเรียนรหัส 33, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

ประเด็นที่ 2. ประเด็นด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน

ระหว่างการทำกิจกรรมแบบกลุ่มพบว่านักเรียนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี เห็นได้จากการเตรียมวัสดุอุปกรณ์มาจากบ้าน และการช่วยกันแก้ปัญหาท้ายกิจกรรม ทำให้นักเรียนทุกคนได้รับการฝึกแก้โจทย์ปัญหาทุกคน โดยในปัญหาท้ายกิจกรรมการเรียนรู้เป็นโจทย์ปัญหาที่สั้นและมีจำนวนไม่มาก แต่เป็นโจทย์ปัญหาที่สรุปแนวคิดหลักของเรื่องที่เรียน จึงทำให้นักเรียนเข้าใจเร็วขึ้นในเวลาระการแก้โจทย์ปัญหาที่น้อยลง ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...หนูได้เตรียมของมาจากบ้านได้หาไปหาอุปกรณ์เยอะมาก แต่ก็ชอบไม่ต้องทำโจทย์เยอะๆ หนูชี้เกี่ยจต...”

(นักเรียนรหัส 17, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

“...ทำตามเพื่อนค่ะ เพื่อนพาทำอะไรหนูก็ทำ เข้าใจนิดหน่อยคะ แต่เรียนแบบนี้ดีแล้วคะหนูไม่เบื่อ...”

(นักเรียนรหัส 24, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังวงจรปฏิบัติการที่ 2 ข้อมูลส่วนใหญ่ที่นักเรียนให้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าความรู้สึกของนักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีความชอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ประดิษฐ์สิ่งของหรือนวัตกรรม ทำให้ผู้เรียนเกิดความสุขสนุกสนานและเรียนรู้เนื้อหาไปด้วย และมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนเพิ่มมากขึ้น

2.4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามขั้นการสอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในขั้นนี้ครูได้เพิ่มความน่าสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนผ่านการเปิดคลิปวิดีโอ และสร้างเป้าหมายปัญหาในการเรียนให้นักเรียน พบว่านักเรียนเข้าใจจุดประสงค์ที่ครูพยายามจะสื่อสารมากขึ้น สืบเนื่องจากความตั้งใจในให้ความร่วมมือของนักเรียนในช่วงเรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนส่วนใหญ่ศึกษาความรู้จากใบกิจกรรมที่ครูให้ และมีนักเรียนบางส่วนที่จะศึกษาข้อมูลด้วยตัวเองจากสมาร์ทโฟน

3) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในชั้นนี้ครูได้เพิ่มเวลาในการเดินตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนตามกลุ่ม พบว่านักเรียนมีความสนใจในเนื้อหามากขึ้นสามารถตอบคำถามที่ครูถามได้ สามารถคิดตามที่ครูถามได้

4) ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้

5) ชั้นประเมินผล (Evaluation) ในชั้นนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการคำนวณในใบกิจกรรมได้ดีขึ้น และในการตอบคำถามหน้าชั้นเรียนพบว่านักเรียนมีมั่นใจในการตอบคำถามเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 18

ตาราง 18 ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
<p><i>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</i></p> <p>1.นักเรียนขาดทักษะในการสืบค้นข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล</p>	<p><i>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</i></p> <p>1.แนะนำการสืบค้นข้อมูลและแนวทางการเลือกสื่อที่น่าเชื่อถือ</p>
<p><i>ด้านครูผู้สอน</i></p> <p>1.นักเรียนอธิบายชิ้นงานที่สร้างโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน</p>	<p><i>ด้านครูผู้สอน</i></p> <p>1.ครูชี้แจงและร่วมอภิปรายรายละเอียดของหลักการที่เกี่ยวข้อง</p>

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การทดลอง การนำเสนอผลงานของนักเรียน พบว่านักเรียนเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เข้าใจปัญหาการแก้ปัญหาตามหลักวิทยาศาสตร์ และคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์โดยคำนวณจากหลักการทางฟิสิกส์ และยังขาดทักษะในการนำเสนองานเป็นส่วนมาก แต่จากการจัดกิจกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 7 คน เป็นจำนวน 13 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จาก 11.40 เป็น 12.88 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นจำนวน 13 คนจากทั้งหมด 21 คน

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยนำเสนอ รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายโดยดำเนินการดังนี้

1.1.1 วิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากผลการทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.2 ขั้นปฏิบัติการเรียนการสอน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยมีแผนการเรียนรู้ ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

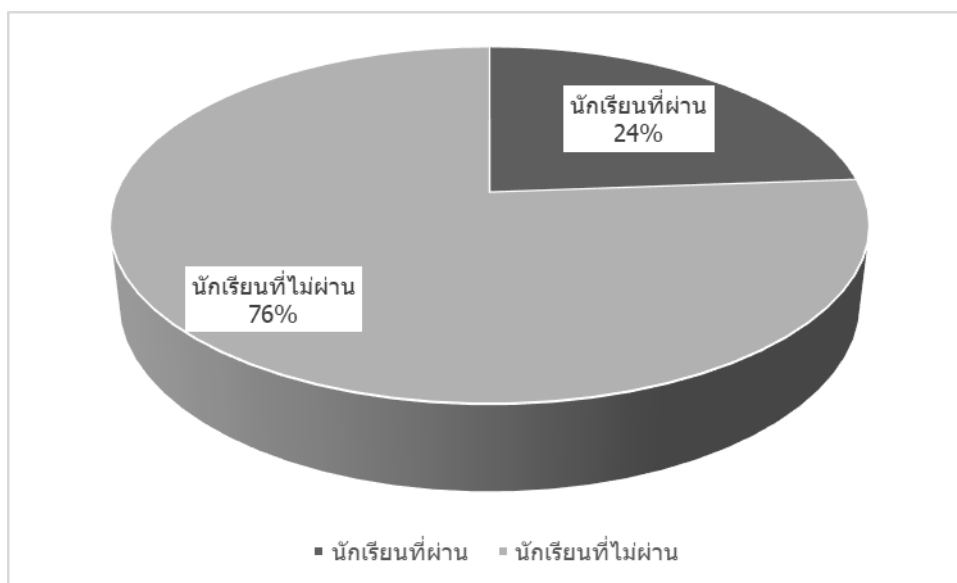
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดล

1.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Obeserve) หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

1.3.1 จากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ ทำให้ไม่เข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นักเรียนส่วนมากจำสูตรทางฟิสิกส์ไม่ได้ ทำให้ไม่ชอบการเรียนรู้ แต่ในระหว่างการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่านักเรียนให้ความสนใจ และสามารถตอบปัญหาทฤษฎีการได้

1.3.2 จากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดย มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ เลือกคำตอบที่ถูกต้องจาก 4 ตัวเลือกในแต่ละข้อ ข้อสอบจำนวน 15 ข้อ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1

ภาพประกอบที่ 6 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 42.86 และมีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน

1.3.3 จากการใช้แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในส่วนนี้เป็นการสัมภาษณ์เพื่อสรุปประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการให้ข้อมูลของนักเรียนจนนำไปสู่การสรุปผลพบว่ามี 2 ประเด็นสำคัญคือ 1. ประเด็นด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน 2. ประเด็นด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน โดยผู้วิจัยได้สรุปดังนี้

ประเด็นที่ 1. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น นักเรียนจะร่วมกิจกรรมแบบกลุ่มทำให้นักเรียนสามารถช่วยกันแก้ปัญหาที่ครูให้ได้ เพราะเนื้อหาระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนสามารถสืบค้นในใบกิจกรรมได้ และยังสามารถสืบค้นได้ในสื่อออนไลน์ ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนาน และตื่นตัวที่ได้ทำกิจกรรมกับกลุ่มเพื่อน นักเรียนจึงสนใจกิจกรรมที่เรียนมากขึ้น ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...ผมชอบกิจกรรมแบบกลุ่ม เพื่อนได้ช่วยกันดี ได้ช่วยกันคิดโจทย์ที่ครูให้ ทำให้ง่ายขึ้น...”

(นักเรียนรหัส 3, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“...หนูรู้สึกว่ามันสามารถทำได้อยู่ เพราะมันตรงกับใบกิจกรรมที่ครูให้มา มันก็ไม่ได้ยากไป แต่หนูก็ยังไม่ค่อยเข้าใจมาก...”

(นักเรียนรหัส 27, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

ประเด็นที่ 2. ด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมถึงท้ายชั่วโมงเรียน นักเรียนจะได้แก้ปัญหาทำกิจกรรมที่ครูให้นักเรียน ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาที่สรุปแนวคิดเกี่ยวกับกิจกรรมที่นักเรียนทำ จึงทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหลักที่เรียนและสามารถต่อยอดความคิดได้หลังเรียน ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...โจทย์ที่ครูให้มามันไม่ยากมากครับ ผมสามารถทำกับเพื่อนๆในกลุ่มได้...”

(นักเรียนรหัส 4, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“...โจทย์มันไม่เยอะดีหนูชอบ หนูไม่อยากทำเยอะ แต่ก็ยังไม่ค่อยเข้าใจมากเท่าไรค่ะ หนูจำสูตรไม่ค่อยได้...”

(นักเรียนรหัส 36, สัมภาษณ์วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562)

จากการสัมภาษณ์นักเรียน ข้อมูลส่วนใหญ่ที่ได้จากนักเรียน ในส่วนของเนื้อหาพบว่าเนื้อหาที่ให้นักเรียนสามารถทำได้ เนื่องจากโจทย์ที่ให้อยู่ในระดับที่ง่าย ทั้งนี้เพื่อต้องการให้นักเรียนเริ่มเข้าใจจากส่วนที่ง่ายไปหายาก ทำให้คำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนส่วนใหญ่เป็นไปในทางเดียวกันคือตัวอย่างที่ครูให้ในแต่ละคาบเรียนมีความง่าย นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้

1.4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามขั้นการสอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสร้างประเด็นที่จะศึกษา พบว่านักเรียนให้ความสนใจกับปัญหาที่ครูให้เพราะนักเรียนรู้สึกแปลกใหม่

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำการแบ่งกลุ่มจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูให้ ในด้านการสืบค้นข้อมูลของนักเรียนพบว่านักเรียนบางส่วนขาดทักษะในการสืบค้นข้อมูล

3) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในขั้นนี้นักเรียนส่วนใหญ่จะมีคำถามให้ครู นักเรียนบางส่วนตั้งคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่สนใจ ในขั้นนี้ครูทำหน้าที่เพิ่มทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยการเดินตรวจสอบที่ละกลุ่ม

4) ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์(Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ประดิษฐ์ชิ้นงาน ซึ่งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการของการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมและการดลเข้ากับชิ้นงานที่นักเรียนได้ดีมาก เห็นจากคุณภาพในการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

5) ชั้นประเมินผล (Evaluation) ในขั้นนี้นักเรียนสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมการเรียนรู้ และนำเสนอหลักการสร้างชิ้นงาน ซึ่งในขั้นนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการคำนวณในใบกิจกรรมได้ ด้านเนื้อหา นักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายหลักการในการสร้างชิ้นงานได้เป็นอย่างดี

ตาราง 19 ปัญหาที่พบที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
<p><i>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</i></p> <p>1.นักเรียนเข้าห้องเรียนช้า</p> <p>2.นักเรียนขาดทักษะในการทำการทดลองเบื้องต้น</p> <p>3.นักเรียนบางกลุ่มขาดการวางแผนการทำงานกลุ่มทำให้เวลาจัดกิจกรรมช้า</p>	<p><i>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</i></p> <p>1.สร้างกติกาและกำหนดบทลงโทษในชั้นเรียน โดยเพิ่มเวลาเรียนท้ายคาบเรียน</p> <p>2.ครูอธิบายรายละเอียดและให้กลับไปศึกษาเพิ่มเติม</p> <p>3.ครูเข้าไปกำชับเวลาและคอยกระตุ้นการทำงาน</p>
<p><i>ด้านครูผู้สอน</i></p> <p>1.ครูควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมไม่ได้</p> <p>2.ครูให้แสดงโจทย์ระหว่างเรียนง่ายเกินไป</p>	<p><i>ด้านครูผู้สอน</i></p> <p>1.กำหนดเวลาและแจ้งรายละเอียดเวลาร่วมกับนักเรียน</p> <p>2.เพิ่มระดับความยากของโจทย์ระหว่างเรียน และยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง</p>

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างวงจรปฏิบัติการวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนให้ความสำคัญกับกิจกรรมอย่างอื่นมากเกินไปทำให้คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลักการจัดกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ยน้อย ดังนั้นเพื่อให้การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นความครูไปกับ

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มเนื้อหาและการยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน และยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหา

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น ดังนี้

2.1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยดำเนินการดังนี้

2.1.1 ด้านบทบาทของครูได้เพิ่มการอธิบายเนื้อหาของการเรียนในแต่ละชั่วโมง และเพิ่มเวลาในการเดินทางต่อนักเรียนแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนสนใจมากขึ้นและควบคุมบรรยากาศในการเรียนให้สนใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์มากขึ้น

2.1.2 ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาการเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ครูปรับให้มีระดับของความน่าสนใจมากขึ้นโดยการยกตัวอย่างโจทย์ในใบกิจกรรมเป็นโจทย์ที่นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้เอง โดยเป็นโจทย์ที่คัดเฉพาะแนวคิดในเนื้อหา

2.2 ขั้นปฏิบัติการเรียนการสอน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยมีแผนการเรียนรู้ ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

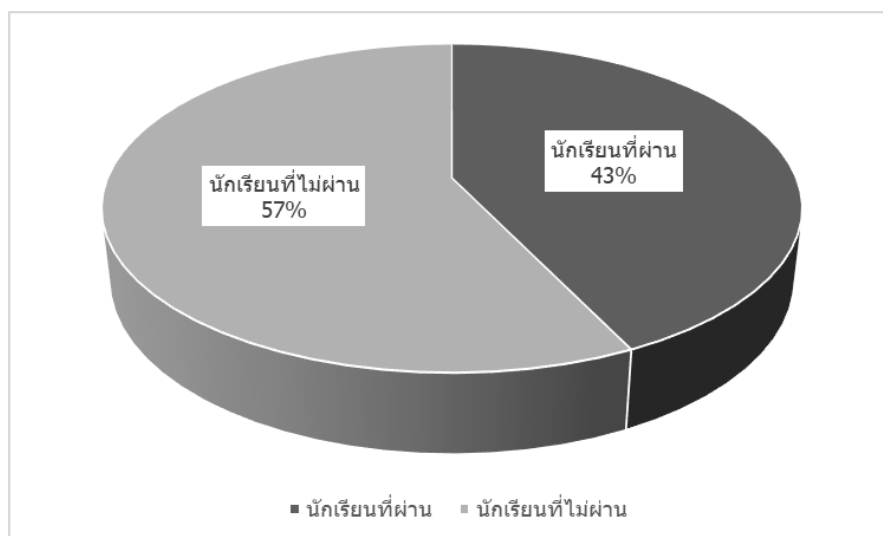
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การตีตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ

2.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Obeserve) หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 จากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้น และตั้งใจให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอนดีขึ้น นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ครูให้ได้ โดยสังเกตจากการส่งงาน และประสิทธิภาพของงานที่ส่ง

2.3.2 จากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผลปรากฏดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงพัฒนาการจำนวนนักเรียนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2

ภาพประกอบที่ 9 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.52 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.16 และมีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 9 คน

2.3.3 จากการใช้แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ในส่วนนี้เป็นการสัมภาษณ์เพื่อสรุปประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากการให้ข้อมูลของนักเรียนจนนำไปสู่การสรุปผลพบว่ามี 2 ประเด็นสำคัญคือ 1. ประเด็นด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน 2. ประเด็นด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน โดยผู้วิจัยได้สรุปดังนี้

ประเด็นที่ 1. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อตัวผู้เรียน

ในระหว่างการทำกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการก่อนหน้านี้ เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถที่จะร่วมกันแก้โจทย์ปัญหาที่ครูให้ร่วมกันได้ ครูจึงกำชับให้นักเรียนทุกคนกลับไปทบทวนสูตรที่เรียน เพื่อที่จะแก้โจทย์ปัญหาในระดับต่อไปได้ ทำให้บทสัมภาษณ์ในวงจรนี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความพยายามที่จะจำสูตรจากการที่ครูสรุปสูตรที่เกี่ยวข้องในท้ายชั่วโมงแล้วให้นักเรียนจดบันทึกแล้วกลับไปทบทวน เพื่อตอบคำถามในระหว่างกิจกรรมใจชั่วโมงถัดไปและยังเพื่อทำแบบฝึกหัดในท้ายกิจกรรม ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...หนูรู้สึกว่ามันค่อยเข้าใจเท่าไร แต่หนูพยายามจำสูตรที่ครูให้และก็ทบทวน...”

(นักเรียนรหัส 14, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

“...หนูก็ลองทำตามเพื่อนแล้วและก็ลองทำดูโจทย์ก็ไม่ยากเท่าไร แต่ตัวเลขเยอะหนูก็เกียจทดเลข...”

(นักเรียนรหัส 18, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

ประเด็นที่ 2. ด้านความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน

เมื่อนักเรียนพยายามจำสูตรที่ครูช่วยสรุปแล้วพบว่า นักเรียนเข้าใจหลักการของสูตร และเนื้อหาที่เรียนเพิ่มมากขึ้น ดังตัวอย่างบทสัมภาษณ์

“...จากการเรียนในแต่ละคาบหนูก็พยายามจำหลักการ และก็จำสูตรที่ครูบอก เนื้อหาไม่ค่อยยากแต่ชอบทำงานอื่นให้ประดิษฐ์มากกว่า...”

(นักเรียนรหัส 31, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

“...ในการเรียนที่ผ่านมาหนูกลับไปก็จำแต่สูตรคะ แต่ก็เข้าใจอยู่นิดหนึ่ง หนูเดาเอาครับครุ...”

(นักเรียนรหัส 32, สัมภาษณ์วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังวงจรปฏิบัติการที่ 2 ข้อมูลส่วนใหญ่ที่นักเรียนให้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้านการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าความรู้สึกของนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเนื้อหามากขึ้น และมีการกลับไปทบทวน มีการพยายามจำสูตรที่เรียนให้มากขึ้น

2.4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษิตตามขั้นการสอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในขั้นนี้ครูได้และนักเรียนได้แจ้งจุดประสงค์ในการเรียนรู้ร่วมกันนักเรียน เพื่อสร้างเป้าหมายในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง การชนของวัตถุและการระเบิด

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนส่วนใหญ่ศึกษาความรู้จากใบกิจกรรมที่ครูให้ ในขั้นนี้เนื่องจากนักเรียนขาดทักษะในการสืบค้นข้อมูล ครูจึงเข้าไปชี้แนะการสืบค้น โดยให้คำสำคัญในการสืบค้นข้อมูล

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในขั้นนี้ครูได้เพิ่มเวลาในการเดินตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนตามกลุ่ม พบว่านักเรียนมีความสนใจในเนื้อหามากขึ้นสามารถตอบคำถามที่ครูถามได้ สามารถคิดตามที่ครูถามได้มีการลองคิดคำนวณจากโจทย์ที่ครูให้ในคาบเรียน

4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้ พบว่านักเรียนเข้าใจหลักการของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมในเบื้องต้น เข้าใจการถ่ายโอนพลังงานจากการทำงานสามารถทำไปออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน

5) **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** ในขั้นนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการคำนวณในใบกิจกรรมได้ดีขึ้น

และนอกจากนี้ผู้วิจัยได้สรุปปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

ตาราง 20 ปัญหาที่พบระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน วงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1.นักเรียนขาดทักษะในการสืบค้นข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1.แนะนำการสืบค้นข้อมูลและแนวทางการเลือกสื่อที่น่าเชื่อถือ
ด้านครูผู้สอน 1.นักเรียนขาดความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ หลักการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงาน	ด้านครูผู้สอน 1.ครูชี้แจงและร่วมอภิปรายรายละเอียดของหลักการที่เกี่ยวข้อง

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การทดลอง การนำเสนอผลงานของนักเรียนพบว่า นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพิ่มมากขึ้น ทำให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพบว่านักเรียนมีพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มมากขึ้นในแต่ละวงรอบ จากการศึกษาพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มมากขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 5 คน เป็นจำนวน 9 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากร้อยละ 42.86 เป็นร้อยละ 70.16 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

พูนุ ปณ ทิโต ชิว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ ใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะไว้ดังต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.40 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 63.36 มีผู้มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.88 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.56 พบว่านักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 8 คน

2. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 42.86 มีผู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 16 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.52 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.16 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 9 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 มีประเด็นที่นำมาอภิปรายดังนี้

1. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน ซึ่งจากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่านักเรียนมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ผู้วิจัยทำการแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไประหว่างกิจกรรม โดยการให้โจทย์ปัญหาแก่นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนแก้ปัญหาโดยการสร้างนวัตกรรมตามแนวคิดของนักเรียน แต่แนวคิดในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนจะต้องอยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้นี้ได้อภิปรายผลได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 มีการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เนื้อหาเรื่อง 1)โมเมนตัม 2)แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม และ 3)การดล ในการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา

ความรู้ แต่ในระหว่างกิจกรรมครูจะแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปโดยการให้สถานการณ์ปัญหาเข้าไประหว่างเรียน จนนำไปสู่การแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรม โดยในแผนการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม ในแผนนี้ครูจะเริ่มให้สถานการณ์กับนักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหลักการของเรื่อง โมเมนตัม ที่เกี่ยวข้องกับเบาะนิรภัยรับผู้ประสบภัยที่ตกจากอาคารสูงว่ามีหลักการการทำงานอย่างไร และให้นักเรียนหาวิธีการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากอาคารสูงเพิ่มเติม ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมทักษะการสืบค้นข้อมูล และเพื่อฝึกการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านสถานการณ์ปัญหา จากนั้นในแผนการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม ในแผนการเรียนรู้นี้นักเรียนจะต้องนำองค์ความรู้ที่สืบค้นจากชั่วโมงก่อนหน้ามาทำการสร้างนวัตกรรมตามการค้นคว้าของนักเรียน ในขั้นนี้พบว่านักเรียนทุกคนสามารถนำความรู้มาสร้างนวัตกรรมได้ โดยอิงหลักการทางฟิสิกส์เรื่องโมเมนตัมได้อย่างถูกต้อง และในแผนการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดล ในแผนการเรียนรู้นี้ นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนว่าชิ้นงานของนักเรียนมีประสิทธิภาพหรือไม่อย่างไร ในแผนนี้พบว่านักเรียนสามารถทำการทดสอบชิ้นงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มได้ แต่ยังขาดทักษะการบันทึกผลการทดลอง ครูจึงทำหน้าที่คอยให้คำชี้แนะโดยการตรวจสอบใบกิจกรรมการเรียนรู้

วงจรถับปฏิบัติกรที่ 2 มีการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เนื้อหาเรื่อง 4)กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม 5) การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ และ 6)การติดตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในวงจรถับปฏิบัติกรที่ 2 มีลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบเดียวกันกับวงจรถับปฏิบัติกรที่ 1 มีเพียงสถานการณ์ของปัญหาที่เปลี่ยนไป เป็นการให้นักเรียนให้นักเรียนใช้ความรู้ที่ศึกษามาหาวิธีลบล้างวัสดุจากที่สูงให้ปลอดภัยที่สุด จากการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีวิธีคิดที่หลากหลายวิธีในการสร้างชิ้นงาน สืบเนื่องจากลักษณะชิ้นงานของนักเรียน และยังพบว่านักเรียนทุกกลุ่มใช้หลักการทางฟิสิกส์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการลบล้างวัสดุจากที่สูงให้ปลอดภัย โดยการสร้างชิ้นงานให้มีลักษณะเป็นร่มชูชีพ เพื่อคอยต้านอากาศและช่วยเพิ่มเวลาในการตกกระทบพื้น

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าเมื่อนักเรียนฝึกคิดอย่างหลากหลายและครูไม่จำกัดขอบเขตการคิดและส่งเสริมการคิดของนักเรียนอยู่เสมอ นักเรียนจะมีความสามารถในการพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง เพราะเมื่อวิเคราะห์ถึงกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูจัด เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้น วิเคราะห์ข้อมูล จนนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมจากการเรียนรู้ จากกิจกรรมการเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดได้อย่างหลากหลายส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนมีการบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และ คณิตศาสตร์

(Mathematics : M) (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556) มีกระบวนการการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ จากการสำรวจและสืบค้นความรู้ที่ผู้เรียนสนใจด้วยตัวเอง โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาจแทรกแนวคิดเพิ่มเติมศึกษาเข้าไประหว่างการเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) และจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษาพบว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง เกิดการเรียนรู้เป็นหมู่คณะ มีทักษะในการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล จนนำความรู้ที่ไปแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ และสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ได้ สอดคล้องกับ ภัตสร ติตมา (2558) ที่ได้ทำการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษา ผลปรากฏว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษาได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไปและมีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อับดุลยามีน หะยีซาเดร์ (2560) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษาที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดเพิ่มเติมศึกษายังทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่างๆ อาทิ ทำให้นักเรียนสนใจเรียนรู้ มีความกระตือรือร้นมากขึ้น รู้สึกท้าทายในการทำกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนสามารถใช้ทักษะความรู้ที่เกิดขึ้นแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษา พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 42.86 มีผู้ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 16 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 10.52 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.16 และที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 9 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ให้ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นอภิปรายผลได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 มีการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เนื้อหาเรื่อง 1)โมเมนตัม 2)แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม และ 3)การดล จากการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนสืบค้นความรู้ด้วยตัวเอง ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ในระหว่างเรียน และนักเรียนทุกคนจะต้องแก้โจทย์ปัญหาท้าทายคาบทุกคาบที่เรียน พบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำงานที่ครูมอบหมายให้สำเร็จ และสามารถแก้โจทย์ปัญหาท้าทายกิจกรรมการเรียนรู้ได้ แต่จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังจำสูตรที่ใช้คำนวณทางฟิสิกส์ไม่ค่อยได้ ครูจึงช่วยสรุปท้าทายคาบเรียนร่วมกันนักเรียนและมอบหมายให้กลับไปทบทวนเนื้อหา

วงจรถับปฏิบัติกรที่ 2 มีการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เนื้อหาเรื่อง 4)กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม 5) การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ และ 6)การติดตัวแยกออกจากกันในหนึ่งมิติ กิจกรรมการเรียนในวงจรถับปฏิบัติกรที่ 2 นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับวงจรถับปฏิบัติกรที่ 1 แต่เพื่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ให้สูงขึ้นในการจัดกิจกรรมก่อนเรียนครูจะช่วยสรุปและทบทวนเนื้อหาที่เรียน และคอยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการเดินเข้าไปสอบถามนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่าหลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น สืบเนื่องจากผลคะแนนที่ทำการทดสอบสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีดีขึ้น เนื่องจากในระหว่างการจัดกิจกรรมครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม แก้ปัญหาพร้อมกัน ผ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้

จากกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน อาทิ การให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูให้ ร่วมกันสืบค้นข้อมูลหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างนวัตกรรม จนนำไปสู่การออกแบบและปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักเรียนมีพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการที่ให้นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหาความรู้ สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาในด้านทักษะการคิดอย่างครบถ้วน นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้สู่การประดิษฐ์นวัตกรรม นักเรียนสามารถคิดและออกแบบสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมใหม่ ๆ จากองค์ความรู้ที่มีอยู่ ทำให้นักเรียนสามารถขยายความรู้ที่มีได้อย่างกว้างขวาง

และการวิจัยในครั้งนี้นักเรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นสอดคล้องกับ นัสรินทร์ ปือชา (2557) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับ ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการวิจัยจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และยังส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพราะคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นมีพัฒนาการขึ้นในแต่ละวรอบ และจากการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากนักเรียนจะพบว่า การที่นักเรียนมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องนั้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ทำให้นักเรียนมีความสุขสนุกสนาน มีความกระตือรือร้นในการเรียน และให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในระหว่างกิจกรรมการเรียนนักเรียนมีอิสระในการค้นหาข้อมูล สามารถใช้เครื่องมือสื่อสาร ในการหาข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ได้ เพื่อนำความรู้ที่ได้มาแก้ปัญหา และออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมยังส่งเสริมการทำงานเป็นทีม ยอมรับในการตัดสินใจของเพื่อนร่วมกลุ่ม และร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย มีการช่วยเหลือกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม นักเรียนมีความคิดแปลกใหม่มีความกล้าที่จะพูดอธิบายหลักการที่ค้นพบ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม และสามารถนำเสนอผลงานอย่างมีเหตุผล ด้วยเหตุนี้ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตัวเอง ดังนั้นควรมีการวางแผนในการใช้เวลาที่ใช้จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับลักษณะของกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนนักเรียนใช้เวลาในการค้นหาข้อมูล ออกแบบ และสร้างชิ้นงาน และควรจะทำให้อุปกรณ์ที่หลากหลายเพื่อเป็นตัวเลือกให้นักเรียนนั้นได้สร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างเต็มที่

1.2 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทุกครั้งควรมีการศึกษาสภาพห้องเรียนที่จะใช้จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนการสอน จัดเตรียมพื้นที่ให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

1.3 นักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันโดยธรรมชาติ เช่น ความชอบที่แตกต่างกัน การเรียนรู้ต่างกัน ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์โดยรวมสูงขึ้น แต่เมื่อแยกพิจารณารายบุคคลนักเรียนบางส่วนจากกลุ่มตัวอย่างไม่มีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์เลย

1.4 ในกรณีที่ต้องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยจำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ควรสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องก่อน เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ถึงแม้นักเรียนมีศักยภาพในการคิดสร้างสรรค์ ก็ยากในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1.5 ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะต้องทำการพัฒนาอย่างต่อเนื่องควบคู่กันไป โดยผ่านกระบวนการทำใบกิจกรรม กิจกรรมการเรียนรู้ การทดลอง เพราะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยเวลาในการพัฒนา

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยระยะเวลาในการพัฒนาฝึกฝนอยู่บ่อย ๆ เป็นเวลานาน ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มระยะเวลาให้นานขึ้น

2.2 เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาจึงต้องเพิ่มข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ รวมทั้งการพัฒนาความรู้รอบตัวทางวิทยาศาสตร์



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

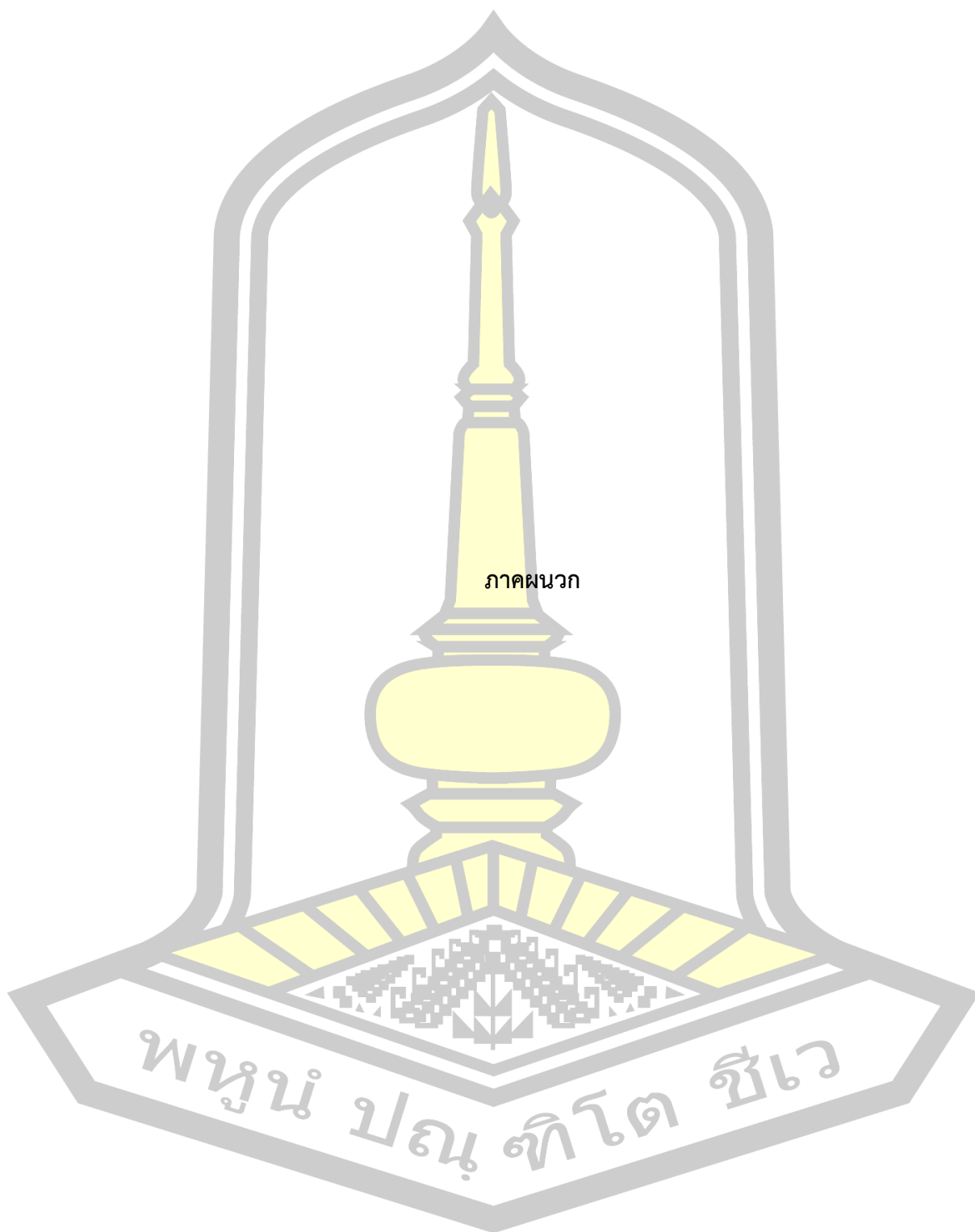
- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). ประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมเพื่อทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา*, 26(2), 1–9. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <http://www.edu.buu.ac.th/webnew/j/y26v02.pdf>
- กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน. (2550). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมศึกษาในสถานศึกษา. (2559). ผลประชุมคณะกรรมการนโยบาย “สะเต็มศึกษา” กระทรวงศึกษาธิการ. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <https://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?>
- จันทนา สอนกองแดง. (2551). *ผลการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงานที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- ชนินทร์ชัย อินทிரารณ และสุวิทย์ หิรัญยกานนท์. (2548). *พจนานุกรมศัพท์ทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: โอคิวบุ๊คเซ็นเตอร์.
- ชยพัทธ์ ศรีกรรต. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบประสาทและ อวัยวะรับความรู้สึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ฐายิกา ชูสุวรรณ. (2561). *การสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสงที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพมหานคร: ดวงกลม.
- ธิตยา คำควร. (2558). *ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความแตกต่างระหว่างเพศที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53*, 31–38.
- นัฐยา ทองจันทร์. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง. วารสารบัณฑิตวิจัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 7(1), 1–14.

- นัสนรินทร์ ปือชา. (2557). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- น้ำเพชร ลินทอง. (2541). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความวิตกกังวลระหว่างการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน แบบมีเหตุผลและแบบปล่อยปละละเลย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยนนทบุรี ปีการศึกษาปีที่ 2541. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นุรอาชีกีน สาและ. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- บุญรัตน์ จันทร. (2557). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประทุม อัดชู. (2535). การสร้างแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 3(3), 129–140.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49–56.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียววี ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ไพศาล หวังพานิช. (2536). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภัสสร ติตมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบุร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ. (2560). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1. ร้อยเอ็ด: มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด.
- มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็ม”. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โขติกา บิสเนส พรินท์ จำกัด.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). การวัดผลและการสร้างแบบสอบสัมฤทธิ์. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โรงเรียนเชียงใหม่พิทยาคม. (2560). รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. มหาสารคาม.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2545). เอกสารประกอบการสอนวิชา 0506703 พัฒนาการเรียนการสอน. ภาควิชา หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2545). การพัฒนาการเรียนการสอนภาควิชาหลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม. มหาสารคาม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). เอกสารประกอบหลักสูตรการเรียนรู้คู่มือประกอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เอกสารประกอบหลักสูตรการเรียนรู้ คู่มือประกอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). รู้จักสะเต็ม. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ทำไมต้องจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา. สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). การขับเคลื่อนการศึกษามัธยมศึกษาไทย 4.0 เพื่อการมีงานทำแห่งศตวรรษที่ 21 [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <https://secondary.obec.go.th/newweb/wp-content/uploads/2017/12/367-aw-all-e-Book.pdf>

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน*. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <http://backoffice.onec.go.th/uploads/Book/365-file.pdf>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, (3), 154–160.
- สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 10(2), 13–34.
- สุธีระ ประเสริฐสรพร. (2555). *โครงการวิจัยกระบวนการเรียนรู้ใหม่ของการศึกษาไทย*. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <http://www.knowledgefarm.in.th/new-process-learning/>
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์...การสอนคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพมหานคร.
- อภิสิทธิ์ รัชไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในประเทศไทยสหรัฐอเมริกา. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19(5).
- อับดุลยามีน หะยีซาเดร์. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาคณิตศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อารี พันธุ์มณี. (2547). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ 1412.
- Breiner, J. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Budnitz, N. (2003). What do we mean by inquiry? Retrieved from http://www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what_is_inquiry.htm website: http://www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what_is_inquiry.htm
- Bybee, R. (2006). Scientific inquiry and science teaching. *In Scientific Inquiry and Nature of Science*, 1–14.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). STEM project-based learning. *Rotterdam: Sense Publishers*, 10(1007).
- Clayphan, A., Kay, J., & Weinberger, A. (2014). ScriptStorm: scripting to enhance tabletop brainstorming. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1433–1453.
- Dejarnette, N. (2012). America's children: providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math). *Initiatives Education*, 133(1), 3–11.

- Guskey, T. R. (2007). Closing achievement gaps: revisiting Benjamin S. Bloom's "Learning for Mastery." *Journal of Advanced Academics*, 19(1), 8–31.
- Havighurst, R. J., Munnichs, J. M., Neugarten, B. L., & Thomae, H. (1969). *Adjustment to retirement: A cross-national study*.
- Hu, W., Adey, P., & London, C. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389–403.
- Jamali, S. M., Md Zain, A. N., Samsudin, M. A., & Ale Ebrahim, N. (2017). Self-Efficacy, Scientific Reasoning, and Learning Achievement in the STEM Project-Based Learning Literature. *The Journal of Nusantara Studies (JONUS)*, 2, 29–43.
- Karademir, E. (2016). Investigation the scientific creativity of gifted students through project-based activities. *International Journal of Research in Education and Science*, 2(2), 416–427.
- Lin, C., Hu, W., Adey, P., & Shen, J. (2003). The influence of CASE on scientific creativity. *Research in Science Education*, 33(2), 143–162.
<https://doi.org/10.1023/A:1025078600616>
- Lubart, T. I. (1999). *17 Creativity Across Cultures*. Handbook of creativity.
- O'Neill, T. (2012). Teaching STEM means teacher learning. *Phi Delta Kappan*, 94(1), 36–40.
- Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik içerikli okul sonrası etkinlikler ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(1), 309–322.
<https://doi.org/10.12738/estp.2014.1.1876>
- Torrance, E. P. (1990). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12–19.



ภาคผนวก

พหุณํ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รหัสวิชา ว30202

หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัมและการชน

เรื่อง โมเมนตัม

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

ผู้สอน นายรพีพล อินสุพรรณ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 สอนวันที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 สอนวันที่.....

ผลการเรียนรู้

อธิบายโมเมนตัมของวัตถุและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุจากสมการได้

สาระสำคัญ

โมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ถ้าวัตถุมีมวลขนาดเท่ากันแต่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน โมเมนตัมของวัตถุก็จะต่างกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

-ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Knowledge)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้

-ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

1. นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมได้
2. นักเรียนสามารถสืบค้นความรู้จากหนังสือและอินเทอร์เน็ตเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครู

กำหนดให้ได้

-ด้านลักษณะอันพึงประสงค์ (Attribute)

1. นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่

สาระการเรียนรู้

- โมเมนตัม

กิจกรรมการเรียนรู้

การเรียนการสอนในห้องเรียนจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยมีจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

- 1.ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามว่า “นักเรียนคิดว่าโมเมนตัมคืออะไร เกี่ยวข้องกับปริมาณใดบ้าง” และให้นักเรียนช่วยกันตอบปากเปล่าโดยครูจะยังไม่เฉลยว่าถูกหรือผิด
- 2.ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยถามคำถามว่า “รถมอเตอร์ไซค์จะมีโมเมนตัมเท่ากับรถบรรทุกทุกหรือไม่” และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล

(แนวตอบ: อาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ เพราะนอกจากโมเมนตัมจะขึ้นกับมวลของวัตถุ แล้ว ยังขึ้นกับความเร็วของวัตถุอีกด้วย)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

- 1.ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาและ เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของนักเรียน
- 2.ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนักเรียนมารับอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง ได้แก่ ลูกเทนนิส และลูกปิงปอง
- 3.นักเรียนทำการทดลองโดยการโยนและรับลูกปิงปองและลูกเทนนิส
- 4.นักเรียนในแต่ละกลุ่มทดลองรับลูกเทนนิสและลูกปิงปอง เพื่อเปรียบเทียบว่าแรงที่ใช้รับต่างกันหรือไม่
- 5.นักเรียนวิเคราะห์ว่าการรับลูกปิงปองและลูกเทนนิสในแต่ละครั้งใช้แรงในการรับ ต่างกันหรือไม่
- 6.ครูให้นักเรียนบันทึกผลในสมุดบันทึก

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

- 1.ครูตั้งคำถามให้นักเรียนเพื่อร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง โดยการถามว่า “แรงที่นักเรียนรับลูกปิงปองกับลูกเทนนิส ต่างกันหรือไม่อย่างไร”
- 2.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผล และร่วมกันสรุปผล
- 3.ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า โมเมนตัมของวัตถุเป็นปริมาณที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ใช้บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ และโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว โดยโมเมนตัมมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วของวัตถุ สามารถคำนวณหาได้ ดังสมการ

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1.ครูให้สถานการณ์การเรียนรู้กับนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาด้วยตัวเอง โดยครูให้สถานการณ์ปัญหากับนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมมาแก้ปัญหาในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในช่วงนี้เป็นการศึกษาและสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา โดยครูให้สถานการณ์ดังนี้

“ปัจจุบันมีตึกสูงมากมายตามหัวเมืองต่าง ๆ ทำการอยู่อาศัยในตึกสูงต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ระบบรักษาความปลอดภัยต้องได้ถ้านักเรียนเป็นมาตรฐาน เช่น ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้ต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้คนที่อาศัยอยู่ได้รวดเร็ว และปลอดภัย”

-ให้นักเรียนศึกษาวิธีการรับคนที่ตกจากตึกสูง แล้วเขียนนำเสนอวิธีการ (ระบุได้มากกว่า 1 วิธี)

2.นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจปัญหา

3.นักเรียนสืบค้นความรู้จากใบกิจกรรมและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อนำมาตอบปัญหาท้ายกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1.ครูตรวจสอบผลการทำกิจกรรมการเรียนรู้จากใบกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

2.ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน of นักเรียน

การวัดและประเมินผล

การวัดประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1.ด้านความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจในเนื้อหาการเรียน	ปัญหาท้ายกิจกรรมการเรียนรู้	ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 70 ของคำตอบที่มีทั้งหมด
2.ด้านทักษะกระบวนการ	การสังเกตพฤติกรรมเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 70 ของคำตอบที่มีทั้งหมด
3.ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	ได้คะแนนพฤติกรรมเท่ากับหรือมากกว่า 2

เกณฑ์ประเมินพฤติกรรมนักเรียน

รายการประเมิน	คำอธิบายคุณภาพ		
	ดีมาก (2 คะแนน)	ปานกลาง (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
1.ความเข้าใจใน เนื้อหารายวิชาที่เรียน	นักเรียนสามารถ อธิบายเนื้อหาที่เรียนได้ กับสืบค้นความรู้ได้	นักเรียนสามารถ อธิบายเนื้อหาที่เรียน ได้	นักเรียนสามารถไม่ อธิบายเนื้อหาที่ เรียนได้
2.การมีส่วนร่วมใน การทำกิจกรรมใน ห้องเรียน	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายเป็นอย่างดี และถูกต้อง	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายเป็นแต่ขาด ความถูกต้อง	ไม่ทำงานที่ได้รับ มอบหมาย
3.การตรงต่อเวลา	เข้าเรียนก่อนเวลาที่ครู สอน	เข้าเรียน	ไม่เข้าเรียน

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม (เล่ม 2) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. อินเทอร์เน็ต
3. ใบกิจกรรมการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- หนังสือเรียนฟิสิกส์ (เล่ม2) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลาง
- อินเทอร์เน็ต

บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

บันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านความรู้

พจนานุกรม ศิโรต ชีวะ

ด้านทักษะกระบวนการ

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

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

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

ปัญหาและอุปสรรค

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

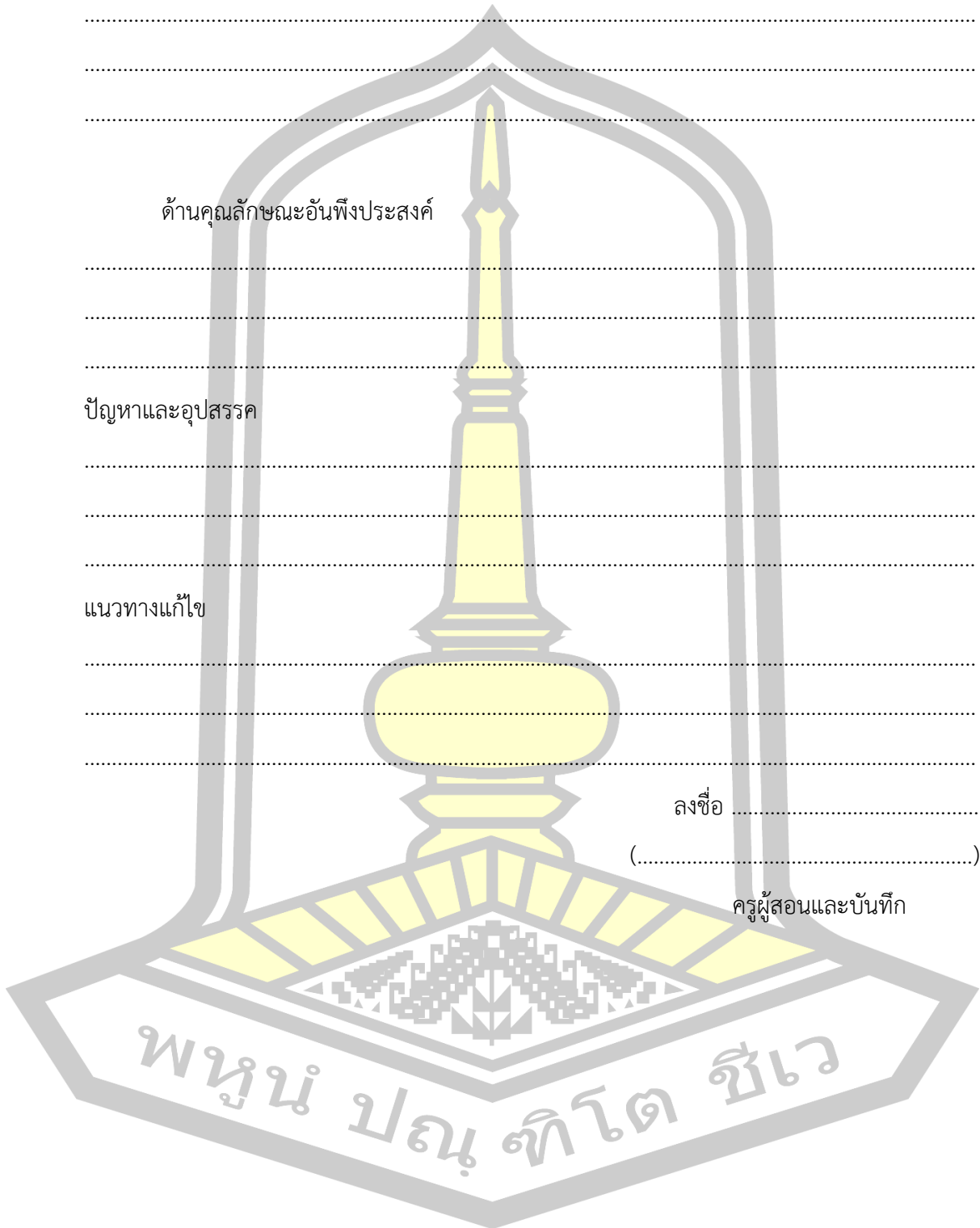
แนวทางแก้ไข

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

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอนและบันทึก



พหุมนุ ปรณุ ทิโต ชีเว

ใบกิจกรรมการเรียนรู้

เรื่อง โมเมนตัม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

สมาชิก ชื่อ

- | | | |
|---|-------|-------------|
| 1 | ..... | เลขที่..... |
| 2 | ..... | เลขที่..... |
| 3 | ..... | เลขที่..... |
| 4 | ..... | เลขที่..... |
| 5 | ..... | เลขที่..... |
| 6 | ..... | เลขที่..... |
| 7 | ..... | เลขที่..... |

สาระสำคัญ

จากการศึกษาเรื่องพลังงานพบว่าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีพลังงานจลน์โดยพลังงานจลน์ของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุนั้น ในการทำให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หยุด ต้องใช้แรงต้านการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุใดมีพลังงานจลน์มากหรืออาจกล่าวได้ว่าวัตถุมีมวลหรือความเร็วมาก แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุต้องมีค่ามากด้วย แต่วัตถุที่มีพลังงานจลน์ในน้อยหรือกล่าวได้ว่าวัตถุนั้นมีมวล หรือความเร็วในน้อย แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุก็จะมีค่าน้อยด้วยดังนั้นมวลและความเร็วนอกจากจะบอกถึงปริมาณของพลังงานจลน์ ยังบอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุที่จะเคลื่อนตัวไปข้างหน้า ในทิศทางของความเร็วด้วย ซึ่งเรียกว่า โมเมนตัม (Momentum) “P”

โมเมนตัม หมายถึง ปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งพยายามทำให้วัตถุพุ่งไปข้างหน้าในทิศทางของความเร็ววัดเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางตามทิศของความเร็ว

ปริมาณโมเมนตัม หาได้จากผลคูณของมวลกับความเร็ว

เมื่อ m คือ มวลของวัตถุ

v คือ ความเร็วของวัตถุ

p คือ โมเมนตัมของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เมตรต่อวินาที (kg m/s) หรือ N.s

ความหมายของโมเมนตัมจะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = mv$$

ตัวอย่าง จงหาโมเมนตัมของลูกบอลมวล 400 กรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 เมตรต่อวินาที

วิธีทำ

จากสมการ

$$P = mv$$

จะได้

$$P = (0.4)(50)$$

$$P = 20 \text{ kg m/s}$$

ดังนั้น ลูกบอลมีโมเมนตัมเท่ากับ 20 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที

คำถามชวนคิด

“ปัจจุบันมีตึกสูงมากมายตามหัวเมืองต่าง ๆ ทำการอยู่อาศัยในตึกสูงต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ระบบรักษาความปลอดภัยต้องได้ถ้านักเรียนเป็มาตรฐาน เช่น ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้ต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้คนที่อาศัยอยู่ได้รวดเร็ว และปลอดภัย”

1.ให้นักเรียนศึกษาวิธีการรับคนที่ตกจากตึกสูง แล้วเขียนนำเสนอวิธีการ (ระบุได้มากกว่า 1 วิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พูน ปณฺ ทิโต ชิว

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านความสนใจในกิจกรรมการเรียน	สนใจกิจกรรมการเรียนตลอดการเรียนในห้องเรียน	ไม่ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในห้องเรียน	ไม่สนใจฟังครูพูด หยอกล้อกับเพื่อนตลอดเวลา
ด้านความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและภายในเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ครบถ้วนแต่เลยเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับมอบหมายไม่สำเร็จหรือไม่ทำงาน

ระดับคะแนน

5-6	คะแนน	หมายถึงดีมาก
3-4	คะแนน	หมายถึงดี
0-2	คะแนน	หมายถึงควรปรับปรุง

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้สังเกต

พูน ปณ ทิโต ชีเว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รหัสวิชา ว30202

หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัมและการชน

เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่

2/2561 ผู้สอน นายรพีพล อินสุพรรณ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 สอนวันที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 สอนวันที่.....

ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณแรงลัพธ์ที่กระทำให้เกิดการเปลี่ยนโมเมนตัมได้

สาระสำคัญ

แรงที่กระทำต่อวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

-ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Knowledge)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้
2. นักเรียนสามารถบรรยายลักษณะของโมเมนตัมที่กระทำต่อวัตถุได้

-ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

1. นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนโมเมนตัมได้
2. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานในกิจกรรมการเรียนรู้ได้

-ด้านลักษณะอันพึงประสงค์ (Attribute)

1. นักเรียนรับผิดชอบหน้าที่

สาระการเรียนรู้

- แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

กิจกรรมการเรียนรู้

การเรียนการสอนในห้องเรียนจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยมีจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามว่า “แรงมีผลต่อการเปลี่ยนโมเมนตัมอย่างไร” และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล

(แนวตอบ: แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น)

2. ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยต่อเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน โดยตั้งคำถามว่า “แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมหาได้จากปริมาณใดบ้าง” แล้วให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า โดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 5-6 คน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาและเพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของนักเรียน

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนักเรียนมารับอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง ได้แก่ ถุงทรายที่มีน้ำหนักเท่ากัน

3. ครูแจกถุงทรายให้นักเรียนกลุ่มละ 2 ถุง เพื่อทำกิจกรรมรับถุงทราย โดยให้นักเรียนใช้มือซ้ายถือถุงทราย 1 ถุง ไว้เหนือมือขวาประมาณ 20 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยถุงทรายให้ตกลงบนมือขวา โดยพยายามให้มือขวารับถุงทรายให้หยุดนิ่ง พยายามให้มือไม่มีการเคลื่อนที่

4. ทำการทดลองซ้ำโดยมือซ้ายอยู่เหนือมือขวาประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วปล่อยถุงทรายถุงเดิม

5. นักเรียนบันทึกผลการวิเคราะห์ใส่สมุดบันทึก

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูถามคำถามกับนักเรียนหลังการทำกิจกรรม เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจของนักเรียนให้ไปในแนวทางเดียวกัน เช่น

1) การออกแรงของมือขวารับถุงทรายทั้งสองกรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
(แนวตอบ: แรงที่ใช้รับถุงทรายจากระดับที่สูงกว่าจะมีค่ามากกว่าถุงทรายระดับที่ต่ำกว่า)

2) ความเร็วของถุงทรายขณะที่ตกลงถึงมือขวาทิ้งสองกรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แนวตอบ: ขณะที่ถุงทรายกระทบมือ ถุงทรายที่ปล่อยจากระดับสูงจะมีความเร็วมากกว่าถุงทรายที่ปล่อยจากระดับต่ำ)

3) ความเร็วของอุทราหัยทั้งสองกรณีเกี่ยวข้องกับการออกแรงรับอุทราหัยหรือไม่
อย่างไร

(แนวตอบ: อุทราหัยที่มีความเร็วมากกว่าจะต้องออกแรงรับมากกว่าอุทราหัยที่มีความเร็ว
น้อย)

2.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน
ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- 1.นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้สืบค้นความรู้เพิ่มเติมจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูให้
- 2.ครูให้สถานการณ์การเรียนรู้กับนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้
นักเรียนคิดแก้ปัญหาด้วยตัวเอง โดยครูให้สถานการณ์ปัญหากับนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสร้าง
นวัตกรรมมาแก้ปัญหาในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในชั่วโมง
นี้เป็นการศึกษาและสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา โดยครูให้สถานการณ์ดังนี้

“ปัจจุบันมีตึกสูงมากมายตามหัวเมืองต่าง ๆ ทำการอยู่อาศัยในตึกสูงต้องได้รับการดูแลเป็น
อย่างดี ระบบรักษาความปลอดภัยต้องได้ถ้านักเรียนเป็นมาตรฐาน เช่น ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้
ต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้คนที่อาศัยอยู่ได้รวดเร็ว และปลอดภัย”

1. ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรผู้ออกแบบอาคารรับผู้ประสบภัยตามอาคารสูง ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้
นักเรียนจะออกแบบอย่างไร ให้สามารถรับผู้ประสบเหตุได้อย่างปลอดภัย (ใช้ไข่ไก่แทนผู้ประสบเหตุ)
โดยครูมีอุปกรณ์ให้ ดังนี้

- | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1. ฟองน้ำ 1 แผ่น | 2. ถุงพลาสติก 1 ใบ | 3. กระดาษ A4 2 แผ่น |
| 4. หนังกาย 10 เส้น | 5. แก้วพลาสติก 1 ใบ | 6. ตะเกียบ 1 คู่ |

3.นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา
และสร้างนวัตกรรม จากสถานการณ์ปัญหา

4.นักเรียนแก้ปัญหาทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

- 1.ครูตรวจสอบผลการทำกิจกรรมการเรียนรู้จากใบกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของ
นักเรียน
- 2.ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนักเรียน

การวัดและประเมินผล

การวัดประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1.ด้านความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจในเนื้อหาการเรียน	ปัญหาท้ายกิจกรรมการเรียนรู้	ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 70 ของคำตอบที่มีทั้งหมด
2.ด้านทักษะกระบวนการ	การสังเกตพฤติกรรมการเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 70 ของคำตอบที่มีทั้งหมด
3.ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมการเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	ได้คะแนนพฤติกรรมเท่ากับหรือมากกว่า 2

เกณฑ์ประเมินพฤติกรรมนักเรียน

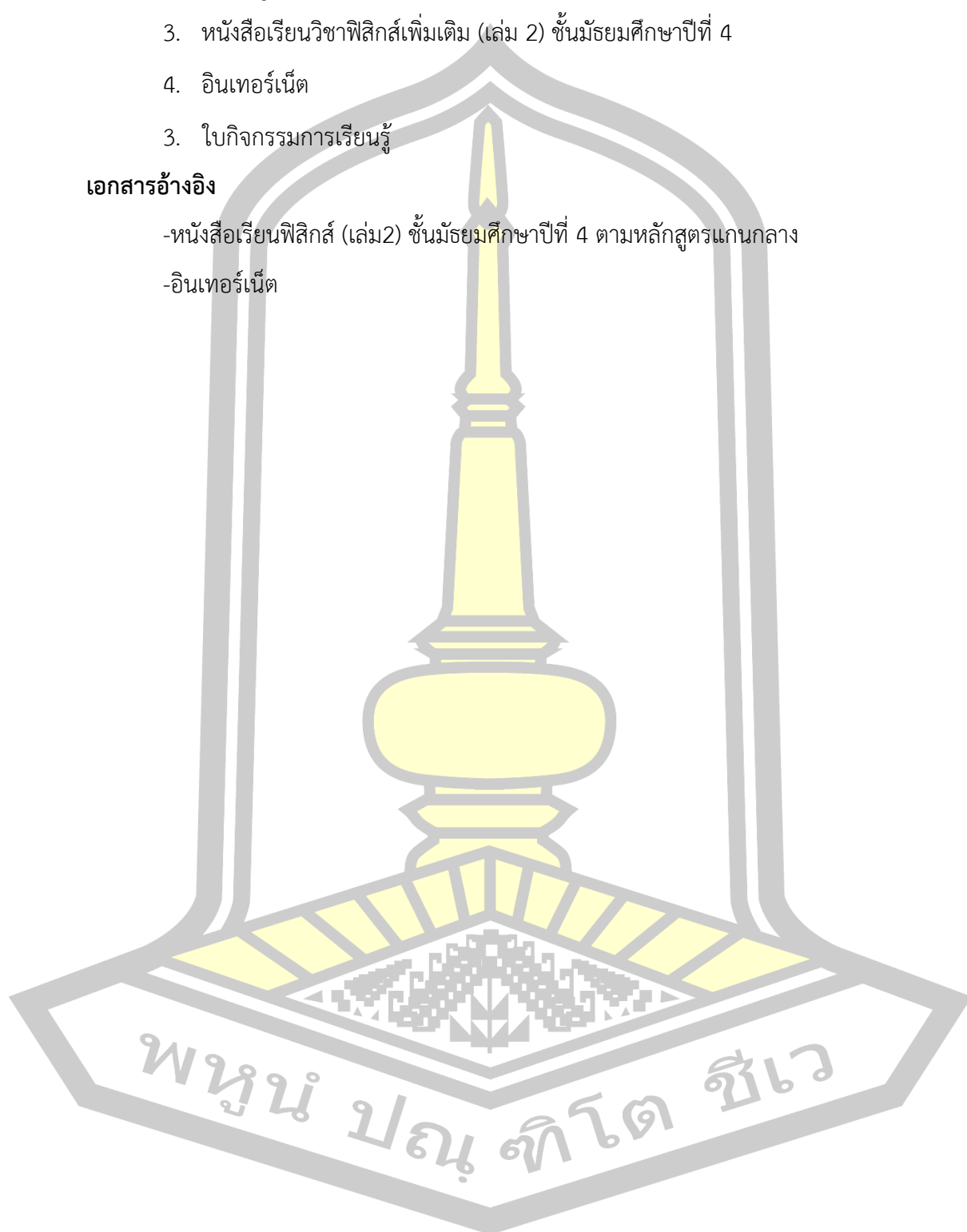
รายการประเมิน	คำอธิบายคุณภาพ		
	ดีมาก (2 คะแนน)	ปานกลาง (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
1.ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน	นักเรียนสามารถอธิบายเนื้อหาที่เรียนได้กับสื่อบันทึกความรู้ได้	นักเรียนสามารถอธิบายเนื้อหาที่เรียนได้	นักเรียนสามารถไม่อธิบายเนื้อหาที่เรียนได้
2.การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในห้องเรียน	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดีและถูกต้อง	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นแต่ขาดความถูกต้อง	ไม่ทำงานที่ได้รับมอบหมาย
3.การตรงต่อเวลา	เข้าเรียนก่อนเวลาที่ครูสอน	เข้าเรียน	ไม่เข้าเรียน

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

3. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม (เล่ม 2) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
4. อินเทอร์เน็ต
3. ใบกิจกรรมการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- หนังสือเรียนฟิสิกส์ (เล่ม2) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลาง
- อินเทอร์เน็ต



บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

บันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านความรู้

.....

.....

.....

ด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

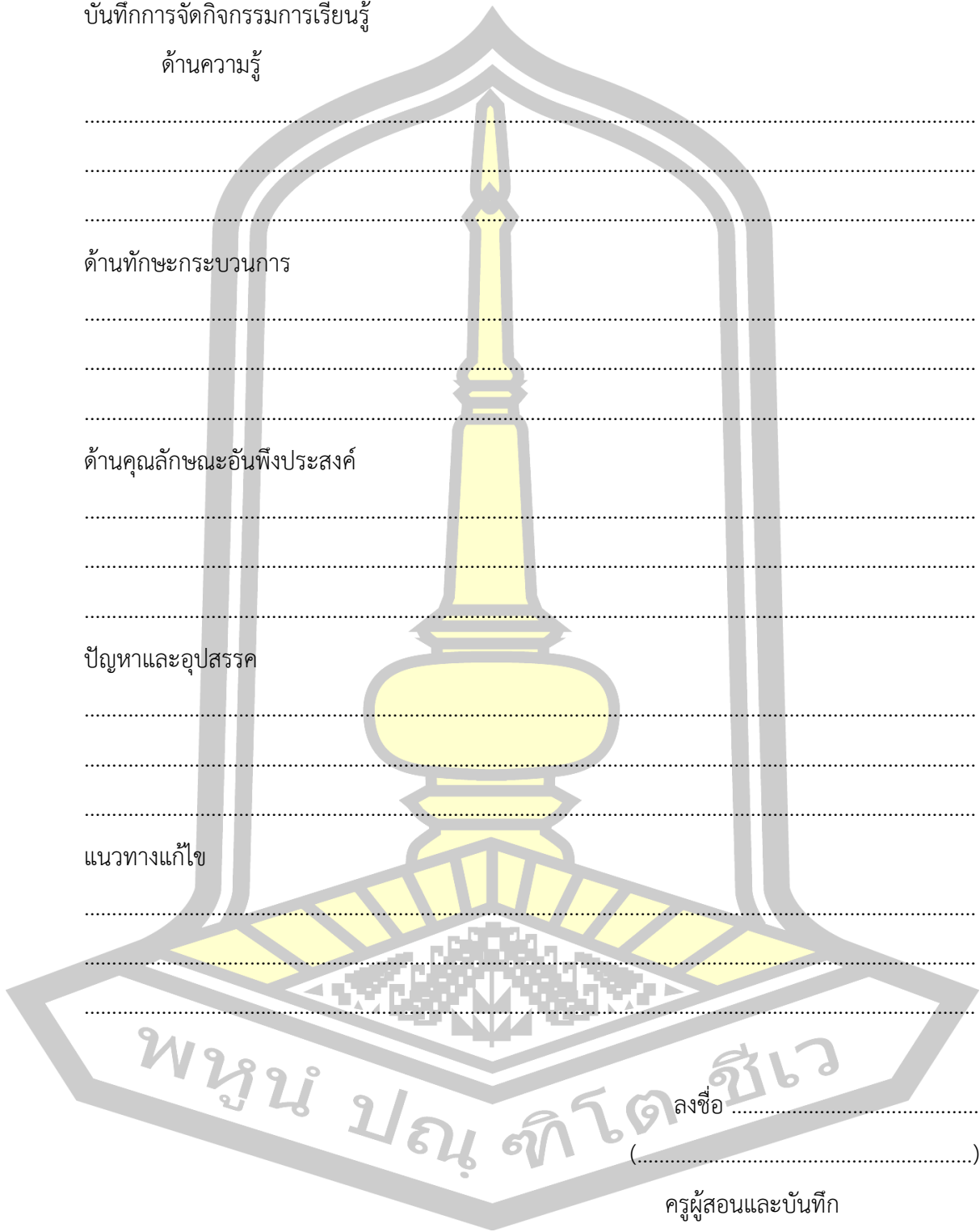
.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....



พหุณฺ์ ปณฺุ ทิวต ชีเว

ลงชื่อ
.....

ครูผู้สอนและบันทึก

ใบกิจกรรมการเรียนรู้

เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

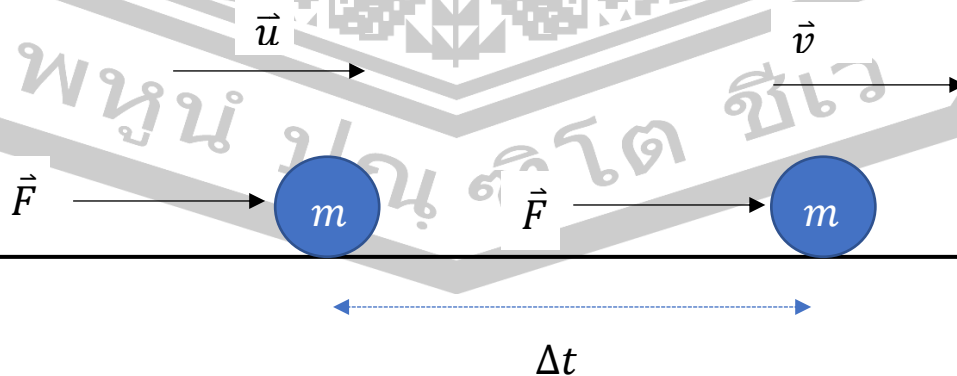
สมาชิก ชื่อ

1	.....	เลขที่.....
2	.....	เลขที่.....
3	.....	เลขที่.....
4	.....	เลขที่.....
5	.....	เลขที่.....
6	.....	เลขที่.....
7	.....	เลขที่.....

สาระสำคัญ

จากนิยามของโมเมนตัมพบว่า โมเมนตัมของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและความเร็ว ถ้าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วผลคือ โมเมนตัมมีการเปลี่ยนแปลง สิ่งที่ทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลงคือแรง ดังนั้นแรงทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลง และทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงด้วย จึงกล่าวได้ว่าแรงทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลง

เมื่อวัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว \vec{u} มีแรงคงตัว \vec{F} กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนเป็น \vec{v} ดังรูป



จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

และ

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

ดังนั้น

$$\vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t}$$

\vec{F}

คือ แรงลัพธ์คงตัวที่กระทำต่อวัตถุมวล M

$m\vec{u}$

คือโมเมนตัมของวัตถุก่อนถูกแรงกระทำ

$m\vec{v}$

คือโมเมนตัมของวัตถุภายหลังถูกแรงกระทำ

$m\vec{v} - m\vec{u}$

คือโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลา Δt อาจเขียนสมการ

ใหม่ได้ว่า

*การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทาง

ตัวอย่าง ลูกบอลลูกหนึ่งมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ 10 เมตรต่อวินาที ในแนวระดับไปชนกำแพงแล้วลูกบอลกระดอนกลับในแนวการเคลื่อนที่เดิม ด้วยอัตราเร็วเช่นเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม จงหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้น โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 20 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที

วิธีทำ

จากสมการ

$$\vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t}$$

เขียนใหม่เป็น

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

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

$$\Delta\vec{P} = 1(-10) - 1(10)$$

$$\Delta\vec{P} = -20$$

ดังนั้น โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 20 กิโลกรัม เมตรต่อวินาที

คำถามชวนคิด

“ปัจจุบันมีตึกสูงมากมายตามหัวเมืองต่าง ๆ ทำการอยู่อาศัยในตึกสูงต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ระบบรักษาความปลอดภัยต้องได้ถ้านักเรียนเป็นมาตรฐาน เช่น ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้ต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้คนที่อาศัยอยู่ได้รวดเร็ว และปลอดภัย”

1. ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรผู้ออกแบบอาคารรับผู้ประสบภัยตามอาคารสูง ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ นักเรียนจะออกแบบอย่างไร ให้สามารถรับผู้ประสบเหตุได้อย่างปลอดภัย (ใช้ไข่ไก่แทนผู้ประสบเหตุ) โดยครุมีอุปกรณ์ให้ ดังนี้

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. ฟองน้ำ 1 แผ่น | 2. ถุงพลาสติก 1 ใบ | 3. กระดาษ A4 2 แผ่น |
| 4. หนังสยอง 10 เส้น | 5. แก้วพลาสติก 1 ใบ | 6. ตะเกียบ 1 คู่ |

1.1 ให้นักเรียนวาดภาพและระบุขนาดเบาะที่นั่งนักเรียนร่วมกันออกแบบทุกส่วน โดยให้ระบุในหน่วยเซนติเมตร



1.2 หลังจากออกแบบให้นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานตามขนาดที่ออกแบบ

ปัญหาทำยกิจกรรม

ชื่อ เลขที่.....

1. ลูกบอลมวล 2 kg ถูกปล่อยลงมาจากดาดฟ้าของอาคารในแนวตั้ง เมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที โมเมนตัมของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

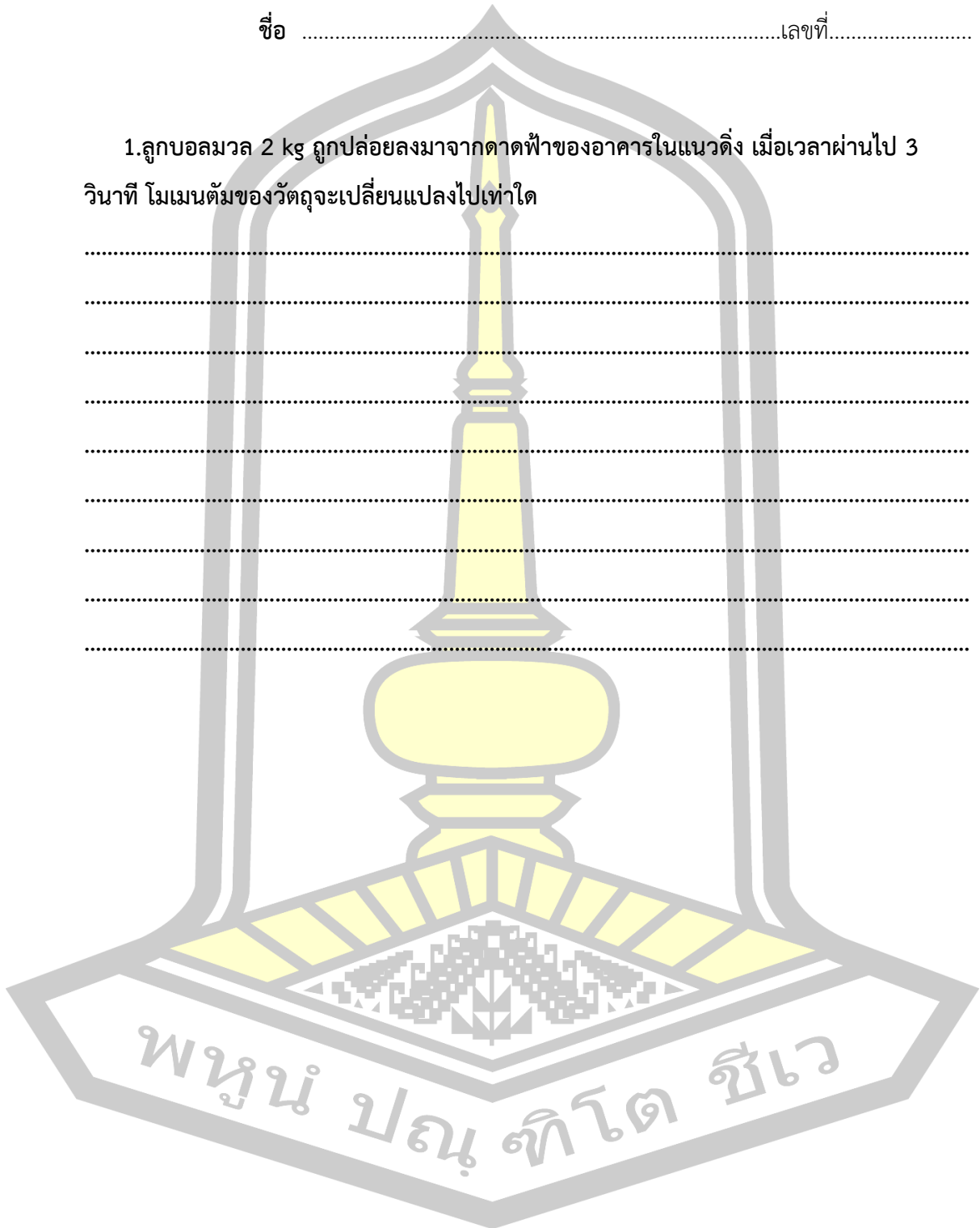
.....

.....

.....

.....

.....



เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านความสนใจในกิจกรรมการเรียน	สนใจกิจกรรมการเรียนตลอดการเรียนในห้องเรียน	ไม่ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในห้องเรียน	ไม่สนใจฟังครูพูด หยอกล้อกับเพื่อนตลอดเวลา
ด้านความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและภายในเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ครบถ้วนแต่เลยเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับมอบหมายไม่สำเร็จหรือไม่ทำงาน

ระดับคะแนน

5-6	คะแนน	หมายถึงดีมาก
3-4	คะแนน	หมายถึงดี
0-2	คะแนน	หมายถึงควรปรับปรุง

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้สังเกต

พูน ปณ ทิโต ชีเว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รหัสวิชา ว30202

หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัมและการชน

เรื่อง การดล

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

ผู้สอน นายรพีพล อินสุพรรณ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 สอนวันที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 สอนวันที่.....

ผลการเรียนรู้

อธิบายกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา และคำนวณโมเมนตัมและแรงดลของวัตถุจากสมการได้

สาระสำคัญ

แรงดล (impulsive force) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ การดล (impulse) คือ โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไปและเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

-ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Knowledge)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการดลได้

-ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

1.นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงดลของวัตถุได้

2.นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานในกิจกรรมการเรียนรู้ได้

-ด้านลักษณะอันพึงประสงค์ (Attribute)

1.นักเรียนประดิษฐ์ชิ้นงานได้ตรงตามเวลา

สาระการเรียนรู้

- การดล

กิจกรรมการเรียนรู้

การเรียนการสอนในห้องเรียนจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยมีจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.ครูทำการสาธิตนำไขไก่ดิบใส่ถุง จากนั้นทำการปล่อยไขไก่ลงมาให้กระทบพื้น ให้นักเรียนสังเกตผล

2.จากนั้นครูนำไขไก่ดิบใส่ถุงในลักษณะเดิม จากนั้นขออาสาสมัครนักเรียน 2 คน เพื่อเป็นผู้ช่วยครูในการสาธิต โดยให้นักเรียนสองคนยืนจับผ้าเพื่อรองรับไขไก่ จากนั้นครูปล่อยไขไก่ แล้วให้นักเรียนสังเกตผล

3.ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยถามคำถามว่า “เหตุใดไขที่ถูกปล่อยลงมา จากที่สูงเมื่อกระทบพื้นจึงแตก” และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียน เป็นรายบุคคล

(แนวตอบ: แรงแที่พื้นกระทำกับเปลือกไข่ขณะที่ไข่ตกลงมากระทบพื้นมีค่ามากใน เวลาสั้น ๆ ซึ่งทำให้อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมมีค่ามาก แรงแดลจึงมาก ไข่จึงแตก)

4.ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยเชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน โดยตั้งคำถามว่า “การ ตลและแรงดลคืออะไร และเกี่ยวข้องกับปริมาณใดบ้าง” แล้วให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามอย่าง อิสระโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1.นักเรียนแบ่งกลุ่มกันอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาและ เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของนักเรียน

2.นักเรียนศึกษาปัญหาดังกล่าว จากหนังสือและอินเทอร์เน็ต

3.นักเรียนสรุปผลการศึกษาลงในสมุดบันทึกของนักเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1.ครูถามคำถามกับนักเรียนเพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจของนักเรียนให้ไปใน แนวทางเดียวกัน เช่น

1) การดลคืออะไร

(แนวตอบ: การดลคือโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มี ทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ โดยมีหน่วยเดียวกับโมเมนตัม)

2) การดลหาได้จากอะไรได้บ้าง

(แนวตอบ: การดลหาได้จากการคำนวณและการหาพื้นที่ใต้กราฟ)

3) การดลมีกี่แบบ อะไรบ้าง

(แนวตอบ: การดลมี 2 แบบ คือ การดลเนื่องจากแรงคงที่ และการดล

เนื่องจากแรงไม่คงที่)

2.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1.นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้สืบค้นความรู้เพิ่มเติมจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูให้

2.ครูให้สถานการณ์การเรียนรู้กับนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาด้วยตัวเอง โดยครูให้สถานการณ์ปัญหากับนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมมาแก้ปัญหาในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในชั่วโมงนี้เป็นการศึกษาและสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา โดยครูให้สถานการณ์ดังนี้

“ปัจจุบันมีตึกสูงมากมายตามหัวเมืองต่าง ๆ ทำการอยู่อาศัยในตึกสูงต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ระบบรักษาความปลอดภัยต้องได้ถ้านักเรียนเป็นมาตรฐาน เช่น ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้ต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้คนที่อาศัยอยู่ได้รวดเร็ว และปลอดภัย”

-หลังจากนักเรียนสร้างชิ้นงาน(เบาหรับผู้ประสภภยตามอาคารสูง) ให้นักเรียนทดสอบการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

3.นักเรียนนำชิ้นงานที่สร้างในชั่วโมงก่อนหน้า มาทำการทดลองและปรับแก้ประสิทธิภาพ

4.ครูให้นักเรียนทำการแข่งขันเพื่อหาวัตกรรมที่ดีที่สุด โดยการปล่อยไข่จากตึกสูง 5 เมตร ลงมาที่เบาหรับน้ำหนักที่นักเรียนสร้าง

5.ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปหลักการทำงานของนวัตกรรมที่นักเรียนสร้าง

6.นักเรียนแก้ปัญหาทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1.ครูตรวจสอบผลการทำกิจกรรมการเรียนรู้จากใบกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

2.ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน of นักเรียน

การวัดและประเมินผล

การวัดประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1.ด้านความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจในเนื้อหาการเรียน	ปัญหาทำกิจกรรมการเรียนรู้	ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 60 ของคำตอบที่มีทั้งหมด
2.ด้านทักษะกระบวนการ	การสังเกตพฤติกรรมกรเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 60 ของคำตอบที่มีทั้งหมด
3.ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมกรเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	ได้คะแนนพฤติกรรมเท่ากับหรือมากกว่า 2

เกณฑ์ประเมินพฤติกรรมนักเรียน

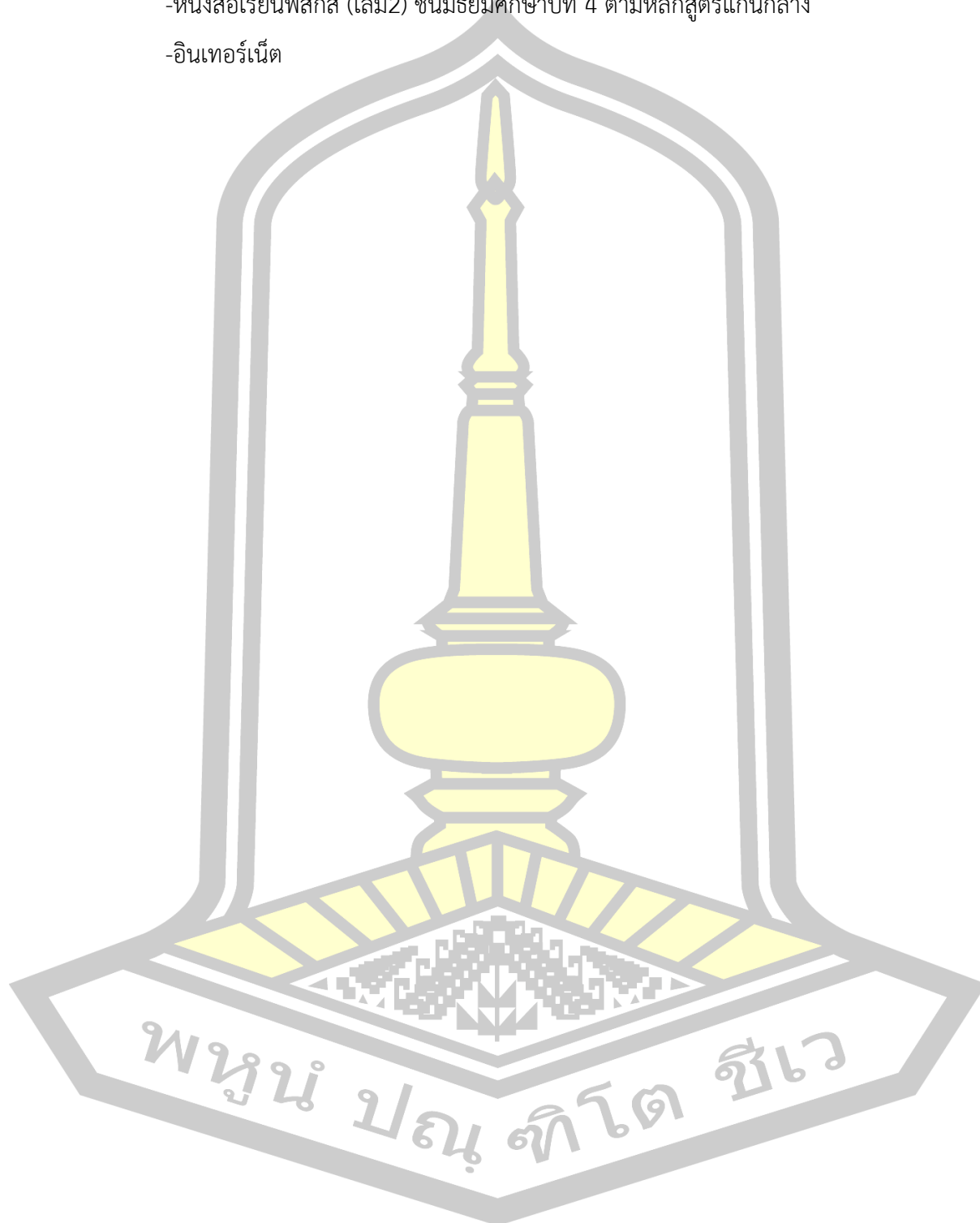
รายการประเมิน	คำอธิบายคุณภาพ		
	ดีมาก (2คะแนน)	ปานกลาง (1คะแนน)	ปรับปรุง (0คะแนน)
1.ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน	นักเรียนสามารถอธิบายเนื้อหาที่เรียนได้กับสื่อบันทึกความรู้ได้	นักเรียนสามารถอธิบายเนื้อหาที่เรียนได้	นักเรียนสามารถไม่อธิบายเนื้อหาที่เรียนได้
2.การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในห้องเรียน	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดีและถูกต้อง	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นแต่ขาดความถูกต้อง	ไม่ทำงานที่ได้รับมอบหมาย
3.การตรงต่อเวลา	เข้าเรียนก่อนเวลาที่ครูสอน	เข้าเรียน	ไม่เข้าเรียน

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม (เล่ม 2) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- อินเทอร์เน็ต
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- หนังสือเรียนฟิสิกส์ (เล่ม2) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลาง
- อินเทอร์เน็ต



บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

บันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านความรู้

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

ด้านทักษะกระบวนการ

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

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

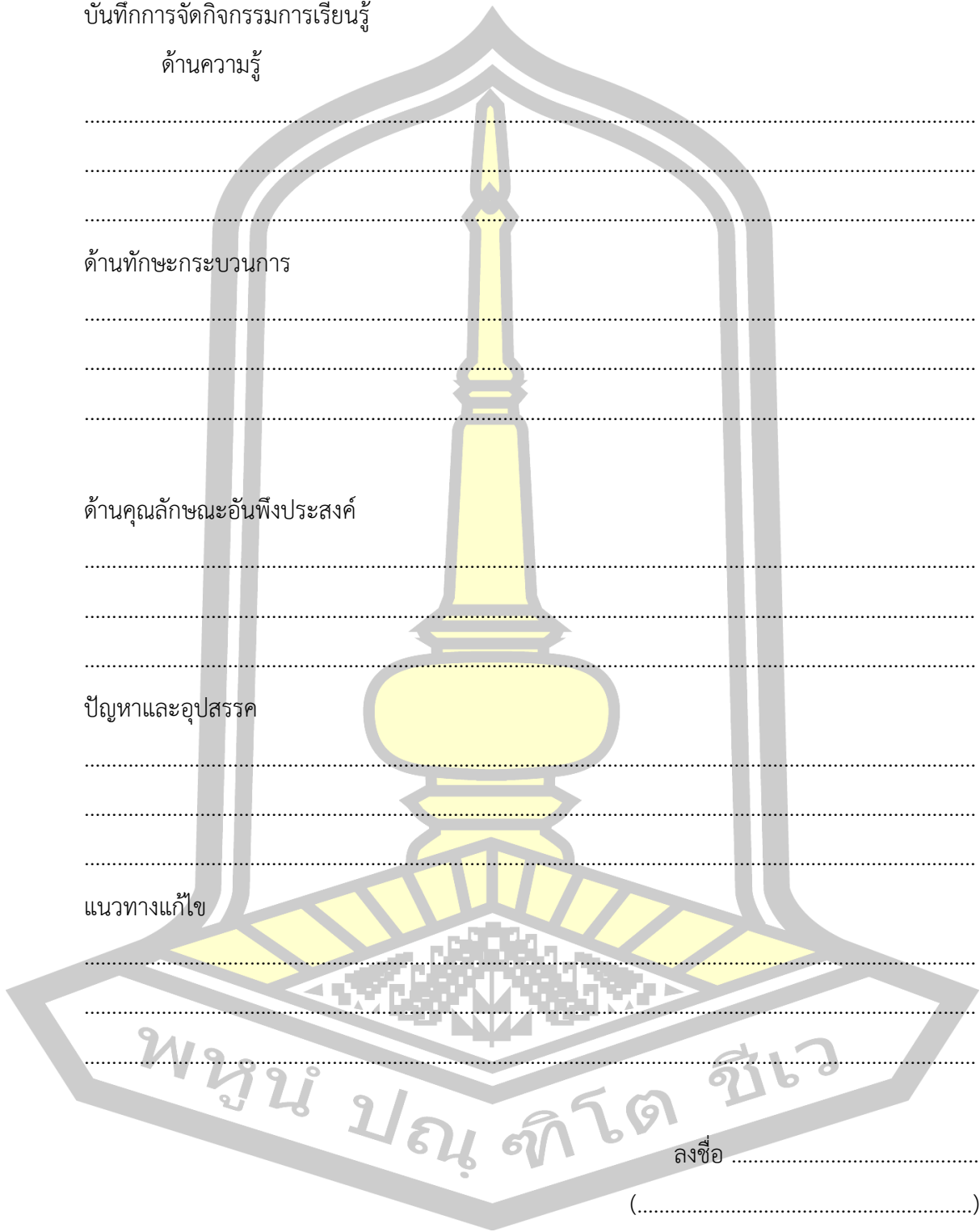
.....
.....
.....

ปัญหาและอุปสรรค

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

แนวทางแก้ไข

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



ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอนและบันทึก

ใบกิจกรรมการเรียนรู้

เรื่อง การดล

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

สมาชิก ชื่อ

1

เลขที่

2

เลขที่

3

เลขที่

4

เลขที่

5

เลขที่

6

เลขที่

7

เลขที่

สาระสำคัญ

จากความรู้เรื่องแรง และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมทำให้ทราบว่าเมื่อมีแรงมากกระทำต่อวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป ขนาดของแรงที่กระทำจะมากหรือน้อยนอกจากดูที่ขนาดของโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปแล้ว ยังพิจารณาช่วงเวลาที่แรงนั้นกระทำ ถ้าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปมีค่าคงตัว จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาว่า ถ้าช่วงเวลาที่โมเมนตัมมีค่าน้อย แรงที่กระทำจะมีค่ามาก และถ้าช่วงเวลาที่เปลี่ยนโมเมนตัมมีค่ามากแรงที่กระทำก็จะน้อย

ดังนั้นแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีค่ามากหรือน้อย นอกจากจะขึ้นกับมวลและความเร็วของวัตถุแล้ว ยังขึ้นกับช่วงเวลาที่ออกแรงกระทำด้วย

ถ้า \vec{F} เป็นแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุเพื่อเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เรา จะเรียกแรง F ว่าเป็น แรงดล (Impulsive Force) และ ผลคูณของแรง \vec{F} จับเวลา Δt เรียกว่าการ ดล (Impulsive) ใช้สัญลักษณ์ I ดังสมการ

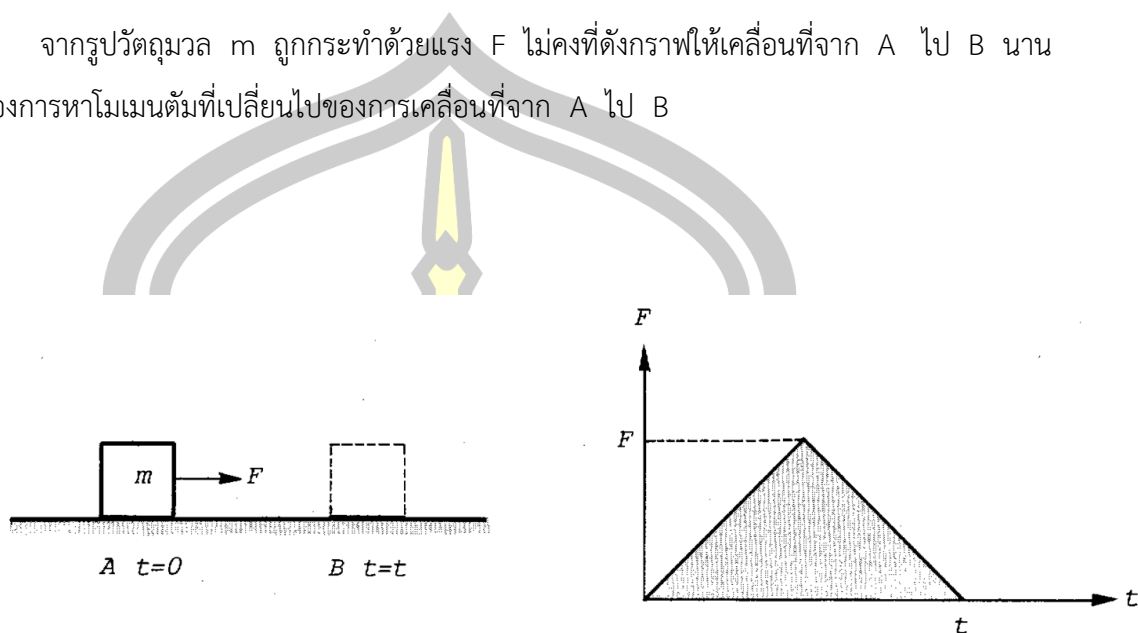
$$\vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t}$$

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

$$I = m\vec{v} - m\vec{u}$$

นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปโดยการ สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ t

จากรูปวัตถุมวล m ถูกกระทำด้วยแรง F ไม่คงที่ดังกราฟให้เคลื่อนที่จาก A ไป B นาน t ต้องการหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของการเคลื่อนที่จาก A ไป B



$F \times t =$ พื้นที่ใต้กราฟระหว่าง F กับ t

$$\text{โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป} = \frac{1}{2} \times F \times t = \frac{1}{2} Ft$$

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

คำถามชวนคิด

“ปัจจุบันมีตึกสูงมากมายตามหัวเมืองต่าง ๆ ทำการอยู่อาศัยในตึกสูงต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ระบบรักษาความปลอดภัยต้องได้ถ้านักเรียนเป็นมาตรฐาน เช่น ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้ต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้คนที่อาศัยอยู่ได้รวดเร็ว และปลอดภัย”

1.หลังจากนักเรียนสร้างชิ้นงาน(เบาะรับผู้ประสภภัยตามอาคารสูง) ให้นักเรียนทดสอบการทำงานและบันทึกผลการทดลอง

การทดลองครั้งที่	ความสูงที่ปล่อยไข่ (m)	ผลการทดลอง
1		

2.หลังจากการทดลองครั้งที่ 1 ให้นักเรียนปรับแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงาน

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

สิ่งที่ทำการปรับแก้

.....

.....

.....

การทดลอง ครั้งที่	ความสูงที่ปล่อย ไข่ (m)	ผลการทดลอง
2		

สรุปการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

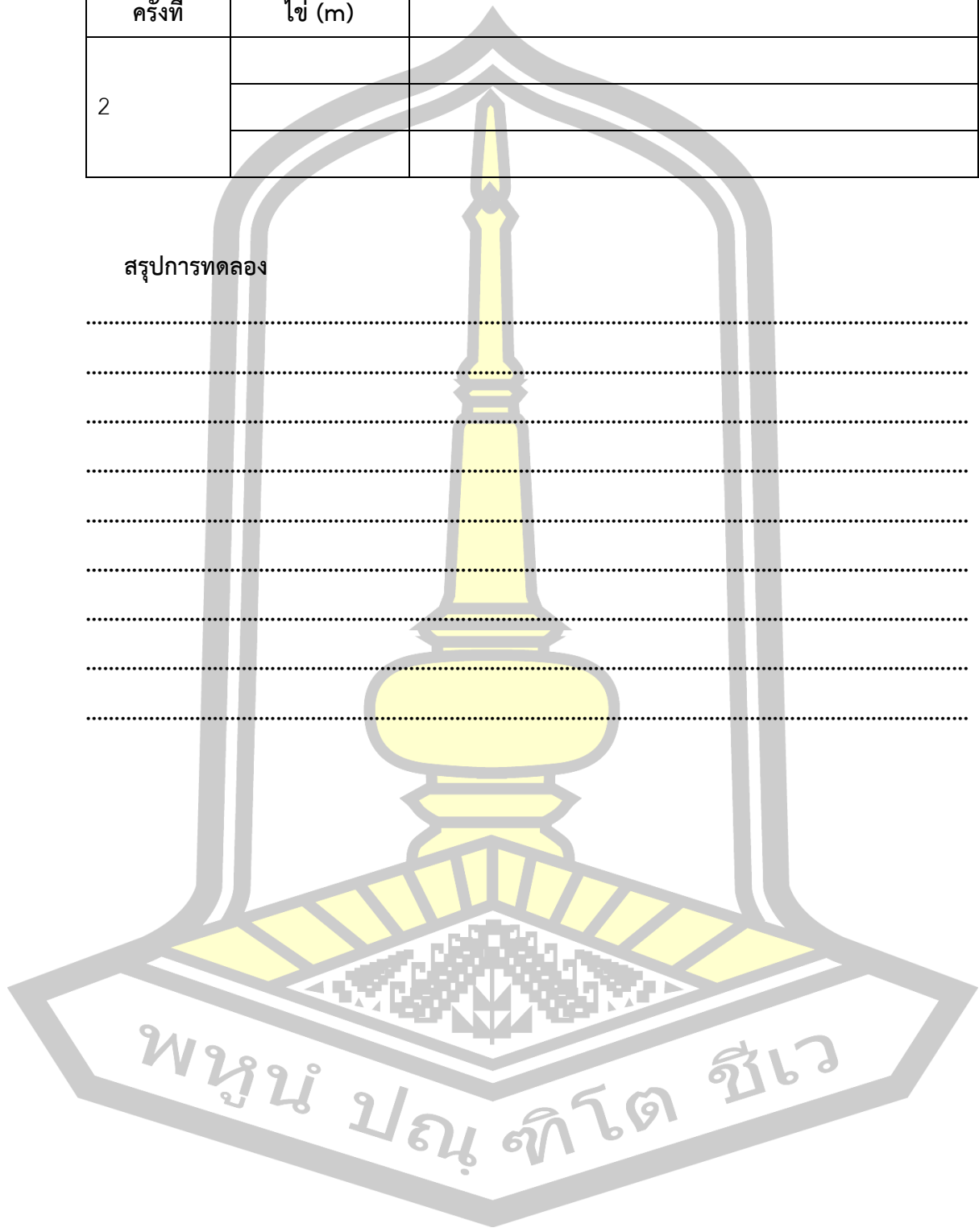
.....

.....

.....

.....

.....



พหุบัณฑิตวิทยา

ปัญหาทำยกิจกรรม

ชื่อ เลขที่.....

1. บอลที่ลอยมาในอากาศด้วยความเร็ว 20 m/s หลังจากกระทบกำแพงลูกบอลสะท้อนกลับ
แนวเดิมด้วยความเร็ว 10 m/s ถ้าลูกบอลมีมวล 500 g จงหาขนาดของการดลของลูกบอล

.....

.....

.....

.....

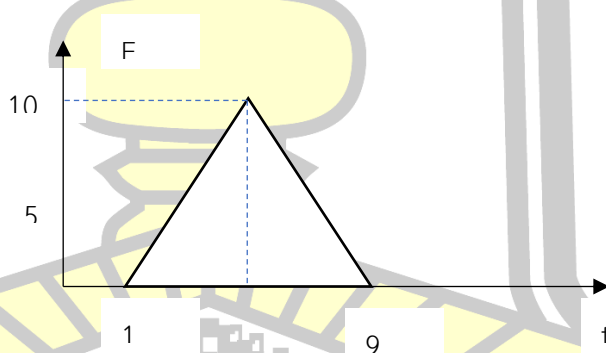
.....

.....

.....

.....

2. จากรูปถ้ามีแรงกระทำกับวัตถุ ในช่วงเวลาที่มีจากวินาที 1 ถึง วินาทีที่ 9 จะทำให้วัตถุ
เปลี่ยนโมเมนตัมไปเท่าใด (kg m/s)



.....

.....

.....

.....

.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2

โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม

จังหวัดมหาสารคาม

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลองและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อ	พฤติกรรม						รวม
	ด้านความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้			ด้านความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย			
	2	1	0	2	1	0	

พูน ปณ ทิโต ชีเว

เกณฑ์การให้คะแนน

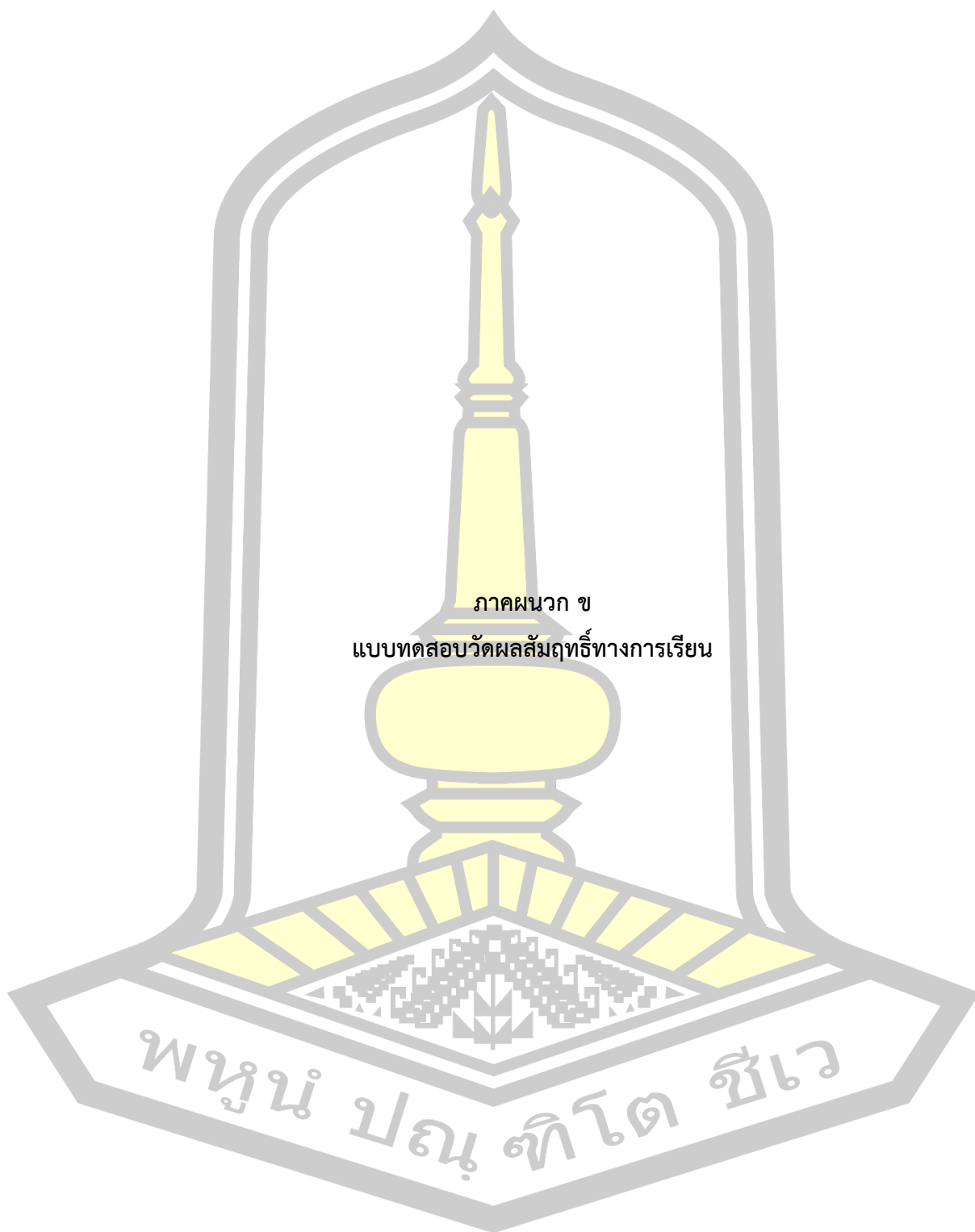
พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านความสนใจในกิจกรรมการเรียน	สนใจกิจกรรมการเรียนตลอดการเรียนในห้องเรียน	ไม่ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในห้องเรียน	ไม่สนใจฟังครูพูด หยอกล้อกับเพื่อนตลอดเวลา
ด้านความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและภายในเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับมอบหมายได้ครบถ้วนแต่เลยเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับมอบหมายไม่สำเร็จหรือไม่ทำงาน

ระดับคะแนน

5-6	คะแนน	หมายถึงดีมาก
3-4	คะแนน	หมายถึงดี
0-2	คะแนน	หมายถึงควรปรับปรุง

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้สังเกต

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ข
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

- ข้อใดคือความหมายของโมเมนตัมของวัตถุ
 - การพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
 - การพยายามที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ
 - การพยายามต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ
 - การพยายามเคลื่อนที่ด้วยความเร่งของวัตถุ
- ข้อใดกล่าวถูกต้อง
 - โมเมนตัมมีหน่วยเป็น m/s
 - โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์
 - โมเมนตัมคือความพยายามหยุดการเคลื่อนที่
 - โมเมนตัมคือผลคูณระหว่างมวลกับเวลาที่เคลื่อนที่
- รถยนต์มีมวล 1,500 kg ขณะนั้นกำลังเคลื่อนที่ด้วยโมเมนตัม 30,000 kg m/s อยากทราบว่ารถยนต์คันนี้กำลังแล่นด้วยความเร็วเท่าใด
 - 2 m/s
 - 20 m/s
 - 200 m/s
 - 2000 m/s
- วัตถุมวล 6 kg กำลังเคลื่อนที่ไปทิศเหนือด้วยความเร็ว 3 m/s จะมีโมเมนตัมเท่าไร
 - 2 kg m/s ในทิศใต้
 - 18 kg m/s ในทิศเหนือ
 - 2 kg m/s ในทิศเหนือ
 - 18 kg m/s ในทิศใต้
- วัตถุมวล 2 kg ถูกปาลงจากตึกด้วยความเร็ว 10 m/s เมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที วัตถุจะมีโมเมนตัมเท่าใด
 - 30 kg m/s ในทิศขึ้น
 - 60 kg m/s ในทิศขึ้น
 - 30 kg m/s ในทิศลง
 - 60 kg m/s ในทิศลง
- แรงดลที่กระทำกับวัตถุจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณใดต่อไปนี้
 - ความเร็ว
 - โมเมนตัม
 - พลังงานจลน์
 - ความเร่ง
- ถ้าวัตถุก้อนหนึ่งเพิ่มความเร็วเป็น 2 เท่า ข้อใดกล่าวถูกต้อง
 - ความเร่งของวัตถุจะเพิ่มเป็น 2 เท่า
 - พลังงานจลน์ของวัตถุจะเพิ่มเป็น 2 เท่า

ค. โมเมนตัมของวัตถุจะเพิ่มเป็น 2 เท่า

ง. พลังงานจลน์ของวัตถุจะเพิ่มเป็นไม่เปลี่ยนแปลง

8. ปล่อยวัตถุมวล 2 kg ลงในแนวตั้ง เมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที โมเมนตัมของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

ก. 10 kg m/s ข. 20 kg m/s ค. 30 kg m/s ง. 40 kg m/s

9. ปล่อยลูกบอลมวล 1 kg จากที่สูง 5 m ลงมาในแนวตั้ง กระแทกพื้นนาน 0.2 s ปรากฏว่าลูกบอลกระดอนขึ้นสูง 1.6 m จงหาการดลของลูกบอล

ก. 6 N s ข. 12 N s ค. 52 N s ง. 25 N s

10. จากข้อ 9 แรงดลที่กระทำต่อลูกบอลเป็นกี่นิวตัน

ก. 260 ข. 270 ค. 240 ง. 220

11. ขว้างลูกบอลมวล 0.1 kg ด้วยความเร็ว 20 m/s ในแนวระดับเข้าชนกำแพง แล้วสะท้อนกลับออกมาในแนวเดิมด้วยความเร็ว 20 m/s จงหาการดลของลูกบอล

ก. 4 kg m/s ข. 3 kg m/s ค. 2 kg m/s ง. 1 kg m/s

12. สายฝนที่ลูกเทนนิสมวล 0.2 kg ที่กำลังลอยมาในอากาศด้วยความเร็ว 50 m/s ในแนวระดับ หลังจากตีลูกเทนนิสสะท้อนกลับในแนวเดิมด้วยความเร็ว 70 m/s ถ้าลูกเทนนิสกระทบไม้ นาน 0.02 s จงหาขนาดของการดลของลูกเทนนิสในหน่วยนิวตันวินาที

ก. 2 ข. 12 ค. 24 ง. 120

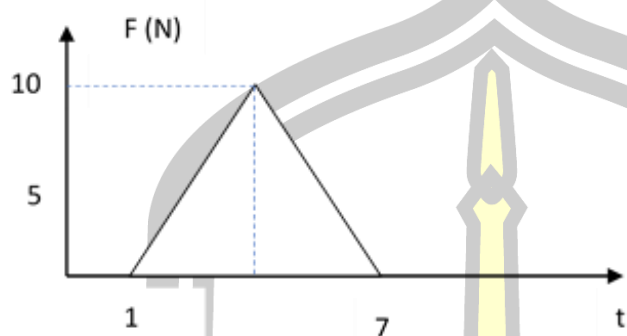
13. จากข้อ 3 แรงเฉลี่ยที่ไม้เทนนิสกระทำต่อลูกเทนนิสเป็นกี่นิวตัน

ก. 12 ข. 1,200 ค. 240 ง. 2,400

14. กวีนเตะบอลที่ลอยมาในอากาศด้วยความเร็ว 25 m/s หลังจากกวีนเตะลูกบอลทำให้ลูกบอลสะท้อนกลับแนวเดิมด้วยความเร็ว 30 m/s ถ้าลูกบอลมีมวล 800 g จงหาขนาดของการดลของลูกบอล

ก. 22 kg m/s ข. 44 kg m/s ค. 220 kg m/s ง. 440 kg m/s

15. จากรูปถ้ามีแรงกระทำกับวัตถุ ในช่วงเวลาที่มีจากวินาที 1 ถึง วินาทีที่ 7 จะมีการดลเท่าใด

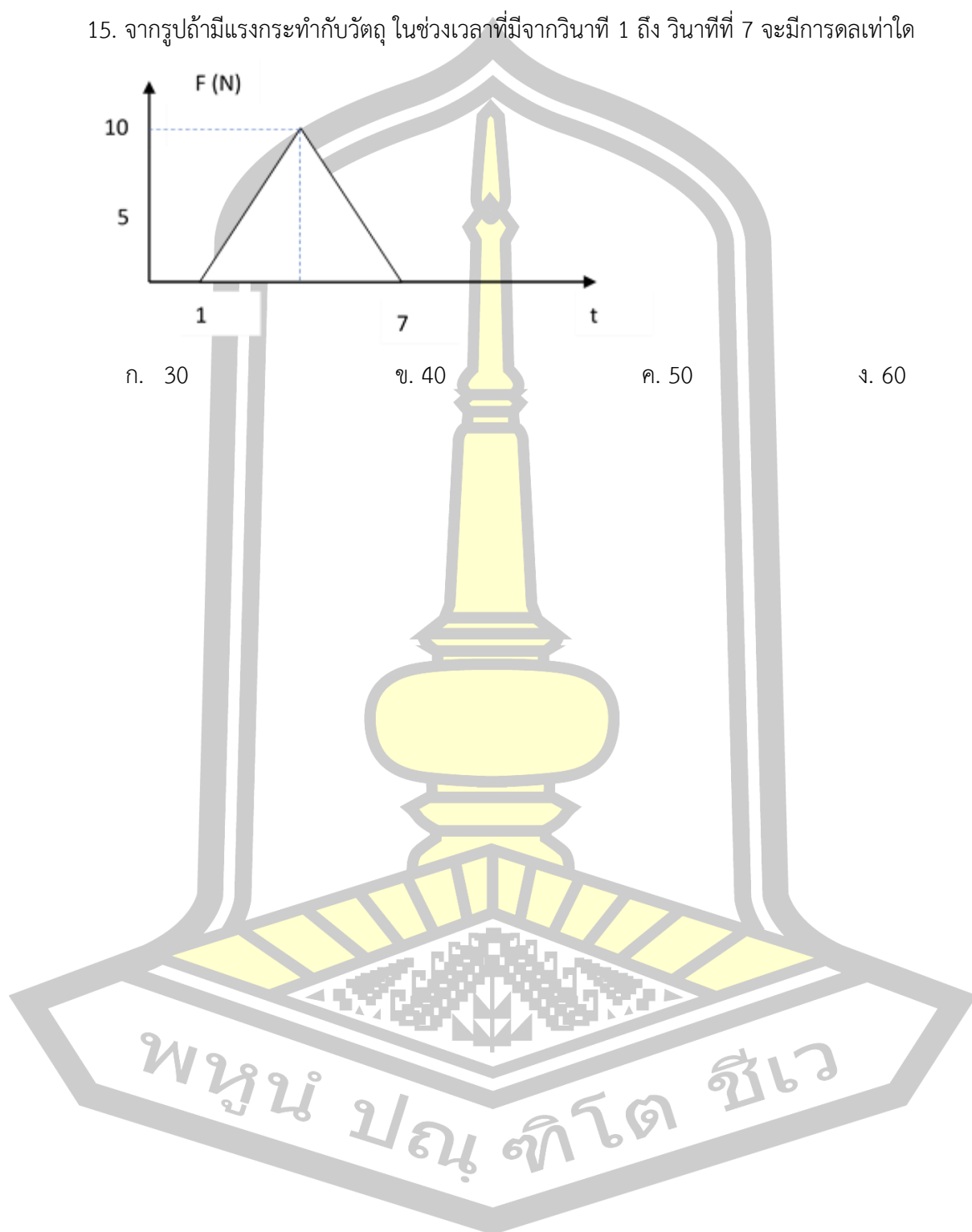


ก. 30

ข. 40

ค. 50

ง. 60



เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	A	B	C	D
1	x			
2		x		
3		x		
4		x		
5				x
6		x		
7			x	
8				x
9			x	
10	x			
11	x			
12			x	
13		x		
14		x		
15	x			

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

1. ถ้าวัตถุตั้งแต่ 2 ก้อนขึ้นไปเกิดการชนกัน ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริงเสมอ
 - ก. โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
 - ข. พลังงานจลน์ของวัตถุแต่ละก้อนไม่เปลี่ยนแปลง
 - ค. โมเมนตัมทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง
 - ง. พลังงานจลน์ทั้งหมดเปลี่ยนแปลง
2. ถ้าวัตถุหนึ่งระเบิดแตกออกเป็น 2 เศษ จะพบว่า
 - ก. ทั้ง 2 เศษเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้าม ในบางครั้ง
 - ข. ทั้ง 2 เศษมีพลังงานจลน์เท่ากันเสมอ
 - ค. ทั้ง 2 เศษมีโมเมนตัมเท่ากันเสมอ
 - ง. รวมโมเมนตัมของทั้ง 2 เศษต้องเท่ากับโมเมนตัมก่อนระเบิด
3. การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์มีปริมาณใดที่คงที่
 - ก. พลังงานจลน์แต่ไม่ใช่โมเมนตัม
 - ข. โมเมนตัม แต่ไม่ใช่พลังงานจลน์
 - ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์
 - ง. ไม่คงที่ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัม
4. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์
 - ก. พลังงานจลน์ก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน
 - ข. พลังงานจลน์ก่อนชนไม่เท่ากับพลังงานจลน์หลังชน
 - ค. พลังงานจลน์ก่อนชนมากกว่าพลังงานจลน์หลังชน
 - ง. พลังงานจลน์ก่อนชนน้อยกว่าพลังงานจลน์หลังชน
5. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการชนของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น
 - ก. พลังงานจลน์ก่อนชนเท่ากับพลังงานจลน์หลังชน
 - ข. พลังงานจลน์ก่อนชนน้อยกว่าพลังงานจลน์หลังชนสองเท่าเสมอ
 - ค. พลังงานจลน์ก่อนชนมากกว่าพลังงานจลน์หลังชน
 - ง. พลังงานจลน์ก่อนชนน้อยกว่าพลังงานจลน์หลังชน

6. ถ้ามีวัตถุ 2 ก้อน มวล 2 kg และ 4 kg ตามลำดับ ถ้าก้อนแรกเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 5 m/s เข้าชนก้อนที่ 2 ที่อยู่นิ่งทำให้เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 2 m/s หลังการชนวัตถุก้อนแรกจะเหลือความเร็วเท่าไร

- ก. 1 m/s ข. 2 m/s ค. 3 m/s ง. 4 m/s

7. ถ้ามีวัตถุ 2 ก้อน มวล 1m และ 3m ตามลำดับ ถ้าก้อนแรกเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 16 m/s เข้าชนก้อนที่ 2 ที่อยู่นิ่ง หลังการชนพบว่าวัตถุก้อน 1m กระเด็นกลับด้วยความเร็ว 5 m/s จงหาความเร็วของวัตถุก้อน 3m

- ก. 1 m/s ข. 3 m/s ค. 5 m/s ง. 7 m/s

8. มวล 2m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 m/s เข้าชนมวล 3m ซึ่งกำลังวิ่งด้วยความเร็ว 4 m/s ในทิศทางเดียวกัน ถ้าเป็นการชนที่ไม่สูญเสียพลังงานจลน์ จงหาความเร็วของมวลทั้งสองหลังการชนกันในหน่วย m/s

- ก. $V_1 = 8.8, V_2 = 1.8$ ข. $V_1 = 1.8, V_2 = 4.8$
 ค. $V_1 = 2.8, V_2 = 8.8$ ง. $V_1 = 2.8, V_2 = 4.8$

9. วัตถุมวล 2 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 m/s เข้าชนมวล 3 kg ซึ่งอยู่นิ่ง หลังชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป จงหาความเร็วของมวลทั้งสองที่ติดกันไป

- ก. $V = 2 \text{ m/s}$ ข. $V = 4 \text{ m/s}$ ค. $V = 6 \text{ m/s}$ ง. $V = 8 \text{ m/s}$

10. มวล 10 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s เข้าชนมวล 15 kg ที่อยู่นิ่ง ปรากฏว่าหลังการชนมวล 10 kg อยู่นิ่ง จงหาความเร็วหลังการชนของมวล 15 kg

- ก. $V = 3.33 \text{ m/s}$ ข. $V = 4.5 \text{ m/s}$ ค. $V = 6.3 \text{ m/s}$ ง. $V = 25 \text{ m/s}$

11. ชายคนหนึ่งมวล 80 kg ยืนอยู่บนล้อเลื่อนมวล 20 kg แล้วขว้างก้อนมวล 2 kg ออกไปตรง ๆ ในแนวระดับด้วยความเร็ว 10 m/s จงหาความเร็วของล้อเลื่อน

- ก. $V = -0.20 \text{ m/s}$ ข. $V = -0.25 \text{ m/s}$ ค. $V = 0.30 \text{ m/s}$ ง. $V = 0.5 \text{ m/s}$

12. ชายคนหนึ่งมวล 50 kg ยืนอยู่บนหัวเรือมวล 75 kg ถ้าชายคนนี้พุ่งลงน้ำด้วยความเร็ว 6 m/s จงหาความเร็วของเรือหลังการพุ่งลงน้ำของชายคนนี้

- ก. $V = -1 \text{ m/s}$ ข. $V = -2 \text{ m/s}$ ค. $V = -4 \text{ m/s}$ ง. $V = -5 \text{ m/s}$

13. ชายคนหนึ่งมวล 60 kg ยืนอยู่บนล้อเลื่อนมวล 40 kg ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3 m/s ถ้าชายคนนี้ต้องการให้ล้อเลื่อนหยุด เขาต้องกระโดดออกด้วยความเร็วเท่าใด

- ก. $V = 3 \text{ m/s}$ ข. $V = 5 \text{ m/s}$ ค. $V = 7 \text{ m/s}$ ง. $V = 9 \text{ m/s}$

14. วัตถุก้อนหนึ่งมวล 1000 kg เกิดการระเบิดออกเป็นสองส่วนในทิศตรงข้ามกัน หลังจากการระเบิดพบว่าส่วนแรกมีมวล 600 kg ลอยไปในอากาศด้วยความเร็ว 80 m/s ถ้าส่วนที่สองมีมวล 200 kg จงหาความเร็วของส่วนที่สองหลังการระเบิด

ก. $V = -240$ m/s ข. $V = -505$ m/s ค. $V = -960$ m/s ง. $V = -120$ m/s

15. ปืนใหญ่กระบอกหนึ่งมีมวล 6,000 kg บรรจุลูกปืนที่มีมวล 50 kg หลังจากการยิงออกไปพบว่าปืนสะท้อนถอยหลังด้วยความเร็ว 2 m/s จงหาความเร็วของลูกปืนที่ยิงออกไปจากปลายกระบอก

ก. $V = 200$ m/s ข. $V = 240$ m/s ค. $V = 430$ m/s ง. $V = 500$ m/s

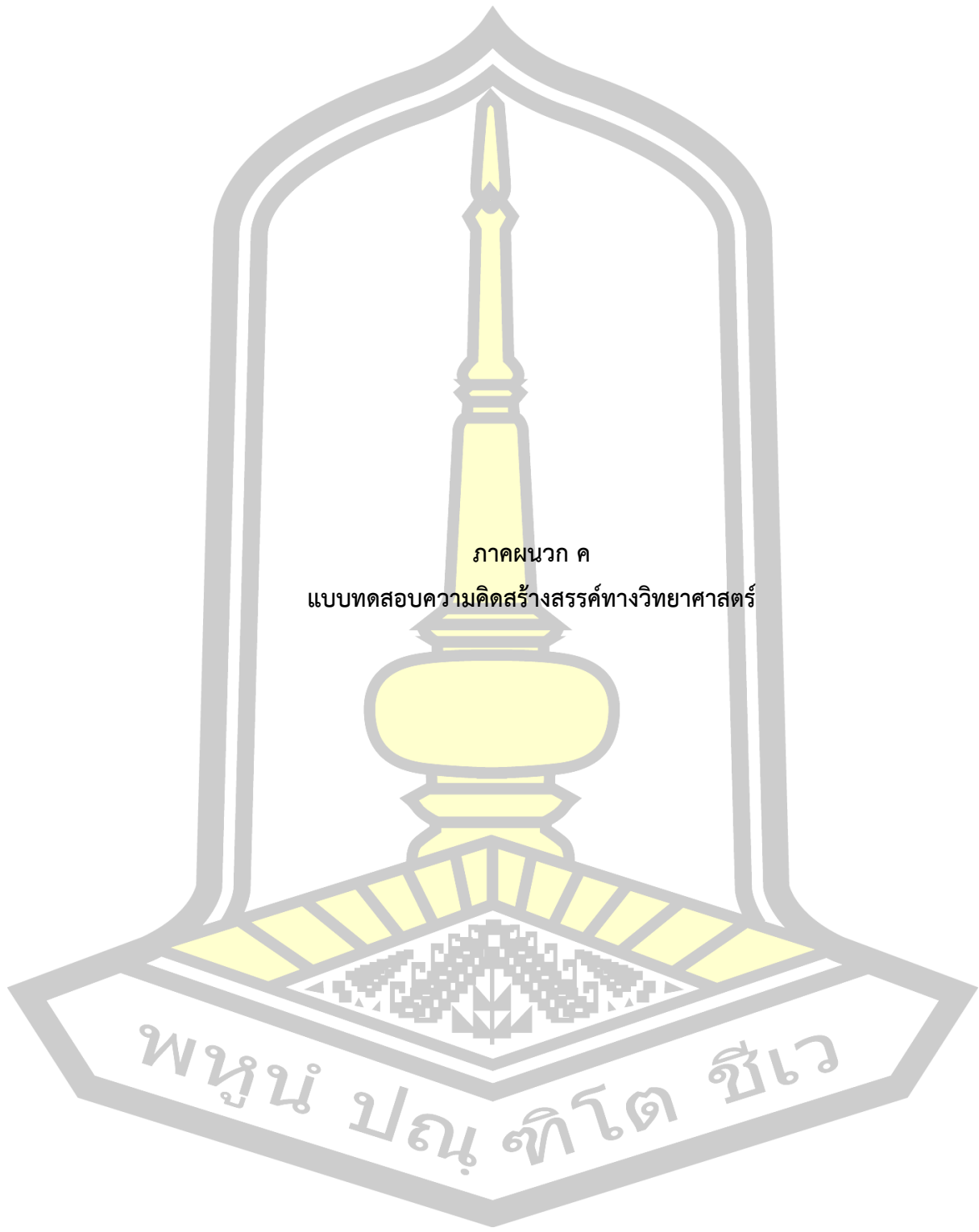


เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

ข้อ	ก	ข	ค	ง
	A	B	C	D
1			x	
2				x
3			x	
4	x			
5			x	
6	x			
7				x
8			x	
9		x		
10	x			
11	x			
12			x	
13		x		
14	x			
15		x		

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ค
แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบของนักเรียนให้มากที่สุด แบบทดสอบไม่มีผลต่อรายวิชาฟิสิกส์ และแบบทดสอบไม่มีคำตอบที่ผิดดังนั้นให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของนักเรียนอย่างอิสระ

1. ถ้าโลกเกิดการหยุดหมุนชั่วขณะ จะส่งผลให้เกิดผลกระทบอะไรบ้าง ให้นักเรียนอธิบายให้ได้มากที่สุด เช่น ถ้าโลกหยุดหมุนคนจะลอยไปบนฟ้า เพราะอาจไม่มีแรงโน้มถ่วง ดังนั้นแล้วให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของนักเรียน

ตอบ 1.....

เหตุผล.....

2.....

เหตุผล.....

3.....

เหตุผล.....

อื่นๆ.....

2. ถ้ามีกระดาษชำระอยู่สองชนิด นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าตัวไหนมีคุณภาพดีกว่ากัน ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการทดสอบประสิทธิภาพ และวิธีการทดสอบกระดาษชำระ

ตอบ 1.....

เหตุผล.....

2.....

เหตุผล.....

3.....

เหตุผล.....

อื่นๆ.....

พูน บอดุ คิโต ชิว

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบของนักเรียนให้มากที่สุด แบบทดสอบไม่มีผลต่อรายวิชาฟิสิกส์ และแบบทดสอบไม่มีคำตอบที่ผิดดังนั้นให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของนักเรียนอย่างอิสระ

1. ถ้าโลกกำลังอยู่ในสถานการณ์การขาดแคลนพลังงาน เพื่อให้โลกมีพลังงานใช้เพิ่มขึ้นนักเรียนจะมีวิธีการสร้างหรือหาพลังงานทดแทนจากอะไรและอย่างไรบ้าง ให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของนักเรียน

ตอบ 1.....

เหตุผล.....

2.....

เหตุผล.....

3.....

เหตุผล.....

อื่นๆ.....

2. ถ้านักเรียนเกิดการหลงป่า นักเรียนจะมีวิธีการเอาตัวรอดอย่างไรบ้าง ให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของนักเรียนตอบ

ตอบ 1.....

เหตุผล.....

2.....

เหตุผล.....

3.....

เหตุผล.....

อื่นๆ.....

พูน ปณ ติโต ชีเว

เกณฑ์การพิจารณาคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์			ระดับคะแนน		
			2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
องค์ประกอบ	1. ด้านคุณสมบัติ (Trail)	1.1 ความคิด คล่องแคล่ว (Fluency)	มีจำนวนคำตอบ มากกว่า 3 คำตอบ	มีจำนวนคำตอบ 1-3 คำตอบ	ไม่ตอบ คำถาม
		1.2 ความคิด ยืดหยุ่น (Flexibility)	มีจำนวนวิธีการ แก้ปัญหา มากกว่า 3 วิธี	มีจำนวนวิธีการ แก้ปัญหา 1-3 วิธี	ไม่ตอบ คำถาม
		1.3 ความคิดริเริ่ม (Originality)	มีคำตอบหรือ วิธีการที่แปลกใหม่ ที่บนพื้นฐานทาง วิทยาศาสตร์	มีคำตอบหรือ วิธีการที่ ไม่แต่ ต่างจากไปจาก คำตอบของคน อื่น ๆ	ไม่ตอบ คำถาม
	2. ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)	2.1 ประโยชน์ของ ผลิตภัณฑ์ (Technical Product)	มีการนำความรู้ หรือข้อมูลที่มีมา คิดหาคำตอบ	ไม่มีการนำ ความรู้หรือข้อมูล ที่มีมาคิดหา คำตอบ	ไม่ตอบ คำถาม
		2.2 การนำความรู้ ทางวิทยาศาสตร์มา ใช้สร้างผลิตภัณฑ์ (Science Knowledge)	มีการนำหลักการ ทางวิทยาศาสตร์ มาให้เหตุผล ประกอบ	ไม่มีการนำ หลักการทาง วิทยาศาสตร์มา ใช้ในการตอบ คำถาม	ไม่ตอบ คำถาม
		2.3 ความเข้าใจใน ปรากฏการณ์ (Science Phenomena)	คำตอบเชื่อมโยง ถึงเข้าใจใน ปรากฏการณ์ทาง ธรรมชาติโดยอยู่	คำตอบไม่ เชื่อมโยงกับ ปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติ ไม่	ไม่ตอบ คำถาม

			บนพื้นฐานและ หลักการทาง วิทยาศาสตร์	คำนึงถึงความ เป็นไปได้ทาง วิทยาศาสตร์	
		2.4 การตั้งปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ (Science Problem)	มีคำตอบที่เกิดจาก การนำความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มาใช้ โดยการให้เหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบ	ไม่มีคำตอบที่เกิด จากการนำ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มา ใช้	ไม่ตอบ คำถาม
3. ด้านกระบวนการ (Process)		3.1 การคิดอย่างมี เหตุผล (Thinking)	มีการใช้เหตุผล ประกอบการตอบ คำถาม ทุกการ ตอบในแต่ละ ประเด็น	ไม่มีการใช้เหตุผล ประกอบการ ตอบคำถาม	ไม่ตอบ คำถาม
		3.2 จินตนาการ (Imagination)	มีคำตอบที่แสดง ให้เห็นถึงการคิด ล่วงหน้า หรือ เหตุการณ์ที่คาดว่าจะ เกิดขึ้น	ไม่มีคำตอบที่ แสดงให้เห็นถึง การคิดล่วงหน้า หรือเหตุการณ์ที่ คาดว่าจะ เกิดขึ้น	ไม่ตอบ คำถาม





ภาคผนวก ง

แบบสั้ภาษณั์ การจั้ดกิจกรรมการเรี้นรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศีกษา ชั้

มัธยมศีกษาปีที่ 4

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

แบบสัมภาษณ์นักเรียน

เรื่อง การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2

โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม

จังหวัดมหาสารคาม

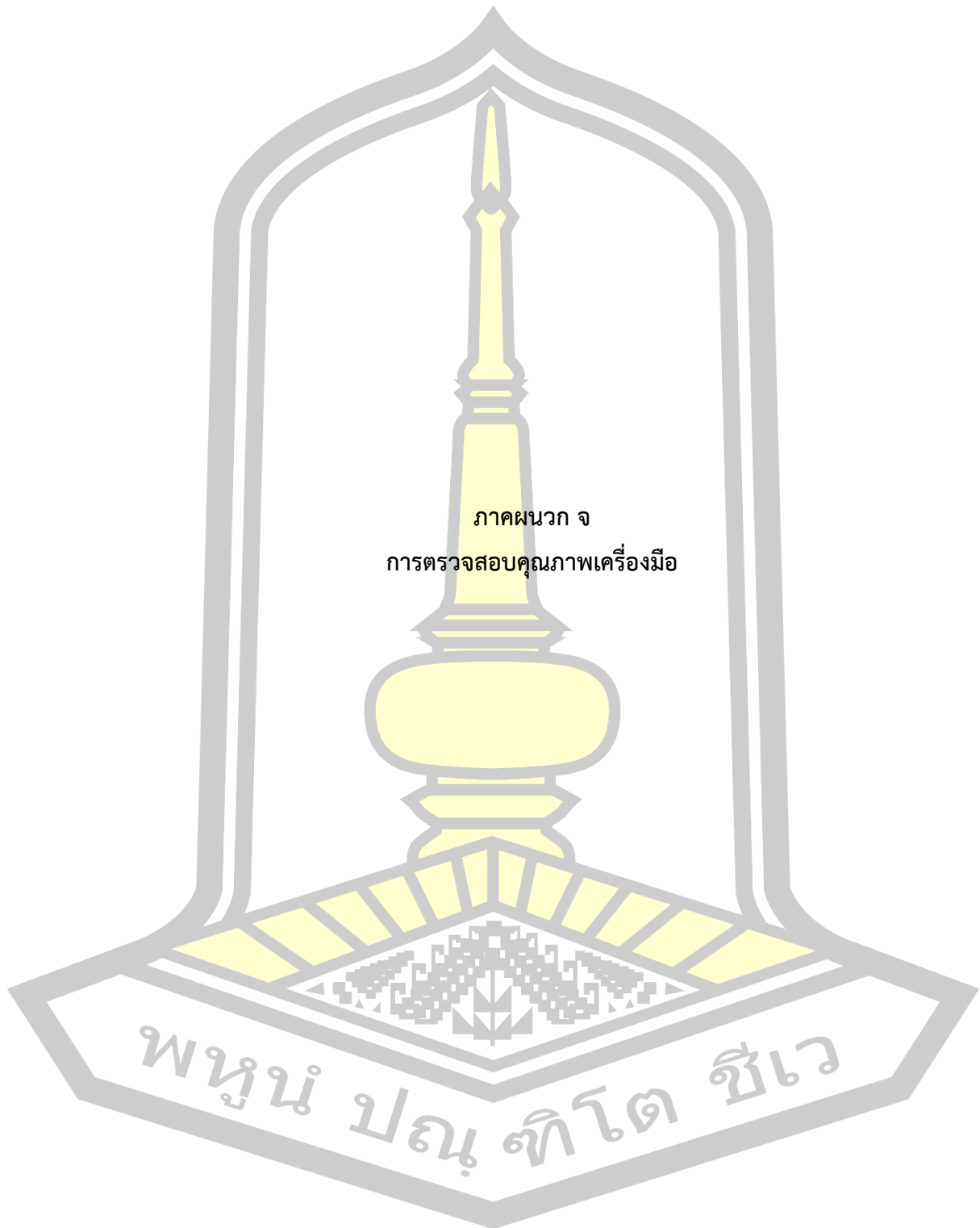
จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อนักเรียน.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ขอความร่วมมือให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำคำตอบไป
ทำการพิจารณาปรับปรุงแก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในครั้งต่อไป โดยไม่มีผลต่อคะแนน
นักเรียน

1.นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรบ้างหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม	ความเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรม
1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
2) ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration)
3) ขั้นอธิบายและลง ข้อสรุป (Explanation)
4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)



ภาคผนวก จ
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

วิชา ฟิสิกส์ 2

เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แผนการสอนที่..... เรื่อง.....

เวลาที่ใช้ 2 ชั่วโมง

คำชี้แจง

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้นิเทศได้พิจารณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้

- 5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี
- 3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี
- 2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้
- 1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1.สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด					
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
2.จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ทักษะกระบวนการและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์					
2.3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุม ด้านความเข้าใจ ด้านความรู้ และด้านลักษณะอันพึงประสงค์					
3.กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					
3.3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง					
3.4	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน					

3.5	กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง					
4.สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย					
4.2	วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
5.การวัด/ประเมินผล						
5.1	แบบวัดสามารถวัดได้จริง					
5.2	วัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้					

ข้อเสนอแนะ

ด้านเนื้อหาสาระ

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

.....

.....

ด้านอื่น ๆ (โปรดระบุ)

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมิน

(.....)

พูน ปณ ทิโต ชเว

ตาราง 21 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง
โมเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	4	5	5	4	23	4.6
1.2	5	4	5	5	4	23	4.6
1.3	5	4	5	5	4	23	4.6
2.1	5	4	5	5	5	24	4.8
2.2	4	4	5	4	4	21	4.2
2.3	5	4	5	4	4	22	4.4
3.1	5	4	4	5	4	22	4.4
3.2	5	4	5	5	4	23	4.6
3.3	4	4	5	4	3	20	4
3.4	5	4	5	5	4	23	4.6
3.5	4	4	5	5	4	22	4.4
4.1	5	4	5	4	4	22	4.4
4.2	5	4	5	5	4	23	4.6
5.1	5	3	5	4	4	21	4.2
5.2	5	3	5	5	4	22	4.4
เฉลี่ย	4.80	3.87	4.93	4.67	4.00	22.27	4.45
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี						

ตาราง 22 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง
โมเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	4	5	5	4	23	4.6
1.2	5	4	5	5	4	23	4.6
1.3	5	4	5	4	4	22	4.4
2.1	5	5	5	5	4	24	4.8
2.2	5	4	5	4	5	23	4.6
2.3	5	4	5	4	4	22	4.4
3.1	5	4	5	5	5	24	4.8
3.2	5	4	5	5	4	23	4.6
3.3	5	4	5	5	4	23	4.6
3.4	5	4	5	4	4	22	4.4
3.5	5	4	5	4	4	22	4.4
4.1	5	3	5	4	5	22	4.4
4.2	5	3	5	5	4	22	4.4
5.1	5	3	5	4	4	21	4.2
5.2	5	3	5	5	4	22	4.4
เฉลี่ย	5.00	3.80	5.00	4.53	4.20	22.53	4.51
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดีมาก						

ตาราง 23 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง
โมเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	4	24	4.8
1.2	5	5	5	5	4	24	4.8
1.3	5	5	5	5	4	24	4.8
2.1	5	5	5	5	4	24	4.8
2.2	5	5	5	4	5	24	4.8
2.3	5	5	5	5	4	24	4.8
3.1	5	5	5	4	4	23	4.6
3.2	5	5	5	5	4	24	4.8
3.3	5	5	5	4	4	23	4.6
3.4	5	5	5	5	5	25	5
3.5	5	5	5	5	4	24	4.8
4.1	5	5	5	4	4	23	4.6
4.2	5	5	5	5	4	24	4.8
5.1	5	5	5	4	4	23	4.6
5.2	5	5	5	5	4	24	4.8
เฉลี่ย	5.00	5.00	5.00	4.67	4.13	23.80	4.76
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดีมาก						

ตาราง 24 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง
โมเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	4	5	5	4	23	4.6
1.2	5	4	5	5	4	23	4.6
1.3	5	4	5	5	4	23	4.6
2.1	5	4	5	4	4	22	4.4
2.2	4	4	5	4	4	21	4.2
2.3	5	4	5	5	4	23	4.6
3.1	5	4	5	5	5	24	4.8
3.2	5	4	5	4	4	22	4.4
3.3	4	4	5	4	4	21	4.2
3.4	5	4	5	5	4	23	4.6
3.5	5	4	5	4	4	22	4.4
4.1	5	4	5	4	4	22	4.4
4.2	5	4	5	5	4	23	4.6
5.1	5	4	5	5	4	23	4.6
5.2	5	4	5	4	4	22	4.4
เฉลี่ย	4.87	4.00	5.00	4.53	4.07	22.47	4.49
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดี						

ตาราง 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง
โมเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	4	24	4.8
1.2	5	5	5	5	4	24	4.8
1.3	5	5	5	5	4	24	4.8
2.1	5	5	5	5	4	24	4.8
2.2	5	5	5	4	5	24	4.8
2.3	5	5	5	4	4	23	4.6
3.1	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2	5	5	5	5	4	24	4.8
3.3	5	5	5	4	4	23	4.6
3.4	5	5	5	4	4	23	4.6
3.5	5	5	5	5	4	24	4.8
4.1	5	5	5	4	4	23	4.6
4.2	5	5	5	4	4	23	4.6
5.1	5	5	5	4	4	23	4.6
5.2	5	5	5	4	4	23	4.6
เฉลี่ย	5.00	5.00	5.00	4.47	4.07	23.53	4.71
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดีมาก						

ตาราง 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง
โมเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

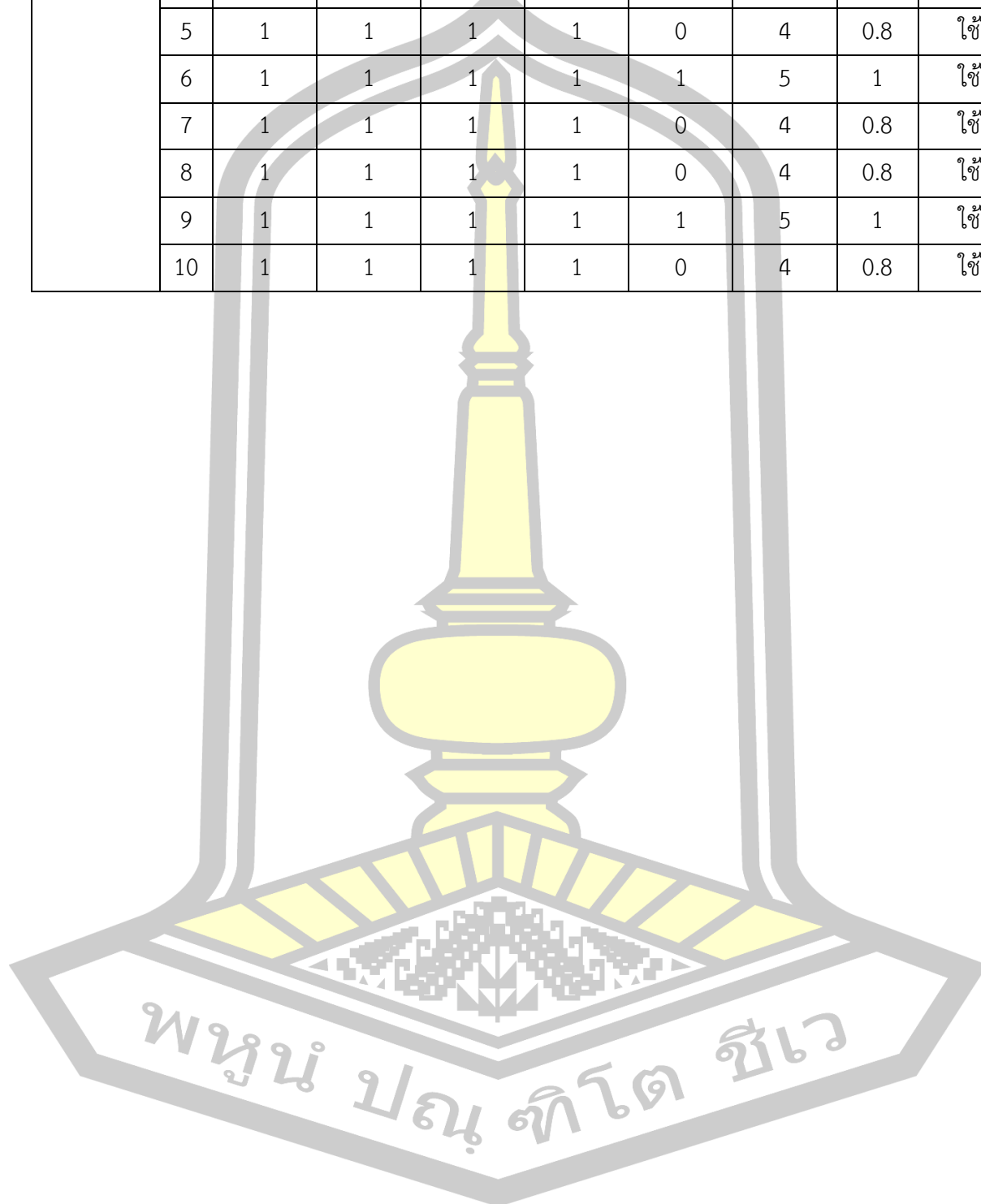
รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	4	24	4.8
1.2	5	5	5	5	4	24	4.8
1.3	5	5	5	5	4	24	4.8
2.1	5	5	5	5	4	24	4.8
2.2	5	5	5	5	5	25	5
2.3	5	5	5	5	4	24	4.8
3.1	5	5	5	5	4	24	4.8
3.2	5	5	5	5	4	24	4.8
3.3	5	5	5	4	4	23	4.6
3.4	5	5	5	5	4	24	4.8
3.5	5	5	5	5	4	24	4.8
4.1	5	5	5	5	4	24	4.8
4.2	5	5	5	5	4	24	4.8
5.1	5	5	5	5	4	24	4.8
5.2	5	5	5	5	4	24	4.8
เฉลี่ย	5.00	5.00	5.00	4.93	4.07	24.00	4.80
ระดับคุณภาพ	คุณภาพดีมาก						

ตาราง 27 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โมนเมนต์และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1- 6

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	0	1	0	3	0.6	ใช้ได้
	2	1	0	0	1	1	3	0.6	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	5	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
	8	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
	9	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
	10	1	0	1	1	0	3	0.6	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

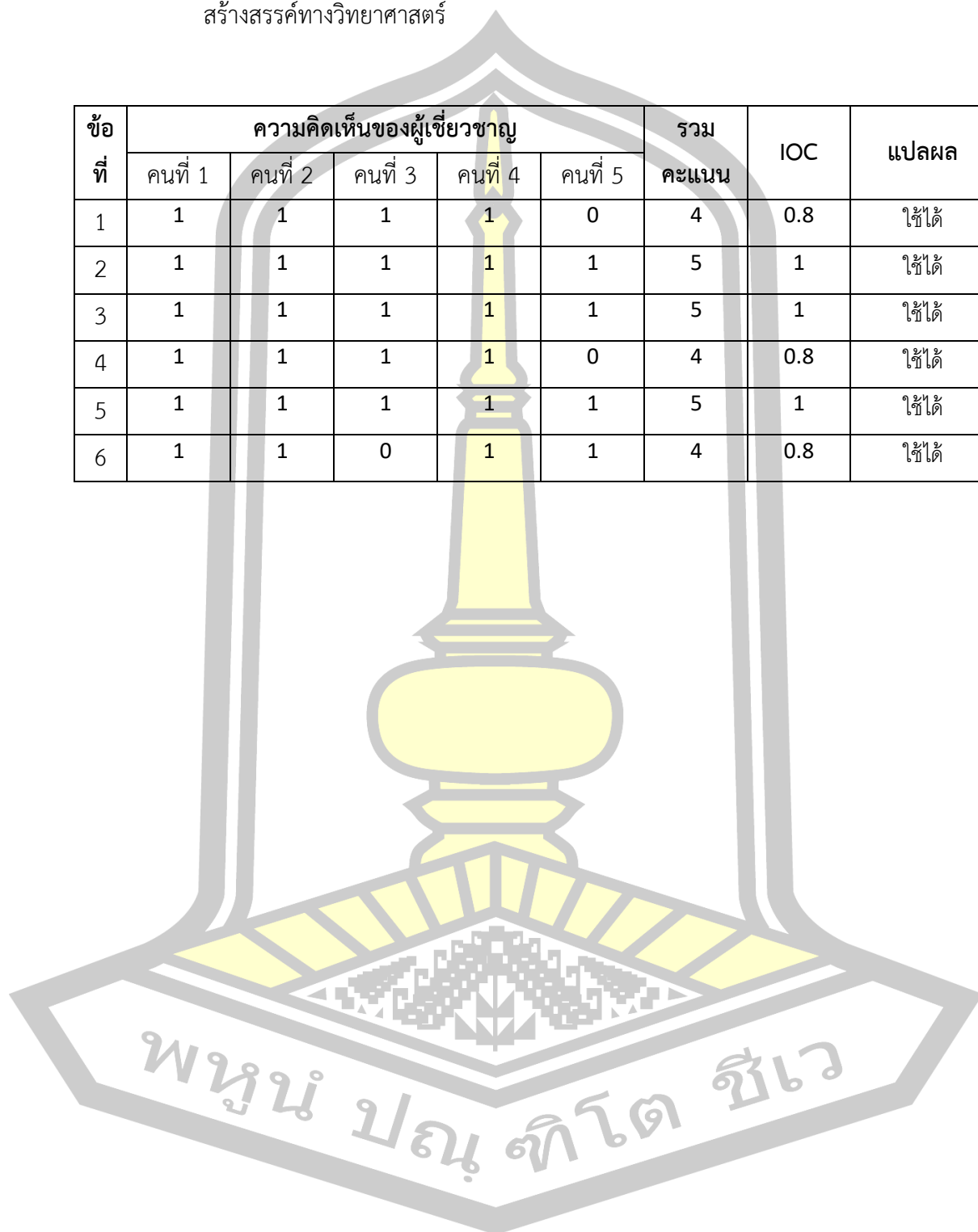
จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อ ที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	5	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	-1	3	0.6	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	5	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อ ที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	5	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	6	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	8	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้



ตาราง 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การวัดความคิด
สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อ ที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
6	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายรพีพล อินสุพรรณ
วันเกิด	วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 96 หมู่ 8 ตำบล ดงขวาง อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม รหัสไปรษณีย์ 48000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย พ.ศ. 2559 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ (อิเล็กทรอนิกส์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว