การใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิด และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงาน

ลัญจกร ทองเรือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

USING ACTIVE WORKBOOKS AS A TOOL TO DEVELOP CONCEPTS AND PROBLEM – SOLVING SKILL IN WORK AND ENERGY

LANJAKORN TONGRUENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN SCIENCE EDUCATION

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงาน

ผู้วิจัย นางสาวลัญจกร ทองเรือง

คณะกรรมการสอบ

ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	กรรมการ
ดร.ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดเสมอมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง ดร.ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณคณะครูและนักเรียนในโรงเรียนเคียนซาพิทยาคมทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการศึกษาระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตในครั้งนี้ และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาที่ดี จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ลัญจกร ทองเรือง
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	:	การใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงาน
ผู้วิจัย	:	ลัญจกร ทองเรือง
ชื่อปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	:	วิทยาศาสตร์ศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม
คำสำคัญ	:	ใบกิจกรรมเชิงรุก, แนวคิด, ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา, งานและพลังงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิด และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงาน และพลังงานโดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก ซึ่งในใบกิจกรรมเชิงรุกประกอบด้วยสถานการณ์ตรวจสอบแนวคิด แนวคิดหลัก กราฟ ไดอะแกรม ตัวอย่างการคำนวณ และแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเคียนซาพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรมเชิงรุก แผนการจัดการเรียนรู้โดยอาศัยแนวคิดการจดคำบรรยาย แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที และ normalized gain ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนเรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบปรนัยเท่ากับ 0.31 อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบอัตนัย เท่ากับ 0.22 อยู่ในระดับต่ำ (low gain) แสดงว่าการใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกช่วยพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานของนักเรียนได้

ABSTRACT

TITLE : USING ACTIVE WORKBOOKS AS A TOOL TO DEVELOP CONCEPTS AND PROBLEM - SOLVING SKILL IN WORK AND ENERGY
AUTHOR : LANJAKORN TONGRUENG
DEGREE : MASTER DEGREE OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : ASST.PROF.SURA WUTTIPROM, Ph.D.
KEYWORDS : ACTIVE WORKBOOKS, CONCEPTS, PROBLEM - SOLVING SKILL WORK AND ENERGY

This research aimed to develop students' conceptual understanding and problem-solving skills in work and energy using active workbooks. These workbooks were prepared in advance by the teacher and consisted of conceptual check point, essential concepts, graphs, diagrams, example, and problem solving. The participants in the research were 23 grade 10 students at Khiansaphittayakom School, AmphurKhainsa, SuratThani province in the second semester of the 2014 academic year. The research tools consisted of active workbooks, lesson plans based on the taking lecture, the Work and Energy Test, The data were analyzed into the average percentage, standard deviation, t-test and normalized gain. The result showed that the achievement was increased with statistically significant level of .05. The class normalized gain for multiple choice quiz was in the medium gain $\langle g \rangle = 0.31$ and subjective tests was in low gain $\langle g \rangle = 0.22$. The results of the study demonstrated a significant increase in student learning performance both concepts and problem solving skills with the application of the active workbooks.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)	4
2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์	5
2.3 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism Theory)	6
2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Information Processing Theory: IPT)	8
2.5 การจดคำบรรยาย (Taking lecture)	8
2.6 การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)	9
2.7 การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	11
2.8 Normalized gain	11
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 บริบทการวิจัย	17
3.2 แบบแผนการวิจัย	17
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	17
3.4 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	21
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 เปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	23
4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน	27
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลการวิจัย	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	**46**
ภาคผนวก	
ก ตัวอย่างใบกิจกรรมเชิงรุก	51
ข แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน	59
ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	76
ง ตารางและผลการคำนวณทางสถิติ	86
จ ภาพประกอบการทำกิจกรรม	99
ประวัติผู้วิจัย	**107**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	องค์ประกอบหลักในใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks)	18
3.2	ขั้นตอนหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks)	18
3.3	การจัดกลุ่มของแบบทดสอบแบบปรนัย	20
4.1	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 23 คน	23
4.2	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน	26
4.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนเมื่อแบ่งตามระดับความสามารถทางการเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัยเรื่องงานและพลังงาน	27
4.4	ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อแบ่งตามระดับความสามารถทางการเรียนของแบบทดสอบแบบอัตนัยเรื่องงานและพลังงาน	30
4.5	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 4	32
4.6	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 7	34
4.7	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 9	36
4.8	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 10	38
4.9	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 13	39
4.10	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 14	40
4.11	การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 16	42
4.12	ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายข้อของข้อสอบแบบอัตนัย	42
4.13	การแยกข้อสอบตามแนวคิด	43
ข.1	เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบตอนที่ แบบทดสอบอัตนัย 2	76
ง.1	การวิเคราะห์ผู้เรียนรายบุคคลชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 วิชาฟิสิกส์ 1	87
ง.2	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานของแบบทดสอบแบบปรนัย	89
ง.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานของแบบทดสอบแบบอัตนัย	91
ง.4	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างของแบบทดสอบปรนัย	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ง.5	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างของแบบทดสอบอัตนัย	93
ง.6	ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายข้อ	94
ง.7	คะแนนก่อนเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบอัตนัย	95
ง.8	คะแนนหลังเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบอัตนัย	96
ง.9	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบอัตนัย	97
ง.10	การหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบแบบปรนัยกับจุดประสงค์	97
ง.11	ค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบแบบอัตนัยกับจุดประสงค์	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัย	25
4.2	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบแบบอัตนัย	26
4.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบแบบปรนัย	27
4.4	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบแบบอัตนัย	29
4.5	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบปรนัย	31
4.6	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 4	32
4.7	ตัวอย่างการคำนวณในแบบทดสอบข้อที่ 4 ของนักเรียน	33
4.8	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 7	34
4.9	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 9	36
4.10	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 10	37
4.11	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 13	38
4.12	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 14	40
4.13	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 16	41
4.14	ความสัมพันธ์ของความก้าวหน้าทางการเรียนแต่ละแนวคิด	43
ก.1	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 1	52
ก.2	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 2	53
ก.3	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 3	54
ก.4	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 4	55
ก.5	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 5	56
ก.6	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 6	57
ก.7	ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 7	58
ข.1	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 1	59
ข.2	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 2	61
ข.3	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 3	62
ข.4	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 4	63
ข.5	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 5	64
ข.6	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 6	65
ข.7	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 7	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.8	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 8	67
ข.9	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 9	68
ข.10	แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 10	69
ข.11	เฉลยแบบทดสอบแบบอัตนัยข้อที่ 1 หัวข้อย่อยที่ 1	70
ข.12	เฉลยแบบทดสอบแบบอัตนัยข้อที่ 1 หัวข้อย่อยที่ 2	72
ข.13	เฉลยแบบทดสอบแบบอัตนัยข้อที่ 2	73
ค.1	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 1	77
ค.2	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 2	78
ค.3	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 3	79
ค.4	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 4	80
ค.5	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 5	81
ค.6	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 6	82
ค.7	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 7	83
ค.8	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 8	84
ค.9	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 9	85
จ.1	ทดสอบก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้	100
จ.2	ทดลองโยนลูกบอลในการทำนายคำตอบว่างานเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์	100
จ.3	ขณะนักเรียนทำใบกิจกรรมเชิงรุกและทำกิจกรรมในใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่	101
จ.4	นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาแรงและงานบนกระดาน	101
จ.5	นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหางานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟบนกระดาน	102
จ.6	ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของนักเรียน	102
จ.7	ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 2 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของนักเรียน	103
จ.8	ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 2 งานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟของนักเรียน	103
จ.9	ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์	104

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
จ.10	ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 4 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์	104
จ.11	ผลงานนักเรียนตอนที่ 2 สาระน่ารู้ ในใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์	105
จ.12	ผลงานนักเรียนตอนที่ 4 ลองคิดลองทำ ในใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์	105
จ.13	ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 4 พลังงานศักย์	106
จ.14	ผลงานนักเรียนตอนที่ 4 ลองคิดลองทำ ในใบกิจกรรมเชิงรุก 4 พลังงานศักย์	106

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้เป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นมาก โดยมุ่งเน้นที่ว่าจะทำอย่างไร จะจัดกระบวนการเรียนรู้อย่างไรให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ ที่ยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถที่จะเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้และผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาเต็มตามศักยภาพ (ยศธร บรรเทิง, 2556: 1; อ้างอิงจาก กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2546) แนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) โดยเชื่อว่า การเรียนรู้ไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม หรือไม่ใช่การได้มาซึ่งความคิดใหม่ ๆ ของนักเรียน แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ (ศรีนภา ภาคภูมิ, 2554:2; อ้างอิงจาก Cobb, 1992) นอกจากนี้ยังผนวกเข้ากับแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้ Information Processing Theory (IPT) ที่สนใจกระบวนการคิดและลำดับขั้นตอนของการประมวลสารสนเทศของมนุษย์ ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับการประมวลสารสนเทศของคอมพิวเตอร์ โดยสิ่งที่ต้องคำนึงในการจัดการเรียนรู้ตาม IPT คือ การกำหนดกิจกรรม ชิ้นงาน หรือปัญหาจะต้องมีความท้าทายและสนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาตรรกะและความคิดรวบยอด (สุระ วุฒิพรหม, 2011: 31; อ้างอิงจาก Neef,N.A., McCore,B.E.,and Ferreri,S.J., 2006)

เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบลักษณะของข้อสอบ O-Net และGat-Pat ส่วนใหญ่เป็นการแก้โจทย์ปัญหา การแก้โจทย์ลักษณะนี้ได้นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจแนวคิด (conceptual understanding) ก่อน แล้วค่อยแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (อัมพวัน ศรแผลง, 2555: 1; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทศโนโลยี, 2554) และจากผลการวิจัยของ (Gerace, 2001) เกี่ยวกับแนวความคิด (conceptual understanding) กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (problem solving) พบว่านักเรียนนั้นมีความสัมพันธ์กันเชิงบวก (อัมพวัน ศรแผลง, 2555: 2; อ้างอิงจาก Gerace, 2001)

ในการจัดการศึกษาควรเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียนรู้ โดยเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) กล่าวคือ การให้ผู้เรียนเข้ามามีบทบาทร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความรู้ด้วยตนเอง จากการที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในปีการศึกษา 2554–2556 อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาที่สืบเนื่องมาจาก นักเรียนไม่สามารถสรุป และประมวลผลความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนตอบคำถามตัวเองไม่ได้ว่าวันนี้ได้เรียนรู้อะไรไปบ้าง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ซึ่งทำให้เป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอน ทั้งยังไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และไม่เข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นนามธรรมและต้องอาศัยจินตนาการอย่างมาก เพื่อช่วยในการหาคำตอบของปัญหา ดังนั้นจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ โดยเฉพาะในเรื่องของงานและพลังงานซึ่งเป็นเนื้อหาที่นักเรียนจะต้องเข้าใจให้ถ่องแท้ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่า การใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานนั้นมีความเหมาะสมในการกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์เชื่อมโยงองค์ความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ หาความสัมพันธ์และหาทางออกของปัญหา โดยครูจะเป็นผู้ใช้คำถามเพื่อให้กระตุ้นนักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง มีใบกิจกรรมเชิงรุกสำหรับให้นักเรียนได้ลงมือทำ สรุปและจัดการกับองค์ความรู้ของตนเอง เพื่อให้นักเรียนติดตามในประเด็นที่กำลังศึกษา และบันทึกลงไปในใบกิจกรรมเชิงรุกได้อย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแนวคิดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และวัดความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่องงานและพลังงาน โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ระยะเวลาในการทดลอง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 12 ชั่วโมง

1.3.2 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาที่นำมาใช้ทดลองครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 เรื่องงานและพลังงาน จำนวน 12 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ งานของ

แรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ การคำนวณงานจากพื้นที่ใต้กราฟ พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 เป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องงานและพลังงานในระดับสูงต่อไป

1.4.2 เพื่อฝึกทักษะการจดคำบรรยาย (taking lecture) ซึ่งเป็นวิธีการที่นักเรียนจะต้องนำไปใช้ในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) คือ ใบกิจกรรมที่ประกอบ 4 ขั้นตอนคือ

1.5.1 สถานการณ์ตรวจสอบแนวคิดพร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ (conceptual check point)

1.5.2 สาระน่ารู้ โดยจะมีทฤษฎี สูตร กฎ สมการ (essential concepts)

1.5.3 ตัวอย่างการคำนวณ (example)

1.5.4 แบบฝึกหัดให้ลองคิดลองทำ (problem solving)

1.5.2 แนวคิด (concept)

หมายถึง กลุ่มของความคิดที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยความเข้าใจต่อวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ อาจเกิดจากการสังเกต รับรู้ และเชื่อมโยงประสบการณ์ของบุคคลแล้วนำมาประมวลผลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปสร้างความเข้าใจของตนเอง โดยอาศัยลักษณะร่วมกันอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเกณฑ์และสามารถอธิบายจัดจำแนกสิ่งใหม่ที่พบเจอได้โดยความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

1.5.3 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (scientific concept)

หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ สถานการณ์ต่าง ๆ หรือการเรียนรู้ที่มีความหมายแล้วนำมาประมวลเป็นความรู้ ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

1.5.4 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา (problem – solving skill)

หมายถึง ทักษะการวิเคราะห์ ตีความและทำความเข้าใจโจทย์ การใช้ตัวแปรแทนปริมาณต่าง ๆ ในโจทย์ โดยใช้ข้อมูลในโจทย์ปัญหาเชื่อมโยงกับนิยาม หลักการ กฎและทฤษฎีทางฟิสิกส์ ด้วยการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ตามที่โจทย์กำหนด แทนค่าปริมาณต่าง ๆ ในรูปของตัวแปรความสัมพันธ์ที่ได้ คิดคำนวณ และวิเคราะห์คำตอบของโจทย์ปัญหา ด้วยการคิดคำนวณแก้สมการหาคำตอบ และสรุปคำตอบที่ได้ตามความหมายที่โจทย์ต้องการ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) แนวคิดวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism Theory) ทฤษฎีการเรียนรู้ Information Processing Theory (IPT) การจดคำบรรยาย (taking lecture) การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ Normalized gain และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

ยศธร บันเทิง (2556: 8; อ้างอิงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ได้กำหนดขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนจะต้องได้รับการพัฒนา คือ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กัน

ยศธร บันเทิง (2556: 9; อ้างอิงจาก Doran, Guerin and Cavalieri, 1974) กล่าวว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยวิธีการและเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ ข้อตกลงเบื้องต้นของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ยศธร บันเทิง (2556: 8; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Scientific World) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพ ดังนั้นเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือ ให้ได้ทั้งกระบวนการเรียนรู้และองค์ความรู้

2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์

2.2.1 แนวคิด (Concept)

แนวคิด ตรงกับคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีผู้ที่ให้คำแปลเป็นคำศัพท์ภาษาไทยและนิยมใช้แตกต่างกันหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด แนวคิด มโนทัศน์ มโนภาพ มโนมติ สังกัป และแนวความคิด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า แนวคิด

ยศธร บันเทิง (2556: 10; อ้างอิงจาก ภพ เลาหไพบูลย์, 2540) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งแต่ละคนจะมีมโนมติเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ และเกิดการรับรู้ บุคคลนั้นจะนำผลการรับรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา ทำให้เกิดมโนมติซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์นั้นและทำให้เขามีความรู้มากขึ้น

ยศธร บันเทิง (2556: 10; อ้างอิงจาก วราภรณ์ ภูปาทา, 2545) กล่าวว่า มโนมติเป็นความคิดความเข้าใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์หลาย ๆ แบบเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ

ยศธร บันเทิง (2556: 10; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ดังนี้ มโนมติ หมายถึง ความเข้าใจต่อวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ อาจเกิดจากการสังเกต รับรู้ และเชื่อมโยงประสบการณ์ของบุคคล แล้วนำมาประมวลผลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปสร้างความเข้าใจของตนเอง โดยอาศัยลักษณะร่วมกันอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเกณฑ์และสามารถอธิบายจัดจำแนกสิ่งใหม่ที่พบเจอได้โดยความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

กล่าวโดยสรุป แนวคิด หมายถึง กลุ่มของความคิดที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยความเข้าใจต่อวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ อาจเกิดจากการสังเกต รับรู้ และเชื่อมโยงประสบการณ์ของบุคคล แล้วนำมาประมวลผลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปสร้างความเข้าใจของตนเอง โดยอาศัยลักษณะร่วมกันอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเกณฑ์และสามารถอธิบายจัดจำแนกสิ่งใหม่ที่พบเจอได้โดยความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept)

ได้มีนักการศึกษาหลายๆ ท่านได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554: 16; อ้างอิงจาก ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์, 2550) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

เกียรติมณี บำรุงไร่ (2553: 8) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าเป็นความคิดโดยสรุปสิ่งของนั้น ๆ

รุ่งโรจน์ โคตรนารา (2555: 15) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการศึกษา สืบค้น และเก็บรวมรวมมาจากประสบการณ์การรับรู้ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป ซึ่งตรงกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554: 16; อ้างอิงจาก American Association for the Advancement Science: AAAS, 1990) กล่าวว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์ แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกต หรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อมีการสังเกตและอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์เพราะธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (nature of scientific knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอหากมีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

จากความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ ที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้ให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ สถานการณ์ต่าง ๆ หรือการเรียนรู้ที่มีความหมายแล้วนำมาประมวลเป็นความรู้ ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งแบบทดสอบจะมี 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยจำนวน 16 ข้อมี 4-7 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 2 ข้อ 10 คะแนน

2.3 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism Theory)

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554: 17; อ้างอิงจาก Brophy, 1992) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวคิดและหลักการของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) ประกอบด้วย

(1) ผู้เรียนต้องสร้างสรรค์ความรู้ด้วยความเข้าใจของตนเอง

(2) การเรียนรู้เรื่องใหม่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความรู้เดิมของผู้เรียน

(3) การเรียนต้องอาศัยประสบการณ์ทางสังคมของผู้เรียน

(4) การเรียนรู้อย่างมีความหมาย จะเกิดขึ้นได้ด้วยการให้ผู้เรียนได้สัมผัสกับกิจกรรมที่เป็นประสบการณ์ตรงที่มีในชีวิตจริง และการนำไปใช้ได้ที่เรียกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริง เน้นเรื่องที่เป็นจริงใกล้ตัว บริบทที่สนับสนุนและเกื้อกูลช่วยให้เกิดการเรียนรู้

ดังนั้นการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เมื่อได้เผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนเกิดมโนมติด้วยตนเองและเกิดความเข้าใจลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554: 19; อ้างอิงจาก วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541) ได้กล่าวว่า เงื่อนไขการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) เกิดขึ้นได้ดังนี้

(1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการปฏิบัติ (Active process) ที่เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล

(2) ความรู้ต่างๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเองโดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตัวเอง

(3) ความรู้ และความเชื่อที่แตกต่างกัน ของแต่ละบุคคลจะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม และขนบธรรมเนียมประเพณี และประสบการณ์ของผู้เรียนจะถูกนำมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างความรู้ใหม่ แนวคิดใหม่ หรือการเรียนรู้นั่นเอง

ศรีนภา ภาคภูมิ (2554: 19; อ้างอิงจาก Bednar et al.,1995) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับเงื่อนไขการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) อาจเกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

(1) การสร้างการเรียนรู้ (Learning constructed) ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเองจากประสบการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง

(2) การเรียนรู้เป็นผลที่เกิดจากการแปลความหมายตามประสบการณ์ของแต่ละคน

(3) การเรียนรู้เกิดจากการลงมือกระทำ (Active Learning) การที่ผู้เรียนได้ลงมือกระทำจะช่วยให้ผู้เรียนได้สร้างความหมายในสิ่งที่ตนเรียนรู้ ที่พัฒนาโดยอาศัยพื้นฐานจากประสบการณ์ตนเอง

(4) การเรียนรู้ที่เกิดจากการร่วมมือ (Collaborative Learning) ความหมายในการเรียนรู้ เป็นการต่อรองจากแนวคิดที่หลากหลาย การพัฒนาแนวความคิดของตนเองได้มาจากแนวคิดที่ร่วมแบ่งปันแนวคิดที่หลากหลายในกลุ่มและในขณะเดียวกันก็ปรับเปลี่ยนการสร้างสิ่งที่แทนความรู้ ในสมอง (Knowledge representation) ที่สนองตอบต่อแนวคิดที่หลากหลายนั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าในขณะที่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการอภิปราย เสนอความคิดเห็นที่หลากหลายของแต่ละคน ผู้เรียนจะมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้ของตนด้วย และสร้างความหมายของตนเองขึ้นมาใหม่

(5) การเรียนรู้ที่เหมาะสม (Situated learning) การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในสภาพจริง หรือต้องเหมาะสมหรือสะท้อนบริบทของสภาพจริง จะนำไปสู่การเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สรุปได้ว่า การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของนักเรียนเองจากประสบการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว รวมทั้งประสบการณ์เดิม มาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง โดยอาศัยการเรียนรู้เกิดจากการลงมือกระทำ (Active Learning) ให้นักเรียนได้สร้างความหมายในสิ่งที่ตนเรียนรู้ต่อไป

2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Information Processing Theory: IPT)

สุระ วุฒิพรหม (2554: 31; อ้างอิงจาก Neef, N.A., McCore, B.E. and Ferreri, S.J., 2006) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีการเรียนรู้ Information Processing Theory: IPT ว่าเป็นแนวคิดที่สนใจกระบวนการคิดและลำดับขั้นตอนของการประมวลสารสนเทศของมนุษย์ ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับการประมวลสารสนเทศของคอมพิวเตอร์ เริ่มจาก รับข้อมูลเข้า (input) การประมวลผล (processing) และการแสดงผล (out put) IPT มีแนวคิดพื้นฐานตามทฤษฎีการเรียนรู้พุทธปัญญานิยม (Cognitive learning theory) ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (learning by doing) ของนักเรียนด้วยหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ตามโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ของนักเรียน โดยอาศัยประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ในสภาพแวดล้อมที่มีการปฏิสัมพันธ์ (interactive) ระหว่างนักเรียน อาจารย์ หรือสื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน สิ่งที่ต้องคำนึงในการจัดการเรียนรู้ตาม IPT คือ การกำหนดกิจกรรม ชิ้นงานหรือปัญหา (Task) จะต้องมีความหมาย ท้าทาย และสนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาตรรกะและความคิดรวบยอด และอาจารย์ควรตระหนักถึงศักยภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน (learner's capability) การจดคำบรรยายเป็นกิจกรรม ที่มีความซับซ้อนในการประมวลข้อมูล ทั้งอาจารย์ในการนำเสนอและนักเรียนในการจดบันทึก

2.5 การจดคำบรรยาย (Taking Lecture)

เป็นวิธีการที่นักเรียนในระดับมหาวิทยาลัย ใช้เพื่อบันทึกความรู้ที่อาจารย์ถ่ายทอดขณะเข้าชั้นเรียนและนำไปทบทวนภายหลัง Kobayashi (2006) วิจัยว่าการจดคำบรรยายอย่างสม่ำเสมอทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการนั่งฟังคำบรรยายเพียงอย่างเดียว เพราะการจดคำบรรยายทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ สามารถระลึก (recall) ถึงสิ่งที่ได้ในชั้นเรียนได้ง่าย เพราะเป็นเครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน แต่การจดคำบรรยายนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายสำหรับนักเรียน เนื่องจากการประมวลความเข้าใจในเนื้อหาวิชาของนักเรียนมีผลต่อการจดคำบรรยาย นักเรียนที่เข้าใจเนื้อหาวิชาอย่างถ่องแท้จะเลือกจดเฉพาะประเด็นสำคัญ (main idea) ด้วยภาษาของตัวเอง ในทางตรงกันข้ามนักเรียนที่ไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างชัดเจนจะจดทุกคำพูดของอาจารย์ Kiewra and et al. (2002) กล่าวถึงความสามารถในการทำข้อสอบโดยการแจกคำบรรยายที่อาจารย์เขียนขึ้น (script) แก่นักเรียนและความสามารถในการทำข้อสอบจะดียิ่งขึ้นเมื่อนักเรียนทบทวน (review) คำบรรยายของตนเองและคำบรรยายของอาจารย์ สรุปว่าการทบทวนคำบรรยายมีผลต่อการทบทวนความสามารถในการทำข้อสอบ ทั้งประเภทความจำ และการสังเคราะห์ หรือแม้แต่นักเรียนที่ขาดเรียน แต่ถ้าทบทวนคำบรรยายจากสมุดบันทึกของเพื่อน หรือของอาจารย์ความสามารถในการทำข้อสอบจะมากกว่าการจดบันทึกคำบรรยายเพียงอย่างเดียว แต่ขาดการทบทวน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาการจดคำบรรยายในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเน้นคำ การเว้น

คำ การเรียงลำดับ การจัดระบบความคิดโดยใช้แผนผัง การใช้แผนภาพ และให้ข้อสรุปตรงกันว่าสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สุระ วุฒิพรหม, 2554: 31)

2.6 การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

2.6.1 ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้นิยาม ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุกไว้หลากหลาย ดังนี้

วทัญญู วุฒิวรรณ์ (2553: 19; อ้างอิงจาก Meyer and Jones, 1993) ให้ความหมายของการเรียนเชิงรุกว่า เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ การลงมือ และการแก้ปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์ที่ชวนสงสัย กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับข้อมูล เกิดความคิดรวบยอด หรือทักษะใหม่ ๆ จากการเรียนรู้

ศราวุฒิ ขันคำหมื่น (2553: 10; อ้างอิงจาก บุหงา วัฒนะ, 2546: 30-34) ได้เสนอแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ให้นักเรียนได้เรียนอย่างมีความหมาย โดยการร่วมมือระหว่างนักเรียนด้วยกัน ครูต้องลดบทบาทในการสอนเนื้อหา และให้ความรู้แก่นักเรียนโดยตรง แต่ไปเพิ่มกระบวนการและกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ผ่านการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ โดยการพูด การเขียน การอภิปรายร่วมกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน

ศราวุฒิ ขันคำหมื่น (2553: 10; อ้างอิงจาก ศักดา ไชกิจภิญโญ, 2548: 12-15) ได้สรุปว่าการเรียนรู้เชิงรุก จะมีครูเป็นผู้จัดกิจกรรมที่นักเรียนต้องการหาความหมาย และทำความเข้าใจด้วยตนเอง หรือร่วมกันกับเพื่อน เช่น การร่วมกันสืบค้นหาคำตอบ อภิปราย นำเสนอ และสรุปความคิดรวบยอด

วทัญญู วุฒิวรรณ์ (2553: 21) ได้สรุปว่า การเรียนรู้เชิงรุกเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีคุณค่า และสนุกสนาน โดยนักเรียนมีโอกาสได้ศึกษาในสิ่งที่ตนเองสนใจ และท้าทายความสามารถ นักเรียนได้ลงมือคิด และลงมือกระทำเพื่อค้นหาคำตอบ โดยใช้กิจกรรมต่าง ๆ เช่น การทำงานเป็นกลุ่ม การพูดคุย การอ่าน การเขียน การอภิปราย การตั้งคำถาม การสะท้อนความคิด การสืบค้นหาคำตอบ การเรียนรู้เชิงรุกช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง เกิดความกระตือรือร้นในการเรียน แก้ปัญหาได้ และมีทักษะในการเลือกรับข้อมูล วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้เชิงรุกในวิชาฟิสิกส์เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ การคิดค้นหาข้อสรุปของการเรียนรู้ด้วยตนเอง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากเพื่อนในกลุ่ม โดยเริ่มจากมีสถานการณ์ตรวจสอบแนวคิด พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ มีสาระน่ารู้ ทฤษฎี สูตร กฎ และสมการ ตัวอย่างการ

คำนวณ และแบบฝึกหัดเพื่อฝึกทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาและให้นักเรียนออกมาอภิปรายหน้าชั้นเรียนเพื่อนำไปสู่การสรุปและสร้างองค์ความรู้ที่ถูกต้องต่อไป

2.6.2 ลักษณะการจัดรูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก

ศิริพร มโนพิเชษฐ์วัฒนา (2547: 27; อ้างอิงจาก Salame, 2001) ได้สรุปประโยชน์ของการเรียนรู้เชิงรุกไว้ดังนี้

(1) ผู้เรียนมีความเข้าใจในความคิดรวบยอดที่เรียนอย่างลึกซึ้งและถูกต้อง เกิดความคงทน และการถ่ายโยงความรู้ได้ดี การเรียนรู้เชิงรุก ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำกิจกรรมที่มีความสนุกสนาน ท้าทายให้ติดตามอยู่เสมอ มีโอกาสใช้เวลาว่างสร้างความคิดกับงานที่ลงมือกระทำมากขึ้น สามารถใช้ความคิดที่สำคัญในการแก้ปัญหา พัฒนาคำตอบของตนเอง บูรณาการกับสิ่งที่กำลังเรียนอย่างเป็นระบบ ทำให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน มีความสามารถและทักษะทั้งเชิงความคิด และเทคนิควิธีที่จะใช้ปฏิบัติงาน และแก้ปัญหาในชีวิตจริง

(2) ผู้เรียนสามารถแก้ไขและปรับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ทันที่จากการเรียนรู้เชิงรุก เพราะได้พูดคุยและเขียนสื่อสารซึ่งกันและกัน วิจารณ์โต้แย้งระหว่างเพื่อนและผู้สอน นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถจัดระบบการคิด การสร้างวินัยต่อกระบวนการแก้ปัญหารับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเองและรู้ว่าสิ่งนั้นดีอย่างไร ผู้สอนจะได้รับประโยชน์จากข้อมูลป้อนกลับอย่างสม่ำเสมอว่า ผู้เรียนเข้าใจหรือไม่เข้าใจอะไร ซึ่งการได้ข้อมูลป้อนกลับอย่างสม่ำเสมอนี้สามารถช่วยให้ผู้สอนสามารถปรับการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนได้

(3) ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย การเรียนรู้เชิงรุกทำได้ดีในชั้นเรียนที่มีผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน โดยผู้สอนใช้วิธีการที่แตกต่างกันเพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนเข้าใจและสามารถมอบหมายให้ผู้เรียนที่เรียนได้เร็วกว่าอธิบายความเข้าใจและสามารถมอบหมายให้ผู้เรียนได้เร็วกว่าอธิบายความเข้าใจให้เพื่อนฟัง เป็นการเรียนรู้โดยเพื่อนช่วยเพื่อน

(4) ส่งเสริมเจตคติทางบวกกับการเรียน การเรียนรู้เชิงรุกช่วยให้ผู้สอนปรับเจตคติต่อการเรียนรู้ได้ ถึงแม้ว่าการเรียนรู้ในชั้นเรียนขนาดใหญ่ เนื่องจากผู้เรียนได้รับความพอใจจากเนื้อหาและแบบฝึกหัดที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ทำให้เกิดความสำคัญเกิดความพยายามและความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้มากขึ้น อันเนื่องมาจากการเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ที่ตนเองได้ลงมือปฏิบัติจริง

(5) ผู้เรียนได้ประโยชน์จากการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนกับเพื่อน ผู้เรียนมีโอกาสตั้งคำถาม ตอบโต้ วิพากษ์วิจารณ์ และชื่นชม การทำงานที่มีวิธีการ และมุมมองที่แตกต่างกันของแต่ละคน และแต่ละกลุ่ม สร้างความท้าทาย จูงใจทั้งผู้เรียนและผู้สอนให้สนุกสนาน น่าตื่นเต้น ผู้เรียนสามารถพัฒนาประสบการณ์ทางสังคมและได้เรียนรู้วิธีการการเรียนด้วยตนเอง สามารถปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีมนุษยสัมพันธ์อันดีต่อกัน

จากลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุกดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การเรียนรู้เชิงรุกสามารถพัฒนานักเรียนได้ทั้งแนวคิดและทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา เพราะได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตอบคำถามจากสถานการณ์ตรวจสอบแนวคิดที่มีความใกล้เคียงกับในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ ได้ฝึกทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาจากตัวอย่างและแบบฝึกหัดที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และออกมาอภิปรายหน้าชั้นเรียน

2.7 การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

รัชดา ล้อทองกูล (2554: 11; อ้างอิงจาก นิลบล เครือจันทร์, 2545) ได้กล่าวว่าสำหรับวิธีวิเคราะห์โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้น มีหลักการเบื้องต้นดังต่อไปนี้

(1) ขั้นที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่อยู่ในโจทย์ปัญหา ด้วยการตีความและทำความเข้าใจโจทย์ การวิเคราะห์และแปลความหมายจากโจทย์ และการใช้ตัวแปรแทนปริมาณต่าง ๆ ในโจทย์

(2) ขั้นที่ 2 เป็นการใช้ข้อมูลในโจทย์ปัญหาเชื่อมโยงกับนิยาม หลักการ กฎและทฤษฎีทางฟิสิกส์ด้วยการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ตามที่โจทย์กำหนด หรือเลือกใช้ความสัมพันธ์ตามนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎีที่เคยเรียนมา

(3) ขั้นที่ 3 เป็นการใช้ข้อมูลในโจทย์ปัญหาแทนปริมาณในนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ ด้วยการแทนค่าปริมาณต่าง ๆ ในรูปของตัวแปรความสัมพันธ์ที่ได้ในขั้นตอนที่ 2

(4) ขั้นที่ 4 เป็นการคิดคำนวณ และวิเคราะห์คำตอบของโจทย์ปัญหา ด้วยการคิดคำนวณแก้สมการหาคำตอบ และประมาณค่าคำตอบที่ได้

(5) ขั้นที่ 5 เป็นการตอบโดยสรุปคำตอบที่ได้ตามความหมายที่โจทย์ต้องการ

2.8 Normalized gain

Normalized gain เป็นวิธีการประเมินที่พิจารณาจากผลต่างของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เทียบกับโอกาสที่นักเรียนแต่ละคนจะสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้นมาได้ ซึ่งเสนอโดย Richard R. Hake ที่ University of Indiana ในปี ค.ศ. 1998 (อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2550: 86–94; อ้างอิงจาก Hake, 1998) โดยมีวิธีการดังนี้

เนื่องจากในการสอบครั้งหนึ่งๆมีข้อจำกัดในเรื่องคะแนนต่ำสุด (minimum or floor effect) ที่ทุกคนจะมีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0 และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (maximum or ceiling effect) ไม่เกินร้อยละ 100 หรือที่เรียกว่า floor and ceiling effect ด้วยปัญหานี้ Hake จึงได้เสนอวิธีการในการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นเรียกว่า normalized gain (normalized เป็นคำที่มาจากคำศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ ซึ่งหมายถึงการทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่า ๆ กันโดย

มีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน) โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$< g >= \frac{[(\%\text{post} - \text{test}) - (\%\text{pre} - \text{test})]}{[(100\%) - (\%\text{pre} - \text{test})]} \qquad (1)$$

โดยที่ $< g >$ คือค่า normalized gain

% post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ข้อสังเกต : การคำนวณหา normalized gain นี้ไม่จำเป็นต้องใส่เป็นเปอร์เซ็นต์ก็ได้โดยให้ใช้คะแนนสอบจริงแทนโดย pre-test คือคะแนนสอบก่อนเรียน post-test คือคะแนนสอบหลังเรียน และใช้คะแนนเต็มของข้อสอบชุดนั้นแทน ร้อยละ 100

$< g >$ หรือ normalized gain แปลความได้ว่าผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียน (actual gain = (% post-test)-(% pre-test)) คิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (maximum possible gain = (100 %)-(% pre-test)) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0–1.0 ด้วยวิธีการประเมินเช่นนี้ทำให้สามารถแก้ปัญหา floor and ceiling effect ได้เนื่องจากเราคิดผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นเทียบกับค่าสูงสุดที่แต่ละคนจะมีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (กล่าวอีกนัยหนึ่งคือเราได้ normalized ให้มีโอกาสเป็นไปได้อยู่ในช่วง 0.0–1.0 เท่ากันด้วยการเทียบกับค่าสูงสุดที่แต่ละคนจะมีโอกาสเพิ่มขึ้นได้)สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็นสามระดับคือ

"high gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $< g > \geq 0.7$

"medium gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.3 \leq < g > > 0.7$

"low gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.0 \leq < g > > 0.3$

สำหรับการพิจารณา normalized gain เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใดสามารถแบ่งประเภทของ normalized gain ออกเป็นดังนี้

2.8.1 แบบแต่ละชั้นเรียน (class normalized gain) หมายถึงการพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นนั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้โดยดูได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นทั้งก่อนและหลังเรียน

การพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการขึ้นมากน้อยเพียงใดซึ่งโดยทั่วไปนักวิจัยจะอ้างถึงเนื่องจากสามารถบอกเป็นภาพรวมของทั้งชั้นอย่างไรก็ตามในการคิดคำนวณเพื่อหาค่า Normalized gain นี้อาจใช้การ

นับคะแนนหรือนับจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องเพื่อมาเข้าสูตรการคำนวณผลการคำนวณที่ได้จะเป็นการบอกภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีผลการเรียนดีขึ้นมากน้อยเพียงใดแต่ถ้าหากต้องการดูว่านักเรียนแต่ละคนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอย่างไรไม่อาจสรุปได้ด้วยวิธีการนี้

2.8.2 แบบแต่ละรายบุคคล (single student normalized gain) หมายถึงการพิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไรโดยดูได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเราอาจจะทำได้ลำบากสำหรับการที่จะดู $< g >$ ของนักเรียนแต่ละคน เนื่องจากต้องใช้เวลามากถ้านักเรียนมีจำนวนมาก แต่สำหรับชั้นเรียนที่มีนักเรียนจำนวนน้อยเราสามารถดูได้ และจะเป็นการดี เนื่องจากทำให้ครูสามารถดูพัฒนาการของนักเรียน แต่ละคนได้เป็นอย่างดีอันจะเป็นแนวทางในการช่วยเสริมให้กับนักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ต่ำได้ หรืออาจให้นักเรียนที่ผลการเรียนที่ดีอยู่แล้วมาช่วยเหลือเพื่อนได้

2.8.3 แบบแต่ละรายข้อ (single test item normalized gain) หมายถึงการพิจารณาว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้น เป็นเท่าใดของข้อสอบข้อที่เรากำลังพิจารณาในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การพิจารณาในลักษณะนี้มีข้อดีคือทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบข้อนั้นเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการเรียนการสอน ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้น ๆ ได้เป็นอย่างดี

2.8.4 แบบแต่ละแนวคิด (conceptual dimensional normalized gain) เป็นการดูว่าพัฒนาการ หรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อความคิดรวบยอดหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไร การพิจารณาผลการเรียนรู้ในลักษณะนี้ จะใช้ในกรณีที่ต้องการดูว่านักเรียนมีผลการเรียน หรือมีพัฒนาการต่อการเรียนในหัวข้อนั้นๆเป็นอย่างไร

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำวิธี normalized gain มาใช้ในการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะพิจารณาว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างไร 4 แบบ คือ แบบแต่ละชั้นเรียน แบบแต่ละรายบุคคล แบบแต่ละรายข้อ และแบบแต่ละแนวคิด

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุระ วุฒิพรหม และฉวีวรรณ ชัยวัฒนา (2554: บทคัดย่อ) ได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วย worksheet (แนวทางเพื่อการจดย่อคำสอนหรือคำบรรยาย) ร่วมกับ Design for Learning plus Portfolio; D4L+P (ระบบการจัดการเรียนรู้) ในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 843 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา

ฟิสิกส์ทั่วไป 2 ปีการศึกษา 2551 โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่มตามสาขาวิชา เฉลี่ยกลุ่มละประมาณ 150 คน อาจารย์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละกลุ่มแตกต่างกัน เครื่องมือตรวจสอบความเข้าใจแนวคิด คือ แบบทดสอบเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ worksheet ร่วมกับ D4L+P มีความเข้าใจแนวคิดเรื่อง ไฟฟ้าแม่เหล็กสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนด้วยรูปแบบนี้

ศราวุฒิ ขันคำหมื่น (2553: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์ เรื่องสภาพสมดุลสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยเปรียบเทียบความคงทนของการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องสภาพสมดุลระหว่างการเรียนรู้เชิงรุก กับการเรียนรู้แบบเดิม ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกนี้ สามารถทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเพิ่มขึ้น และพบว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้เรียนรู้เชิงรุกมีค่า normalized gain เฉลี่ยทั้งชั้นอยู่ในระดับปานกลาง (0.39) ส่วนกลุ่มที่เรียนแบบเดิมมีค่า normalized gain เฉลี่ยทั้งชั้นอยู่ในระดับต่ำ (0.25) นอกจากนี้ นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้เชิงรุกมีความคงทนของความรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรรณิภา กิจเอก (2553: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดปทุมธานี พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นมีเจตคติต่อวิชาเคมีดีกว่านักเรียนที่เรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

บัณฑิตา ดอนกาวิน (2553: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดรวบยอดและความคงทนของความรู้ เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล โดยใช้ชุดการทดลอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนโดยใช้ชุดทดลอง มีความเข้าใจเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล และคะแนนหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการพัฒนาความคิดรวบยอดเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (<<g>> = 0.54) ซึ่งสูงกว่านักเรียนที่ผ่านการเรียนแบบปกติที่มีการพัฒนาความคิดรวบยอดเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (<<g>> = 0.43) ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกลมากขึ้นกว่าเดิม และส่งผลให้นักเรียนกลุ่มอ่อนทั้งหมดสามารถพัฒนาความคิดรวบยอดในระดับปานกลาง (<<g>> = 0.48) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีความคงทนของความรู้ที่ยาวนานโดยที่คะแนนความคิดรวบยอดเฉลี่ยหลังเรียน 4 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่ความคงทนของกลุ่มที่เรียนตามปกติลดลงอย่างมาก

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราช

พลงค์ แรงสิงห์ (2554: บทคัดย่อ) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการปฏิบัติจริง (practical work) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นอยู่ระดับปานกลาง (normalized gain, <g> เท่ากับ 0.60) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้เองจากการปฏิบัติจริงที่มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและครู

น้ำค้าง จันเสริม (2551: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงานบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย–สังเกต–การอธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ซึ่งมีการสำรวจมโนมติก่อนเรียนเรื่องงานและพลังงานและพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบวิจัยเชิงตีความ การวิเคราะห์ข้อมูลเน้นการตีความมโนมติของนักเรียน จากแบบวัดมโนมติงาน และพลังงาน แผนผังมโนมติ และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม และประเมินมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้กรอบแนวคิดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ได้พัฒนามโนมติทางเลือกไปสู่มโนมติวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รัตนา พันสนิท (2555: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง งานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสอนแบบ การทำนาย-สังเกต-การอธิบาย รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงตีความ เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนมติ เรื่อง งานและพลังงาน แผนผังมโนมติ เรื่อง งานและพลังงาน และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม การวิเคราะห์ข้อมูลเน้นการตีความ โดยจัดกลุ่มตามแนวคิดของนักเรียน โดยยึดมโนมติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประเมินมโนมติทางเลือกของนักเรียนก่อนเรียนเรื่องงานและพลังงานนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE มีทั้งหมด 6 กิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากนักเรียนได้รับการสอนโดยใช้วิธีการสอนแบบ POE นักเรียนมีแนวคิด และสามารถอธิบายความรู้สู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ได้จึงสามารถ สรุปได้ว่าวิธีการสอนแบบ POE สามารถพัฒนาแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียนสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การใช้มโนมติทางเลือกที่เป็นสามัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนแบบ POE นั้น ควรเป็นเรื่องที่จะได้ทำการศึกษาต่อไป เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบก่อนการเรียน ซึ่งอาจสร้างความเครียดให้ผู้เรียนได้

Arnold B. Arons (1999: 1063-1067) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องพลังงานในฟิสิกส์เบื้องต้น จากทฤษฎีบทงานและพลังงาน ซึ่งมาจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน นำไปใช้ในการศึกษาการกระจัดของอนุภาคจากจุดศูนย์กลางมวล เนื่องจากงานเป็นปริมาณของพลังงานที่ถ่ายโอนตามกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ ไม่สามารถคำนวณโดยทั่วไปได้แต่สามารถหาได้จากการ

คำนวณได้จากแรงและการกระจัด ทฤษฎีบทงานและพลังงานไม่เพียงแต่เป็นการแปลงพลังงานเมื่องานถูกกระทำจากแรงหรือแรงเสียดทานในทิศทางตรงกันข้ามเท่านั้น เราสามารถคำนวณหางานจากกฎการอนุรักษ์พลังงาน งานต้องสามารถคำนวณได้จากการรวมแรงจากการกระจัด มีสถานการณ์ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่หลากหลาย งานเป็นศูนย์ หรืองานที่เกิดจากการวิ่ง เดิน หรือการขับรถ เป็นต้น

Ronald A. Lawson and Lillian C. McDermott (1986: 811-817) ได้ศึกษาความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน และการดล-โมเมนตัม นักเรียนที่มีความเข้าใจในเรื่องการดลและโมเมนตัมและงานและพลังงาน สามารถประเมินได้จากงานที่ได้รับมอบหมายในการประยุกต์ความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจริง ในนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ได้ลงทะเบียนในกลุ่มแคลคูลัสพื้นฐานหรือฟิสิกส์เบื้องต้นในวิชาพีชคณิตปกติ นักเรียนสามารถถามและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมและพลังงานจลน์ในน้ำแข็งแห้งภายใต้อิทธิพลของค่าคงที่ของแรง ผลจากการศึกษาดังกล่าวนักเรียนไม่สามารถอธิบายในหลักการของพีชคณิตในห้องก็สามารถสังเกตเห็นการเคลื่อนไหวง่าย ๆ ได้

Xueli Zou, B.S., M.S. (2000: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการใช้ Multiple Representation และ Visualization ในนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในเรื่องงานและพลังงาน แนวคิดเรื่องงานและพลังงานถือเป็นแนวความคิดพื้นฐานสำหรับกลศาสตร์เบื้องต้น Multiple Representation เป็นวิธีที่ช่วยในการให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา ในที่นี้ปัญหาเรื่องงานและพลังงานถูกพิจารณาโดยกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการแรกบรรยายเป็นตัวอักษรเรียกว่า verbal representation กระบวนต่อมาร่างหรือวาดภาพ เรียกว่า pictorial representation ตามด้วยแผนภูมิแท่งพลังงาน (work-energy bar charts) สุดท้ายเป็นการนำเสนอด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematically) ซึ่งเป็นสมการทั่วไปของงานและพลังงาน เป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานถูกนำเสนอในรูปแบบของสมการที่แตกต่างกัน เช่น ตัวอักษร (word) ร่าง (sketches) แผนภูมิแท่งพลังงาน (bar charts) และสมการทางคณิตศาสตร์ (equation) คำอธิบายนำไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์ โดยที่ใช้งานง่ายกว่าคือ รูปภาพ (pictorial) และไดอะแกรม (diagrammatic) การประเมินผลที่ต่อเนื่องกันของนักเรียนบ่งชี้ว่าการใช้เทคนิค Multiple Representation เป็นวิธีการที่ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน เทคนิคนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพแนวคิดที่ยากต่อการเข้าใจ กิจกรรมที่แนะนำเพิ่มเติม คือการทดลองของรถและกระสอบทรายที่ช่วยพัฒนาแนวคิดพื้นฐานในเรื่องกลศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพและแนวคิดนี้ทำให้เกิดภาพแนวความคิด "ในระหว่างการชนไม่ยืดหยุ่นเป็นการชนที่มีพลังงานจลน์ติดไป" การวิจัยและพัฒนาดำเนินการไปโดยแคลคูลัสสำหรับฟิสิกส์พื้นฐาน ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือในการวิจัยของฟิสิกส์ศึกษา รวมไปถึงการออกแบบสอบถาม และการสัมภาษณ์รายบุคคล

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานเพื่อเพิ่มความก้าวหน้าทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานโดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 23 คน ปีการศึกษา 2557 ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้ บริบทการวิจัย แบบแผนการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 บริบทของการวิจัย

โรงเรียนเคียนซาพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นโรงเรียนมัธยมขนาดกลาง ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมประจำอำเภอในชนบท ผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวน บ้างก็มีอาชีพรับจ้างกรีดยาง ผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่มีฐานะยากจน นักเรียนโดยส่วนใหญ่มีแนวคิดว่า เมื่อสำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก็จะประกอบอาชีพทำสวนต่อจากครอบครัว นักเรียนส่วนใหญ่จึงขาดความมุ่งมั่นในการเรียน และมีนักเรียนบางส่วนที่มีปัญหายาเสพติด เช่น บุหรี่

3.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้มีแบบแผนการวิจัยเป็นแบบ (one group pre-test/post-test design) คือ ทดสอบก่อนเรียน จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างด้วยเครื่องมือที่จัดเตรียมไว้ แล้วทดสอบหลังเรียน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงานโดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีทั้งหมด 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังหัวข้อต่อไปนี้ งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ การคำนวณงานจากพื้นที่ใต้กราฟ พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกลและการประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล โดยได้ออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับใบกิจกรรมเชิงรุก 4 ขั้นตอน

3.3.1.2 ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks)

ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานซึ่งมีประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ขั้นตอนดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบหลักในใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks)

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	สถานการณ์ตรวจสอบแนวคิดพร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ (conceptual check point)
2	สาระน่ารู้ โดยจะมีทฤษฎี สูตร กฎ สมการ (essential concepts)
3	ตัวอย่างการคำนวณ (example)
4	แบบฝึกหัดให้ลองคิดลองทำ (problem solving)

ซึ่งผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) ตามลำดับขั้นดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks)

ขั้นตอนที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้
1	1.1 นักเรียนศึกษาสถานการณ์ตรวจสอบแนวคิดที่ใกล้เคียงกับในชีวิตประจำวันในใบกิจกรรมเชิงรุกตอนที่ 1 โดยการนำเสนอในรูปแบบรูปภาพ แผนภูมิ กราฟ พร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการทดลองสำหรับบางสถานการณ์ (conceptual check point)	5-10 นาที
	1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบร่วมกันทั้งห้อง	5-10 นาที

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) (ต่อ)

ขั้นตอนที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้
2	2.1 ครูนำเสนอสาระน่ารู้ในใบกิจกรรมเชิงรุกตอนที่ 2 โดยจะมีทฤษฎี สูตร กฎ และสมการ (essential concepts) และมีช่องว่างสำหรับให้นักเรียนเติมข้อมูลที่หายไปเพื่อช่วยให้กระตุ้นความสนใจในขณะที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5-10 นาที
3	3.1 ครูอธิบายตัวอย่างการคำนวณ (example) ในใบกิจกรรมเชิงรุกตอนที่ 3 โดยสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ถ้านักเรียนสามารถทำได้ด้วยตนเองก็เปิดให้นักเรียนลองฝึกทำด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลอย่างใกล้ชิด	20 นาที
4	4.1 นักเรียนฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาในใบกิจกรรมเชิงรุกตอนที่ 4 ลองคิดลองทำโดยมีครูเป็นผู้ให้การช่วยเหลือ 4.2 ให้นักเรียนออกมานำเสนอโจทย์ปัญหาที่ได้รับมอบหมายหน้าชั้นเรียน	20–30 นาที 10 นาที

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 หัวข้อดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งในการออกแบบใบกิจกรรมเชิงรุกมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาโครงสร้างรายวิชา คำอธิบายรายวิชาและวิเคราะห์หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนเคียนซาพิทยาคม เรื่อง งานและพลังงาน

2) ศึกษา และค้นคว้าเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานจากหนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์ คู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) หนังสือตำราเรียน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) โดยอาศัยกรอบแนวคิดการจดคำบรรยาย (taking lecture) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในนักเรียนระดับมหาวิทยาลัย

4) ออกแบบกิจกรรมที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) เรื่องงานและพลังงานให้ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนด ได้ทั้งหมด 6 หัวข้อ

ได้แก่ งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ การคำนวณงานจากพื้นที่ใต้กราฟ พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล และการประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

5) เสนอใบกิจกรรมเชิงรุกทั้ง 6 หัวข้อ ต่ออาจารย์ที่ปรึกษา โดยอาจารย์ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขและได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

6) จัดทำใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) ฉบับปรับปรุงแก้ไขพร้อมกับนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้งเพื่อขอคำแนะนำ และดำเนินปรับปรุงแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้อง

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 แบบทดสอบงานและพลังงาน (Work and Energy Test)

เพื่อวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยข้อสอบมี 2 ตอน ใช้เวลา 50 นาที

ตอนที่ 1 เป็นแบบปรนัย มี 4-7 ตัวเลือก 16 ข้อ 16 คะแนน ดังแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การจัดกลุ่มของแบบทดสอบแบบปรนัย

หัวข้อย่อย	ข้อสอบข้อที่
นิยามของงาน	1, 2
งานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟ	5, 6
ทฤษฎีบทงานและพลังงาน	3, 4, 8, 16
กฎการอนุรักษ์พลังงาน	7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Total	

ตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัย ให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียด 2 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน คิดเป็น 10 คะแนน

ในการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ผู้วิจัยมีวิธีการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิด และศึกษาแนวการเขียนแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน

2) สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงาน โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4–7 ตัวเลือก จำนวน 16 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ

3) นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องงานและพลังงาน เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

4) ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จนได้ข้อสอบที่มีคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

5) แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจคุณภาพ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

6) ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง

7) นำแบบทดสอบไป try out กับนักเรียนชั้น ม.5 และ ม.6

8) นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจคุณภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.4 วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งมี 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัย 4-7 ตัวเลือก จำนวน 16 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ

3.4.2 ครูแนะนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) ว่ามีขั้นตอนอย่างไรบ้าง

3.4.3 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบที่วางไว้ โดยใช้ขั้นตอน 4 ดังที่ได้กล่าวไปแล้วคือ สถานการณ์ตรวจสอบแนวคิดพร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบ (conceptual check point) สาระน่ารู้ โดยจะมีทฤษฎี สูตร กฎ สมการ (essential concepts) ตัวอย่างการคำนวณ (example) และแบบฝึกหัดให้ลองคิดลองทำ (problem solving)

3.4.4 ทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน

3.4.5 ตรวจคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1.1 วิเคราะห์ความแตกต่าง ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบ t-test โดยทดสอบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3.5.1.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) เรื่องงานและพลังงาน ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานโดยใช้ค่า normalized gain แบบแต่ละชั้นเรียน (class normalized gain) แบบแต่ละรายบุคคล (single student normalized gain) แบบแต่ละรายข้อ (single test item normalized gain) และแบบแต่ละรายแนวคิด (conceptual dimension normalized gain)

3.5.1.3 เลือกวิเคราะห์แบบทดสอบปรนัยในข้อที่มีความน่าสนใจโดยพิจารณาจากแบบทดสอบข้อที่นักเรียนมีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนน้อย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 เปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 1 ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที โดยคะแนนเฉลี่ยได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งแบบทดสอบมี 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบปรนัยมี 4-7 ตัวเลือกจำนวน 16 ข้อ คิดเป็น 16 คะแนน และตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัย 2 ข้อ คิดเป็น 10 คะแนน

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน

แบบทดสอบ	การทดสอบ	ค่าสถิติ		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าที
ปรนัย	ก่อนเรียน	4.17 (ร้อยละ 26.06)	1.90	8.06*
	หลังเรียน	7.78 (ร้อยละ 48.63)	1.98	
อัตนัย	ก่อนเรียน	0.04 (ร้อยละ 0.40)	2.26	6.92*
	หลังเรียน	0.21 (ร้อยละ 2.10)	1.51	

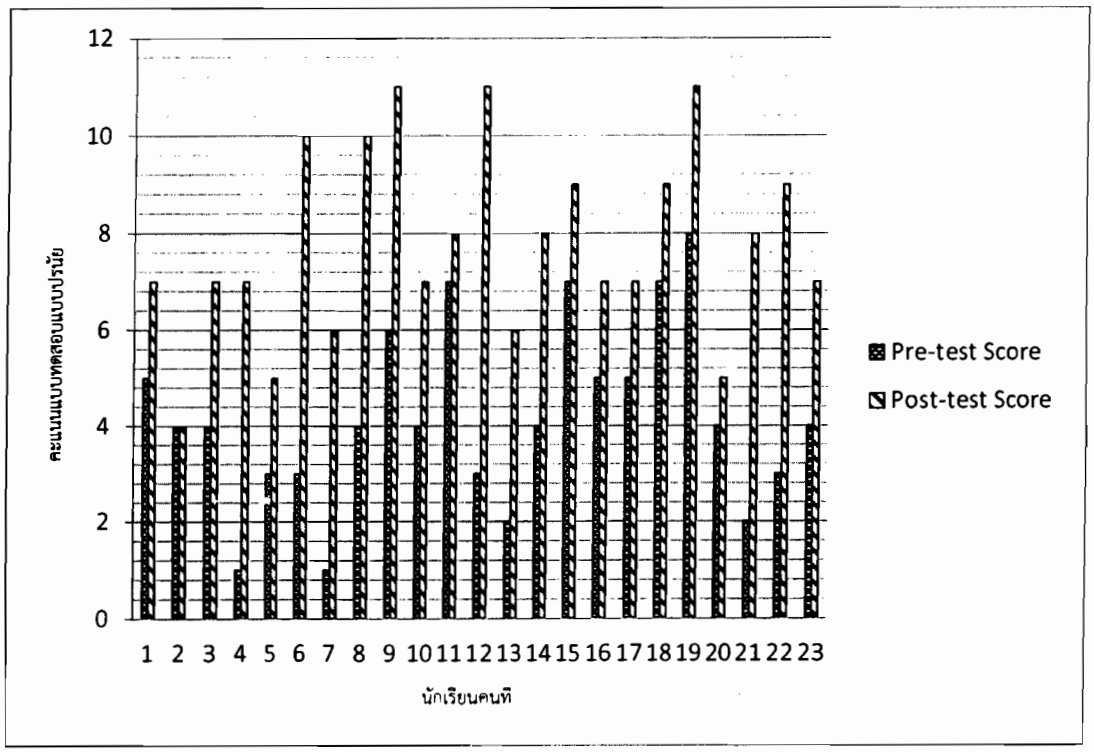
*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัย (7.78 หรือร้อยละ 48.63) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (4.17 หรือร้อยละ 26.06) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 8.06$, $p - value < .05$) และเช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของแบบทดสอบแบบอัตนัยที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (0.21 หรือ ร้อยละ 2.10)สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (0.04 หรือร้อยละ 0.40)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 6.92$, $p - value < .05$) นั่นแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกนั้น สามารถพัฒนาแนวคิดและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานให้สูงขึ้นได้

สอดคล้องกับงานวิจัยของสุระ วุฒิพรหม และฉวีวรรณ ชัยวัฒนา (2554) ซึ่งศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วย active workbook ร่วมกับ D4L+P ในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดเรื่องไฟฟ้าแม่เหล็กสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนด้วยรูปแบบนี้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของศราวุฒิ ขันคำหมื่น (2553) ซึ่งศึกษาการประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์ เรื่องสภาพสมดุลสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยเปรียบเทียบความคงทนของการเรียนรู้เชิงรุกกับการเรียนรู้แบบเดิม พบว่ารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก สามารถทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเพิ่มขึ้น และมีค่า normalized gain เฉลี่ยทั้งชั้นอยู่ในระดับปานกลาง (0.39) และสอดคล้องกับงานวิจัยของพรรณิภา กิจเอก (2550) ได้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ แบบกระตือรือร้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบกระตือรือร้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และสอดคล้องกับบัณฑิตา ดอนกาวิน (2553) ซึ่งศึกษาการพัฒนาความคิดรวบยอด และความคงทนของความรู้เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกลโดยใช้ชุดทดลอง พบว่านักเรียนที่ผ่านการเรียนโดยใช้ชุดทดลอง มีความเข้าใจเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการพัฒนาความคิดรวบยอดเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง $\langle g \rangle = 0.54$ สอดคล้องกับงานวิจัยของพสงค์ แรงสิงห์ (2554) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นการปฏิบัติจริง พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นอยู่ระดับปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยของ น้ำค้าง จันเสริม (2551) ซึ่งได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงานบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย–สังเกต–การอธิบาย พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ได้พัฒนามโนมติทางเลือกไปสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตนา พันสนิท (2555) ซึ่งศึกษาการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสอนแบบการทำนาย-สังเกต-และอธิบาย พบว่านักเรียนมีแนวคิด และสามารถอธิบายความรู้สู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับ Arnold B. Arons (1999) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องพลังงานในฟิสิกส์เบื้องต้น ทฤษฎีบทงานและพลังงาน ซึ่งมาจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ronald A. Lawson and Lillian C. McDermott (1986) ได้ศึกษาความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน และการดลโมเมนตัม นักเรียนที่มีความเข้าใจในเรื่องการดลและโมเมนตัมและงานและพลังงาน นักเรียนสามารถถาม และเปรียบเทียบพลังงานจลน์ในน้ำแข็งแห้งภายใต้อิทธิพลของค่าคงที่ของแรงได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xueli Zou, B.S., M.S. (2000) ได้ศึกษาการใช้ Multiple Representation และ

Visualization ในนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในเรื่องงานและพลังงาน พบว่าเป็นวิธีการที่ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน เทคนิคนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพแนวคิดที่ยากต่อการเข้าใจ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ใบกิจกรรมเชิงรุก เรื่องงานและพลังงาน เป็นวิธีการที่สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

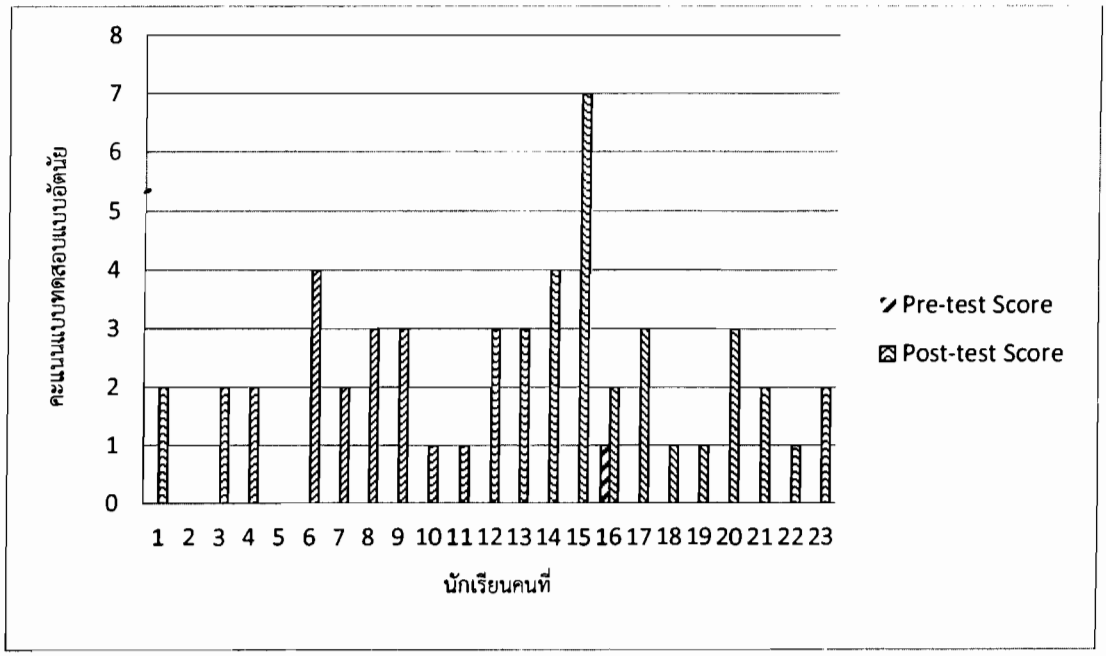
และเมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบแบบปรนัยกับนักเรียนได้ผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัย

จากกราฟในการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่าง 22 คน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 95.65 และมีเพียง 1 คนที่ คะแนนหลังเรียนเท่ากับคะแนนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 4.35

และเมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนแบบทดสอบแบบอัตนัย กับนักเรียนได้ผลดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบแบบอัตนัย

จากกราฟในการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 100

4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

ความก้าวหน้าทางการเรียน จะวิเคราะห์โดยวิธี normalized gain <g> ของ Hake (1992) จะใน 4 ประเด็น ดังนี้

4.2.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละชั้นเรียน (class normalized gain)

จากคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานนำมาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี normalized gain พบว่าในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายชั้นเรียนทั้งแบบทดสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัยตารางที่ 4.2

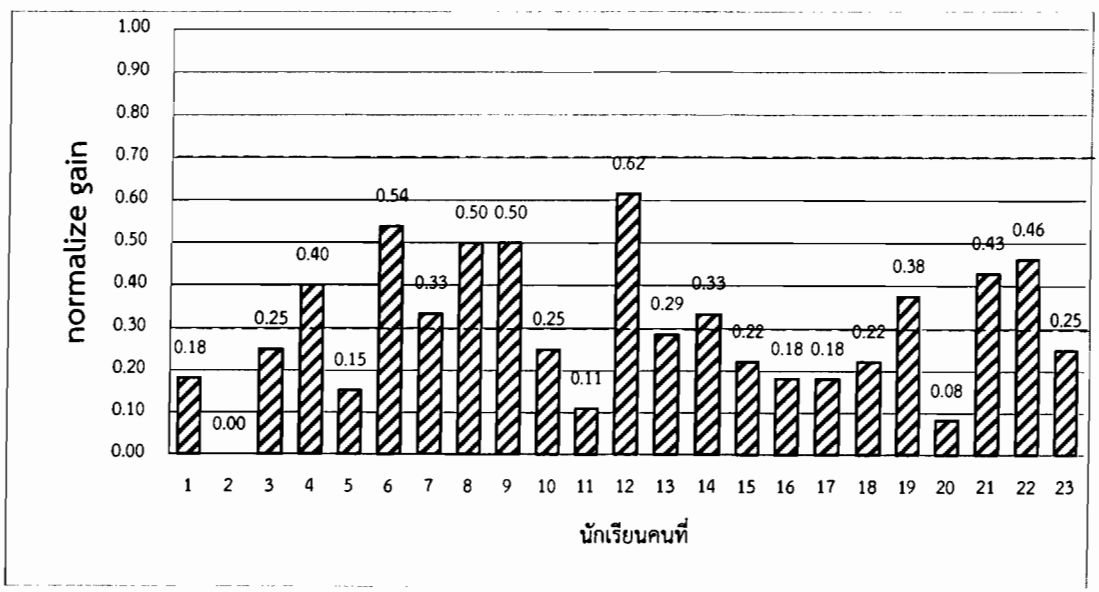
ตารางที่ 4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน

ชนิดของข้อสอบ	คะแนนเต็ม	<g>	แปลผล
ปรนัย	16	0.31	medium gain
อัตนัย	10	0.22	low gain

จากตารางที่ 4.2 พบว่าแบบทดสอบแบบปรนัยมี <g> เท่ากับ 0.31 และแบบทดสอบแบบอัตนัยมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ 0.22 เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ของ Hake ซึ่งแบ่งระดับความก้าวหน้าเป็นสามระดับ <g>≥ 0.7 ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง 0.3 ≤<g>> 0.7 ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับกลาง และ 0.0 ≤ <g> > 0.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ แสดงใบกิจกรรมเชิงรุกทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัยอยู่ในระดับปานกลาง และทำให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนของแบบทดสอบแบบอัตนัยอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากแบบทดสอบชนิดปรนัย มีเนื้อหาในบางข้อที่มีสถานการณ์ตัวลวงที่หลากหลาย และในคำถามบางข้อเป็นสถานการณ์ที่ยาว ๆ และเน้นคำถามเชิงทฤษฎีซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ถนัด ส่วนแบบอัตนัย 2 ข้อเป็นเนื้อหาในส่วนของการประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล ซึ่งจะมีความซับซ้อนและต้องใช้องค์ความรู้หลายอย่างในการทำแบบทดสอบข้อดังกล่าว และเนื้อหาของแบบทดสอบมีความแตกต่างจากเนื้อหาในใบกิจกรรมเชิงรุก

4.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายบุคคล (single student normalized gain)

เมื่อนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดแบบปรนัยมาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลได้ผลดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบแบบปรนัย

จากกราฟจะเห็นได้ว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน ระดับต่ำ 12 คน คิดเป็นร้อยละ 52.17 ระดับกลาง 11 คน คิดเป็นร้อยละ 47.83 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับกลางและระดับต่ำใกล้เคียงกัน

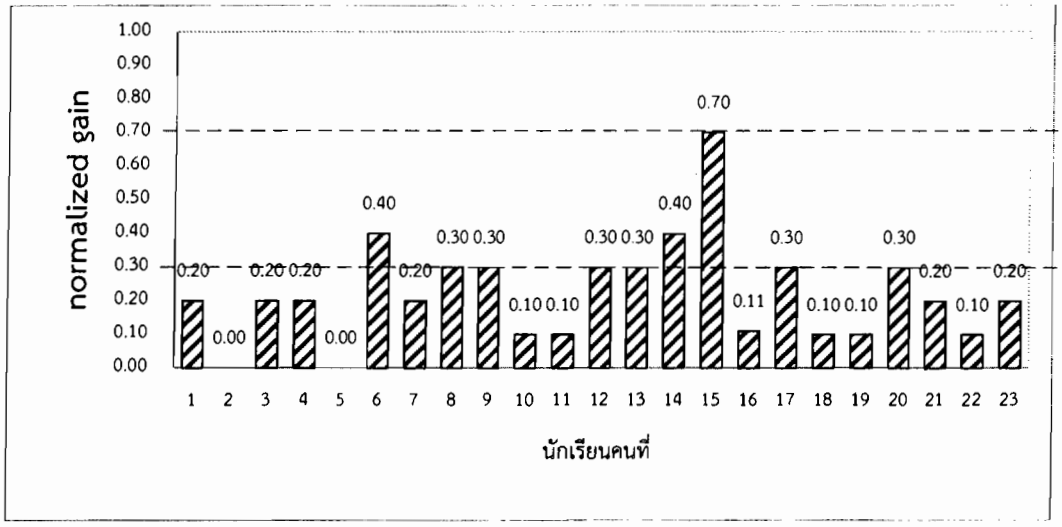
เมื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนตามระดับความสามารถทางการเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัย เรื่องงานและพลังงาน สามารถแสดงผลความก้าวหน้าทางการเรียน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อแบ่งตามระดับความสามารถทางการเรียนของแบบทดสอบแบบปรนัยเรื่องงานและพลังงาน

	กลุ่มเก่ง			กลุ่มปานกลาง			กลุ่มอ่อน		
	high	medium	low	high	medium	low	high	medium	low
	-	0.50	0.11	-	0.40	0.18	-	0.46	0.22
		0.50	0.29		0.54	0.00			0.25
		0.62	0.22		0.33	0.25			
		0.33	0.18		0.38	0.15			
					0.43	0.25			
						0.18			
						0.08			
รวม (คน)	0	4	4	0	5	7	0	1	2
ร้อยละ	0.00	17.39	17.39	0.00	21.74	30.43	-	4.35	8.70

จากตารางที่ 4.3 เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล (single student normalized gain) เมื่อแบ่งตามระดับความสามารถคือ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน แบ่งจากเกรดเฉลี่ยสะสมวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ผ่านมา ดังนี้ 3–4 จัดอยู่ในกลุ่มเก่ง 2-2.5 จัดอยู่ในกลุ่มปานกลาง และ 0–1.5 จัดอยู่ในกลุ่มอ่อน พบว่านักเรียนกลุ่มเก่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนโดยส่วนมากอยู่ในระดับกลาง (medium gain) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 17.39 นักเรียนกลุ่มกลางมีความก้าวหน้าทางการเรียนส่วนมากอยู่ในระดับต่ำ (low gain) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 30.43 และรองลงมา คือระดับกลาง (medium gain) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 21.74 ส่วนกลุ่มอ่อนนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.70 รองลงมาคือระดับกลาง (medium gain) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.35 แสดงให้เห็นว่าการใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก เรื่องงานและพลังงาน มีจุดเด่น คือสามารถพัฒนานักเรียนกลุ่มเก่งให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับกลาง (medium gain) ได้

เมื่อนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดแบบอัตนัยมาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลได้ผลดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบแบบอัตนัย

เมื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนตามระดับความสามารถทางการเรียน ของแบบทดสอบแบบอัตนัย เรื่องงานและพลังงาน สามารถแสดงผลความก้าวหน้าทางการเรียน ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเมื่อแบ่งตามระดับความสามารถทางการเรียนของแบบทดสอบแบบอัตนัยเรื่องงานและพลังงาน

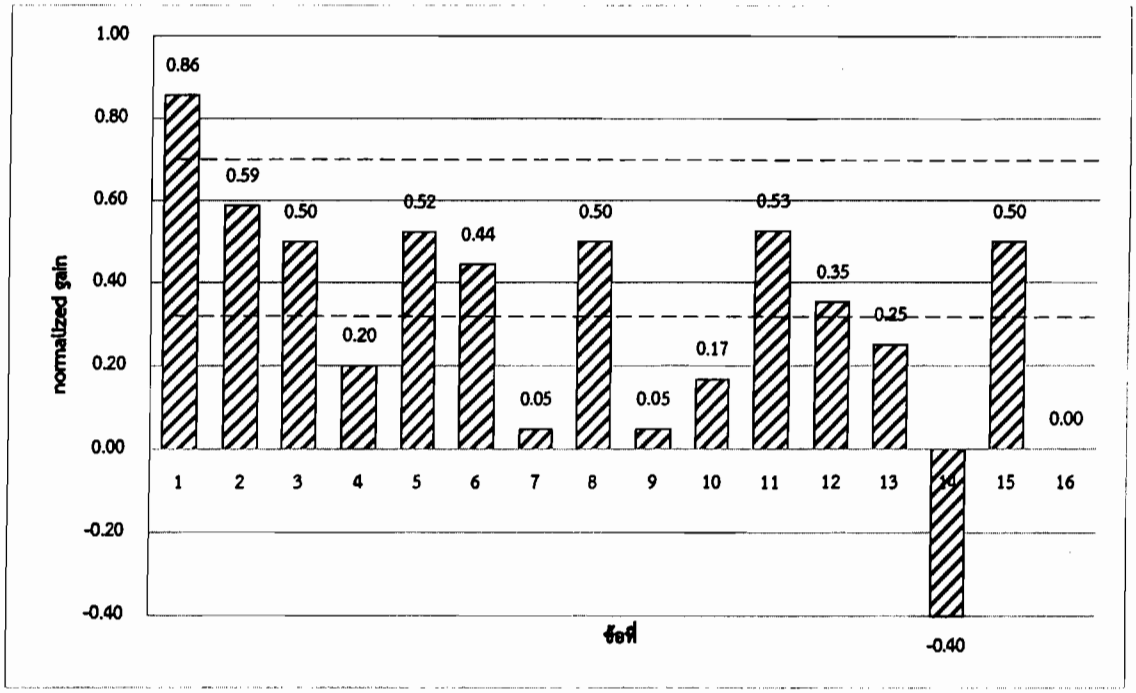
	กลุ่มเก่ง			กลุ่มปานกลาง			กลุ่มอ่อน		
	high	medium	low	high	medium	low	high	medium	low
	0.70	0.30	0.10	-	0.40	0.20	-	-	0.10
		0.30			0.30	0.00			0.10
		0.30				0.20			0.20
		0.30				0.20			
		0.40				0.00			
		0.30				0.20			
						0.10			
						0.11			
						0.10			
						0.20			
รวม (คน)	**1**	**6**	**1**	**0**	**2**	**10**	**0**	**0**	**3**
ร้อยละ	**4.35**	**26.09**	**4.35**	**0.00**	**8.69**	**43.48**	**-**	**0**	**13.04**

จากตารางที่ 4.4 เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล (single student normalized gain) เมื่อแบ่งตามระดับความสามารถคือ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน พบว่านักเรียนกลุ่มเก่ง มีความก้าวหน้าทางการเรียนโดยส่วนมากอยู่ในระดับกลาง (medium gain) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 26.09 และมีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.35 นักเรียนกลุ่มกลางมีความก้าวหน้าทางการเรียนส่วนมากอยู่ในระดับต่ำ (low gain) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 43.48 ส่วนกลุ่มอ่อนนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.04 แสดงให้เห็นว่าการใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก เรื่องงานและพลังงานมีจุดเด่น คือ สามารถพัฒนานักเรียนกลุ่มเก่ง โดยส่วนมากให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับกลาง (medium gain) ได้ และยังสามารถพัฒนานักเรียนให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูงได้อีกด้วย

4.2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายข้อ (single test item normalized gain)

4.2.3.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายข้อของข้อสอบปรนัย

เมื่อนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานมาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ ได้ผลดังภาพดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบปรนัย

จากกราฟจะเห็นได้ว่ามีคำถามที่นักเรียนทำได้ในระดับต่ำ 6 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 37.50 ระดับกลาง 8 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 50.00 ระดับสูง 1 ข้อ (0.86) คิดเป็นร้อยละ 6.25 แสดงว่านักเรียนทำคะแนนในแต่ละข้อโดยส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับกลาง (medium gain) และมีข้อสอบ 1 ข้อ คือ ข้อที่ 14 ที่แปรผลเป็น negative normalized change เนื่องจากมีคะแนนหลังเรียนน้อยกว่าก่อนเรียนจึงคำนวณตามสูตร normalized change ซึ่งผู้วิจัยสนใจศึกษา ข้อที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain) คือ ข้อที่ 4, 7, 9, 10, 13, 16 และข้อที่ negative normalized change คือ ข้อที่ 14 ซึ่งอาจเกิดจากเหตุผลดังนี้

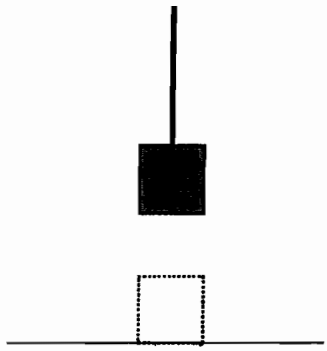
ข้อที่ 4 ใช้เชือกดึงกล่องมวล 10 กิโลกรัม ที่วางอยู่บนพื้นให้สูงขึ้นไป 2 เมตร ดังรูป งานทั้งหมดที่กระทำต่อกล่องมีค่าเท่าใด (กำหนดให้ $g = 10\ m/s^2$)

ก. – 200 จูล

ข. 200 จูล

ค. 0 จูล

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ



ภาพที่ 4.6 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 4

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.5 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 4

ตัวเลือก	pre-test		% post-test	
	จำนวนคน	% pre-test	จำนวนคน	% post-test
ก	1	4.35	4	17.39
ข	16	69.57	13	56.52
ค	3	13.04	6	26.09
ง	3	13.04	0	0.00

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ค.0 จูลมีค่า <g> = 0.20

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูกเพียง 6 คน (ร้อยละ 26.09) เนื่องจากแบบทดสอบข้อนี้ถูกสถานการณ์ที่ตั้งไว้ลวงทำให้ไม่มั่นใจในการตอบและตอบผิดเป็นส่วนมาก เนื่องจากโจทย์ถามหางานที่กระทำต่อกล่องซึ่งต้องคำนวณโดยการหางานเนื่องจากแรงดึงเชือกรวมกับงานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงดังนี้

กำหนด ให้ $m = 10\ kg$, $s = 2\ m$, $g = 10 m/s^2$

จากงานทั้งหมดที่กระทำต่อกล่อง $W = W_1 + W_2$

โดยที่ ให้ W_1 คือ งานเนื่องจากแรงดึงเชือก และ W_2 คือ งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $W_1 = F.s = mgs$

$$W_1 = (10)(10)(2)$$

$$W_1 = 200\ J$$

$$W_2 = Fs\cos 180^\circ = -mgs$$

$$W_2 = -(10)(10)(2)$$

$$W_2 = -200\ J$$

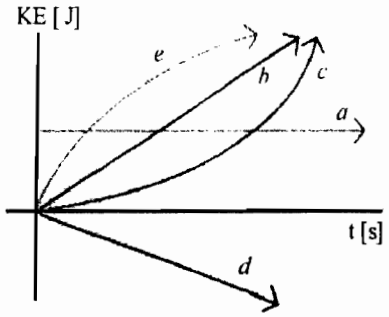
ดังนั้น งานทั้งหมดที่กระทำต่อกล่อง $W = 200+(-200) = 0\ J$

แต่นักเรียนโดยส่วนมากทั้งก่อนเรียน (ร้อยละ 69.57) และหลังเรียน (ร้อยละ 56.52) เลือกตอบข้อ ข. คือ คิดเฉพาะงานเนื่องจากแรงดึงเชือกเพียงอย่างเดียว ดังแสดงดังรูป

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการคำนวณในแบบทดสอบข้อที่ 4 ของนักเรียน

และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการว่ามีแรงทั้งหมดกี่แรงที่กระทำต่อกล่อง ถ้าเป็นนักเรียนในกลุ่มเก่งที่ตอบถูก นักเรียนสามารถอธิบายว่าได้ว่า มีแรงกระทำต่อกล่อง 2 แรง คือ แรงที่เชือกดึงกล่อง และแรงโน้มถ่วงของโลก และนักเรียนเขียนแผนภาพแสดงทิศทางของแรงทั้งหมด ที่กระทำต่อกล่องเลยส่งผลให้นักเรียนตอบถูก แต่นักเรียนที่ไม่สามารถตอบได้จะไม่สามารถตอบได้ว่ามีแรงใดบ้างกระทำต่อกล่อง แนวทางที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้อีกกรณีหนึ่งคือการที่ให้นักเรียนเขียนแรงทั้งหมดที่กระทำต่อกล่องหรือ free body diagram ให้ครบทุกแรง เพื่อจะได้มองภาพรวมของการคำนวณทั้งระบบได้

ข้อที่ 7 ปล่อยวัตถุที่ระดับความสูง 10 เมตร ตกลงสู่พื้นโลก (ไม่มีแรงต้านอากาศ)
กราฟใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์กับเวลาตลอดการตกของวัตถุ



ก.a ข. b ค. c ง. d จ. e

ภาพที่ 4.8 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 7

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.6 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 7

ตัวเลือก	pre – test		post – test	
	จำนวนคน	% pre – test	จำนวนคน	% post – test
ก	5	21.74	12	52.17
ข	4	17.39	4	17.39
ค	2	8.70	3	13.04
ง	7	30.43	3	13.04
จ	5	21.54	1	4.35

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ค.c มีค่า $\langle g \rangle = 0.05$

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูกเพียง 3 คน (ร้อยละ 13.04) เนื่องจากแบบทดสอบข้อนี้ถูกสถานการณ์ที่ตั้งไว้ลวงทำให้ไม่มั่นใจในการตอบและตอบผิดเป็นส่วนมาก เนื่องจากโจทย์ถามหากราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์กับเวลาตลอด

การตกของวัตถุซึ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเมื่อปล่อยวัตถุให้ตกลงสู่พื้นโลกที่ระดับความสูงค่าหนึ่ง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามากที่สุด และพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานจลน์จะมีค่ามากที่สุดขณะกระทบพื้น โดยเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

โดยโจทย์ต้องการหาพลังงานจลน์กับเวลา

จาก $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

แต่ $v = u + at$

$v = 0 + gt$

แทนค่า v ใน (1)

$E_k = \frac{1}{2}m(gt)^2$

$E_k = \frac{1}{2}mg^2t^2$

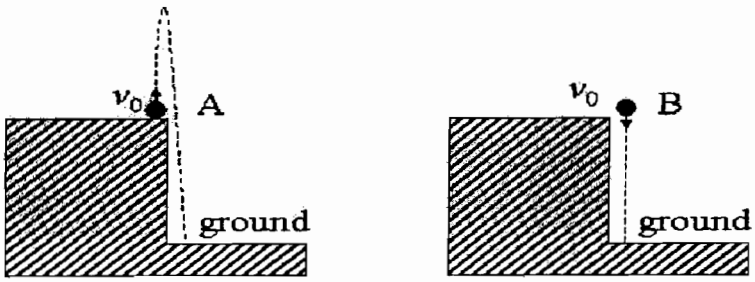
จะได้ว่า ถ้าเขียนกราฟระหว่างพลังงานจลน์ (E_k) กับเวลา (t) จะได้กราฟรูปพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด ดังนั้นจึงได้กราฟพาราโบลาหงาย

แต่นักเรียนโดยส่วนมากก่อนเรียน (ร้อยละ 30.43) ตอบ ข้อ ง. ผู้วิจัยมีแนวคิดว่านักเรียนคิดว่าพลังงานจลน์ค่อย ๆ ลดลง และหลังเรียน (ร้อยละ 52.17) เลือกตอบข้อ ก. คือ ผู้วิจัยมีแนวคิดว่านักเรียนคิดว่าพลังงานจลน์ มีค่าคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นแนวคิดของพลังงานกล รวมที่มีค่าคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ไม่ใช่พลังงานจลน์ และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการในสองประเด็นดังต่อไปนี้ คือ

1) ถ้าปล่อยให้วัตถุตกจากที่สูงคิดว่ามีอะไรเปลี่ยน พลังงานอะไรเปลี่ยน นักเรียนในกลุ่มเก่งที่ตอบคำถามข้อนี้ถูกจะตอบว่า“สิ่งที่เปลี่ยนคือพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์ และเมื่อความเร็วเปลี่ยนพลังงานจลน์ก็เปลี่ยนด้วย” (พัชรนันท์ แก้วมณี, 2558: สัมภาษณ์) แต่นักเรียนในกลุ่มที่อ่อนจะไม่สามารถตอบได้

2) พลังงานทั้งหมดเป็นอย่างไรนักเรียนเข้าใจกฎการอนุรักษ์พลังงานมากน้อยแค่ไหน นักเรียนนิ่งเงียบไปครู่หนึ่ง และเมื่อครูให้นักเรียนอธิบายแนวคิดหลักของกฎการอนุรักษ์พลังงาน พบว่านักเรียนไม่สามารถตอบได้

ข้อที่ 9 โยนก้อนหิน A และ B จากหน้าผาด้วยขนาดของความเร็วต้น v_0 เท่ากัน แต่โยนด้วยวิถีที่แตกต่างกันตามแนวเส้นประ ดังรูป



อัตราเร็วของก้อนหินแต่ละก้อนขณะกระทบพื้นเป็นอย่างไร

ก. ก้อนหินทั้งสองมีอัตราเร็วเท่ากัน

ข. ก้อนหิน A มีเส้นทางในการเคลื่อนที่ยาวกว่า

ค. ก้อนหิน A ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า

ง. ก้อนหิน A มีระยะทางและเวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า

จ. ก้อนหิน B ไม่มีงานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภาพที่ 4.9 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 9

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.7 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 9

ตัวเลือก	pre-test		post-test	
	จำนวนคน	% pre-test	จำนวนคน	% post-test
ก	2	8.70	4	17.39
ข	1	4.35	2	8.70
ค	7	30.43	5	21.74
ง	5	21.74	3	13.04
จ	8	34.78	9	39.13

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ก.ก้อนหินทั้งสองมีอัตราเร็วเท่ากันมีค่า $\langle g \rangle = 0.05$

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูกเพียง 4 คน (ร้อยละ 17.39) เนื่องจากแบบทดสอบข้อนี้ถูกสถานการณ์ที่ตั้งไว้ลวง ทำให้ไม่มั่นใจในการตอบ และตอบผิด

เป็นส่วนมาก เนื่องจากโจทย์ถามหาความเร็วของก้อนหินแต่ละก้อน ขณะกระทบพื้นเป็นอย่างไร ซึ่งก้อนหินทั้งสองมีระดับความสูงจากพื้นเท่ากัน ดังนั้นจะมีอัตราเร็วขณะกระทบพื้นเท่ากัน แต่นักเรียนโดยส่วนมากทั้งก่อนเรียน (ร้อยละ 34.78) และหลังเรียน (ร้อยละ 39.13) เลือกตอบข้อ จ. คือ ก้อนหิน B มีอัตราเร็วมากกว่าเพราะว่าเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของโลก ผู้วิจัยมีแนวคิดว่านักเรียนตอบผิดเนื่องจากเข้าใจผิดว่า ก้อนหิน B มีระยะทางการเคลื่อนที่มากกว่าจึงมีอัตราเร็วมากกว่า และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการว่าทำไมนักเรียนจึงตอบว่า ก้อนหิน B มีอัตราเร็วมากว่านักเรียนอธิบายว่า "เนื่องจากก้อนหิน B ปล่อยลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก แต่ก้อนหิน A โยนขึ้นไปกว่าจะกลับตกลงมาถึงพื้นต้องใช้เวลานาน ดังนั้นก้อนหิน B จึงมีอัตราเร็วมากกว่า" (พัชรนันท์ แก้วมณี, 2558: สัมภาษณ์)

สำหรับตอบคำถามข้อที่ 10-13

รูปวาดข้างบนแสดงรูปร่างของเนินเขา เลื่อนถูกลากขึ้นสู่ยอดเนินเขา แล้วถูกปล่อยให้ลงจากยอดเนินเขาจากหยุดนิ่ง ที่ด้านล่างของเนินเลื่อนมีอัตราเร็ว v และมีพลังงานจลน์ E (พลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของเลื่อน) จงตอบคำถามต่อไปนี้ *ในทุกกรณีแรงเสียดทานและแรงต้านอากาศมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด*

ข้อที่ 10.เลื่อนถูกลากขึ้นเนินเขาที่ชันกว่าแต่สูงเท่ากับเนินเขาในรูปบนอัตราเร็วของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา (หลังจากที่มันไถลลงมา) จะมีค่าเป็นอย่างไร

ก. อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาที่ชันกว่า จะมากกว่าเนินเขาเดิม

ข. อัตราเร็วที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสอง

ค. อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาเดิมมีขนาดมากกว่า เพราะเลื่อนเคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่มากกว่า

ง. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอที่จะตอบได้ว่าอัตราเร็วที่ด้านล่างของเนินเขาใดมีขนาดมากกว่า

ภาพที่ 4.10 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 10

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.8 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 10

ตัวเลือก	pre-test		post-test	
	จำนวนคน	% pre-test	จำนวนคน	% post-test
ก	8	34.78	10	43.48
ข	4	17.39	8	34.78
ค	6	26.09	2	8.70
ง	5	21.74	3	13.04

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ข.อัตราเร็วที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสองมีค่า <g> = 0.17

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูกเพียง 8 คน (ร้อยละ 34.17) เนื่องจากแบบทดสอบข้อนี้ถูกสถานการณ์ที่ตั้งไว้ลวงทำให้ไม่มั่นใจในการตอบและตอบผิดเป็นส่วนมาก เนื่องจากโจทย์ถามอัตราเร็วของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา (หลังจากที่มันไถลลงมา) จะมีค่าเป็นอย่างไร ซึ่งต้องสามารถคิดได้จากแนวคิด ที่ว่าเนินเขาที่สูงเท่ากันอัตราเร็วของเนินเขาทั้งสอง ย่อมเท่ากัน แต่นักเรียนโดยส่วนมากทั้งก่อนเรียน (ร้อยละ 34.78) และหลังเรียน (ร้อยละ 43.48) เลือกตอบข้อ ก. คือ อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาที่ชันกว่า จะมากกว่าเนินเขาเดิม จึงทำการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ว่าอัตราเร็วที่ด้านบนยอดของเนินเขา และที่ด้านล่างของเนินเขาเป็นอย่างไรที่ใดมากหรือน้อยกว่ากัน นักเรียนตอบว่า “ที่ด้านบนยอดของเนินเขามีอัตราเร็วน้อยกว่าที่ด้านล่างของเนินเขา” (พัชรนันท์ แก้วมณี, 2558: สัมภาษณ์) แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเลื่อนถูกลากขึ้นเนินเขาที่ชันกว่า แต่สูงเท่ากับเนินเขาในรูปบนอัตราเร็วของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา (หลังจากที่มันไถลลงมา) จะมีค่าเป็นอย่างไร

ข้อที่ 13. สำหรับเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่าเนินเขาในรูปบน พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา หลังจากที่มันไถลลงมาจะมีค่าเป็นอย่างไร

ก. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่า มีขนาดมากกว่าเนินเขาเดิม

ข. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสอง

ค. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาเดิมมีขนาดมากกว่า

ง. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอที่จะตอบได้ว่าพลังงานจลน์ใดมีขนาดมากกว่า

ภาพที่ 4.11 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 13

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

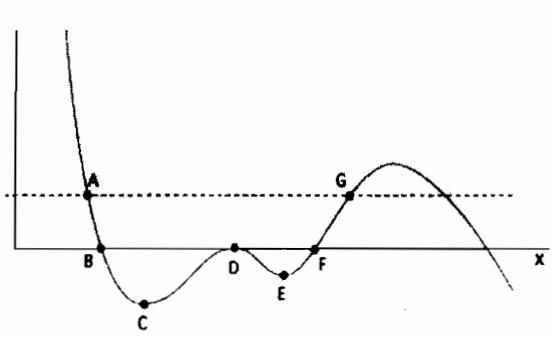
ตารางที่ 4.9 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 13

ตัวเลือก	pre – test		post – test	
	จำนวนคน	% pre-test	จำนวนคน	% post-test
ก	7	30.43	11	47.83
ข	4	17.39	5	21.74
ค	6	26.09	5	21.74
ง	6	26.09	2	8.70

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ก.พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่า มีขนาดมากกว่าเนินเขาเดิม มีค่า <g> = 0.25

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูกเพียง 11 คน (ร้อยละ 47.83) เนื่องจากแบบทดสอบข้อนี้ถูกสถานการณ์ที่ตั้งไว้ลวง ทำให้ไม่มั่นใจในการตอบ และตอบผิดเป็นส่วนมาก เนื่องจากโจทย์ถามสำหรับเนินเขาที่สูงกว่า แต่ชันน้อยกว่าเนินเขาในรูปบน พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา หลังจากที่มันไถลลงมาจะมีค่าเป็นอย่างไร ซึ่งต้องสามารถคิดได้จากแนวคิดที่ว่าเนินเขาที่สูงมากกว่า อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาย่อมมากกว่า ส่งผลให้พลังงานจลน์ที่ด้านล่างเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่า มีขนาดมากกว่าเนินเขาเดิม ซึ่งนักเรียนโดยส่วนมากทั้งก่อนเรียน (ร้อยละ 30.43) และหลังเรียน (ร้อยละ 47.83) เลือกตอบข้อ ก. ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องแล้วแต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ตอบผิด เนื่องมาจากนักเรียนสับสนกับคำว่าเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่า และนักเรียนไม่ชอบข้อสอบเป็นสถานการณ์ยาว ๆ แบบนี้ทำให้นักเรียนตีความของสถานการณ์ไม่ออก

กราฟด้านล่างแสดงพลังงานศักย์ E_P ของอนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่ตามแนวแกน x พลังงานกลรวมของระบบแสดงดังเส้นประ (ปล่อยอนุภาคที่จุด A)



ข้อที่ 14 ตำแหน่งใดที่วัตถุมีความเร็วเป็นศูนย์

ก. A และ G ข. B D และ F

ค. C และ E ง. D

ภาพที่ 4.12 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 14

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.10 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 14

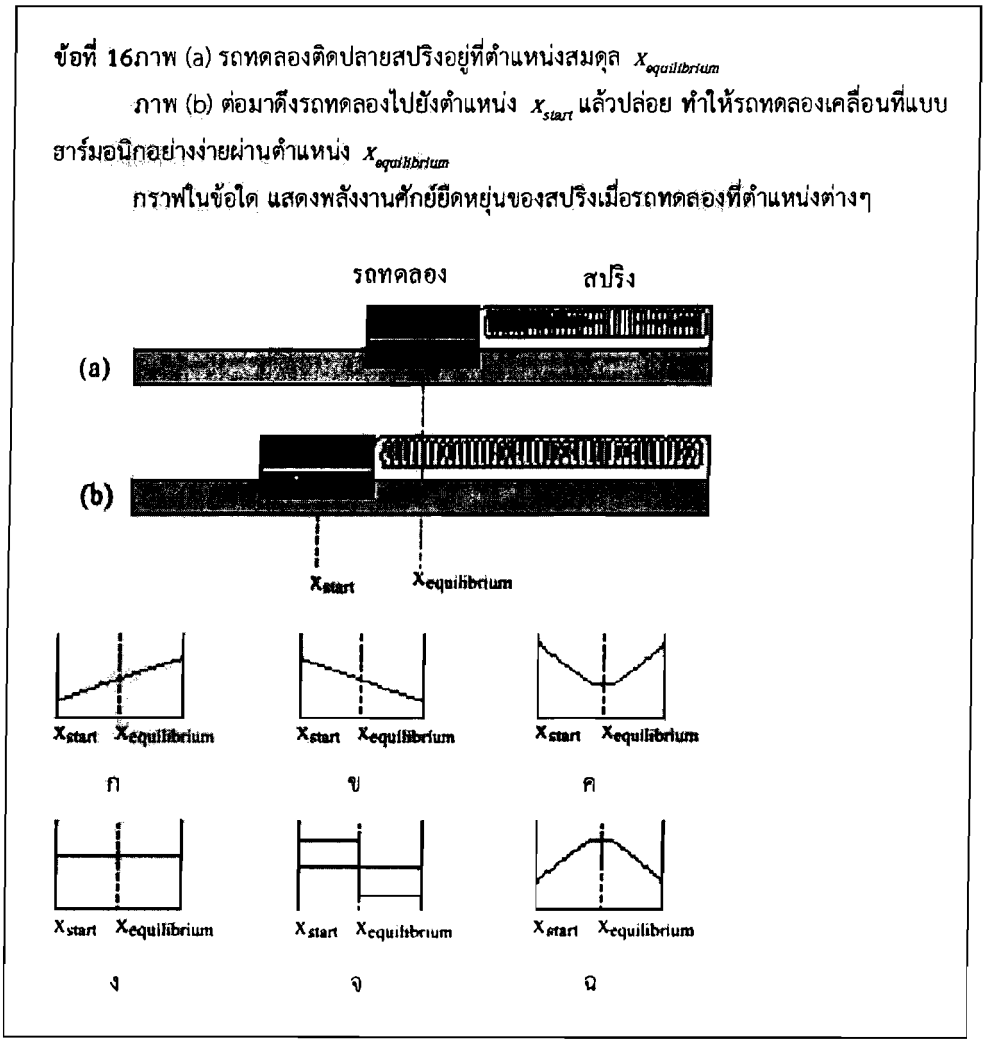
ตัวเลือก	pre-test		post-test	
	จำนวนคน	% pre-test	จำนวนคน	% post-test
ก	5	21.74	3	13.04
ข	14	60.87	15	65.22
ค	3	13.04	4	17.39
ง	1	4.35	1	4.35

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ก. A และ G มีค่า <g> = - 0.40

เนื่องจากจำนวนคนที่เลือกตอบหลังเรียนน้อยกว่าก่อนเรียน จึงคำนวณข้อนี้ตามสูตรของ normalized change และแปลผลเป็น negative normalized change

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูก 3 คน (ร้อยละ 13.04) เนื่องจากโจทย์ถามหาตำแหน่งใดที่วัตถุมีความเร็วเป็นศูนย์ โดยให้กราฟแสดงพลังงานศักย์ E_P ของ

อนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่ตามแนวแกน X พลังงานกลรวมของระบบแสดงดังเส้นประ (ปล่อยอนุภาคที่จุด A) ที่จุด A พลังงานกลรวมจะเท่ากันกับพลังงานศักย์ซึ่งมีค่ามากที่สุด และมีพลังงานจลน์เป็นศูนย์ ดังนั้น ตำแหน่งที่มีที่มีความเร็วเป็นศูนย์ พบว่านักเรียนโดยส่วนมากทั้งก่อนเรียน (ร้อยละ 60.87) และหลังเรียน (ร้อยละ 65.22) เลือกตอบข้อ ข. B D และ F ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกล พลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานจลน์ และเมื่อทำการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ โดยให้นักเรียนดูข้อมูลจากกราฟอธิบายว่าจุด B หมายความว่าอย่างไร โดยนักเรียนบอกว่า “จุด B บอกถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ซึ่งนักเรียนบอกว่า จุด B มีความเร็วเป็นศูนย์ และเมื่อจุด B มีความเร็วเป็นศูนย์ จุด D และ F ก็มีความเร็วเป็นศูนย์ด้วย” (พัชรนันท์ แก้วมณี, 2558: สัมภาษณ์) แบบทดสอบอาจจะไม่ชัดเจนและมีความยากเกินไปสำหรับกลุ่มนักเรียนที่ไม่เข้าใจ แบบทดสอบข้อนี้จึงเป็นข้อที่น่าสนใจและน่าจะเป็นประเด็นในในการศึกษาต่อไป



ภาพที่ 4.13 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานข้อที่ 16

นักเรียนเลือกตอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.11 การเลือกคำตอบของนักเรียนในข้อที่ 16

ตัวเลือก	pre-test		post-test	
	จำนวนคน	% pre-test	จำนวนคน	% post-test
ก	1	4.35	1	4.35
ข	2	8.70	3	13.04
ค	6	26.09	6	26.09
ง	6	26.09	6	26.09
จ	7	30.43	5	21.74
ฉ	1	4.35	2	8.70

คำตอบข้อนี้ คือ ข้อ ค. มีค่า <g> = 0.00

ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการที่นักเรียนตอบคำถามข้อนี้ถูกเพียง 6 คน (ร้อยละ 26.09) เนื่องจากแบบทดสอบข้อนี้ถูกสถานการณ์ที่ตั้งไว้ลวง ทำให้ไม่มั่นใจในการตอบ และตอบผิดเป็นส่วนมาก และมีการกระจายกันของคำตอบที่หลากหลาย โดยในความคิดเห็นของผู้วิจัยคิดว่าแบบทดสอบข้อนี้มีความยากอยู่ในระดับหนึ่ง และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ในนักเรียนกลุ่มเก่งว่านักเรียนเลือกตอบข้อ ค. เพราะอะไร นักเรียนสามารถอธิบายและให้เหตุผลได้ว่า “เพราะเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก จะเคลื่อนที่ไปและกลับ เป็นกราฟเส้นโค้งข้างบน จากสูงไปต่ำและก็ไปสูง” (พัชรนันท์ แก้วมณี, 2558: สัมภาษณ์) แต่นักเรียนโดยส่วนใหญ่ที่ตอบผิดเนื่องจากนักเรียนให้เหตุผลว่านักเรียนเดาคำตอบ

4.2.3.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายข้อของข้อสอบอัตนัย

ตารางที่ 4.12 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละรายข้อของข้อสอบแบบอัตนัย

ข้อที่	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย		<g>	แปลผล
		ก่อนเรียน	หลังเรียน		
1	5	0.04	1.63	0.32	medium gain
2	5	0.09	0.61	0.11	low gain

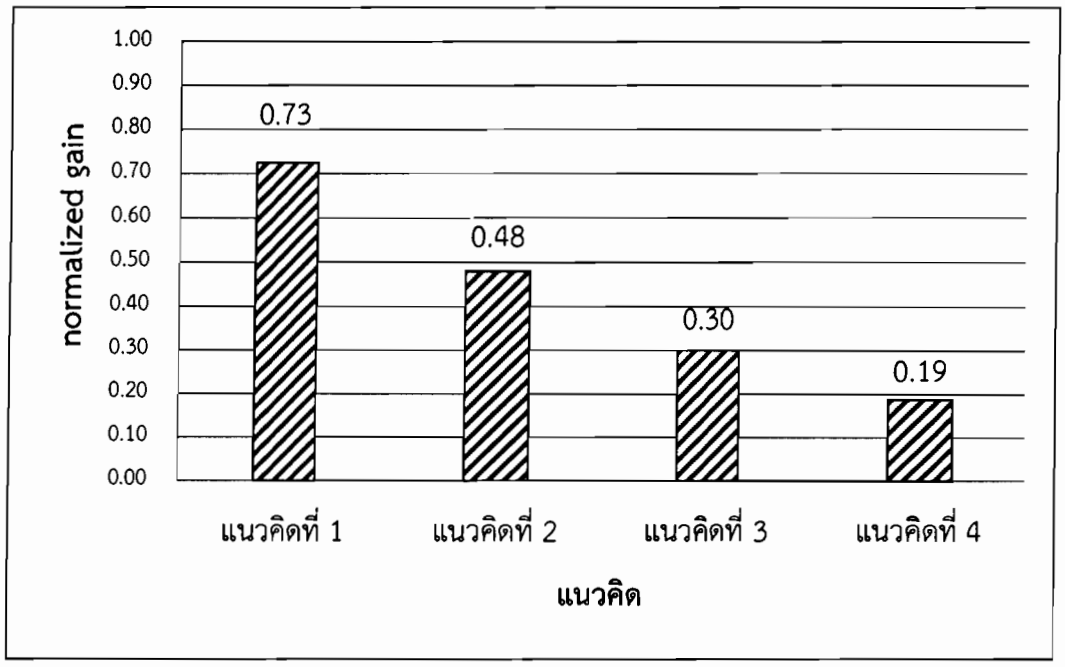
4.2.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่ละแนวคิด (conceptual dimension normalized gain)

ในที่นี้ผู้วิจัยขอนำเสนอเฉพาะความก้าวหน้าทางการเรียนแต่ละแนวคิด ของแบบทดสอบแบบปรนัยเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแบบทดสอบแบบอัตนัย มีเพียงแนวคิดเดียว คือ การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

ตารางที่ 4.13 การแยกข้อสอบตามแนวคิด

แนวคิด	ข้อสอบข้อที่
นิยามของงาน	1, 2
งานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟ	5, 6
ทฤษฎีบทงานและพลังงาน	3, 4, 8, 16
กฎการอนุรักษ์พลังงาน	7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

และเมื่อนำมาศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนพบว่าได้ผลดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของความก้าวหน้าทางการเรียนของแต่ละแนวคิด

จากกราฟจะเห็นได้ว่าแนวคิดที่ 1 นิยามของงานนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง (<g> = 0.73) เนื่องจากแนวคิดที่ 1 เป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับงานเนื่องจากแรงต่าง ๆ ให้เรียงลำดับงานเนื่องจากแรง และให้ระบุว่างานเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ไม่ซับซ้อน และมีความสอดคล้องกับใบกิจกรรมเชิงรุก (active workbooks) นักเรียนสามารถมองภาพแสดงทิศทางของแรงแล้วเข้าใจได้โดยง่าย

แนวคิดที่ 2 เป็นการหางานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟ นักเรียนมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.48) เนื่องจากนักเรียนได้บอกว่า เมื่อมีภาพหรือรูปประกอบในการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ จะทำให้สามารถคำนวณได้ง่าย และสามารถใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้

แนวคิดที่ 3 เป็นทฤษฎีบทงานและพลังงาน ในที่นี้ได้กล่าวถึงงานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งในแบบทดสอบบางข้อนักเรียนต้องมองภาพรวมทั้งระบบของแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ และเขียนแผนภาพแสดงทิศทางของแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุได้ครบทั้งหมด จึงจะสามารถหาคำตอบได้ ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำได้ จึงส่งผลให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง (<g> = 0.30)

แนวคิดที่ 4 เป็นกฎการอนุรักษ์พลังงานกล จะเห็นได้ว่าจากการสัมภาษณ์นักเรียน และให้นักเรียนอธิบายแนวคิดหลักของกฎการอนุรักษ์พลังงานกล นักเรียนบางคนไม่สามารถอธิบายได้ และในข้อสอบส่วนที่เป็นสถานการณ์แสดงเลื่อนที่ถูกล่างขึ้นเนินเขา นักเรียนอ่านแล้วรู้สึกสับสนกับคำบางคำ เช่น เลื่อนที่ถูกล่างขึ้นเนินเขาที่ชันกว่าแต่สูงเท่ากับเนินเขาในรูปบน เป็นต้น จึงส่งผลให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนในแนวคิดที่ 4 อยู่ในระดับต่ำ (<g> = 0.19)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกเพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงาน หลังจากดำเนินการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 นักเรียนที่เรียนเรื่องงานและพลังงาน โดยใช้ใบกิจกรรมเชิงรุกมีการพัฒนาแนวคิด และทักษะการแก้โจทย์ปัญหา มีคะแนนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบบทดสอบแบบปรนัยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (7.78) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (4.17) และแบบทดสอบแบบอัตนัยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (0.21) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (0.04) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.1.2 นักเรียนที่เรียนเรื่องงานและพลังงาน โดยใช้โดยใบกิจกรรมเชิงรุกเรื่องงานและพลังงานมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบปรนัยเท่ากับ 0.31 อยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) และมีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบอัตนัยเท่ากับ 0.22 อยู่ในระดับต่ำ (low gain)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการใช้ใบกิจกรรมเชิงรุก เพื่อพัฒนาแนวคิดและทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องงานและพลังงาน ควรมีสถานการณ์กระตุ้นความสนใจ ที่อยู่ในรูปแบบของวิดีโอเทป จะช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียนมากได้มากกว่า

5.2.2 ในขั้นที่ 1 สถานการณ์ตรวจสอบแนวคิด พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ ควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้ตอบและเขียนอธิบายเหตุผล เนื่องจากนักเรียนบางคนไม่ยอมตอบคำถามจะรอเฉลยคำตอบจากตอนที่ร่วมกันอภิปรายคำตอบหน้าห้อง

5.2.3 ในขั้นที่ 4 แบบฝึกหัดให้ลองคิดลองทำควรมีการสุ่มให้นักเรียนออกมาแสดงวิธีทำบนกระดานแทนที่จะเป็นการออกมานำเสนอตามความสมัครใจเพื่อเพิ่มความตื่นเต้นและกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

เกียรติมณี บำรุงไร่. **การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

น้ำค้าง จันเสริม. **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

บัณฑิตา ดอนกาวิน. **การพัฒนาความคิดรวบยอดด้วยชุดทดลอง เรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานกล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

พรรณิภา กิจเอก. **ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดปทุมธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาคุรุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2553.

พสงค์ แรงสิงห์. **ชุดทดลองกฎอนุรักษ์พลังงานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ยศธร บรรเทิง. **การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของไหลสถิต โดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain(POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

รัชดา ล้อทองกูล. **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

รัตนา พันสนิท. **การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสอนแบบการทำนาย-สังเกต-การอธิบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

รุ่งโรจน์ โคตรนารา. **การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการสอนแบบ PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE).** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

วทัญญู วุฒิวรรณ์. **ผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เชิงรุกเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศราวุฒิ ขันคำหมื่น. **การประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์ เรื่องสภาพสมดุล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

ศรีนภา ภาคภูมิ. **การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธี** PREDICT–OBSERVE–EXPLAIN (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

ศิริพร มโนพิเชษฐวัฒนา. **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่องร่างกายมนุษย์**. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547.

สุระ วุฒิพรหม และฉวีวรรณ ชัยวัฒนา. "ประสิทธิภาพของ Worksheet และ D4L+P ในการเรียนการสอนฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 1", ใน **ประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่** 5. น.30–36. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. "การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน", **วารสาร มฉก.วิชาการ**. 11(21): 86-94; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2550.

อัมพวัน ศรแผลง. **รูปแบบการใช้ Multiple Representation ในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องกฎของนิวตัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

Arnold B. Arons. "Development of energy concepts in introductory physics courses Paper", **American Journal of Physics**. 67(1): 1,062-1,067; Winter, 1999.

Hake, R. R. "Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses", **American Journal of Physics**. 61(1): 64-74; Winter, 1992.

Kiewra, K.A. "How classroom teacher can help students learn and teach them how to learn", **Theory into Practice**. 41(2): 71–80; Spring, 2002.

Kobayashi, K. "Combined effects of note taking reviewing on learning and the enhancement through interventions: A meta analysis review ", **Educational Psychology**. 26(3): 459–77; Winter, 2006.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Ronald A. Lawson and Lillian C. McDermott. "Student understanding of the work – energy and impulse – momentum theorems", **American Assosiation of Physics Teacher.** 55(9): 811–817; Spring, 1986.

Xueli Zou,B.S.,M.S. **The use of multiple representation and visualization in student learning of introductory physics : An example from work and energy.** Doctor's Thesis: The Ohio State University, 2000.

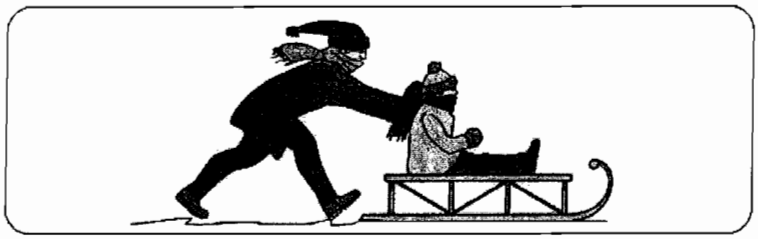
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างใบกิจกรรมเชิงรุก

ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่

ตอนที่ 1 จงพิจารณาว่าสถานการณ์ต่อไปนี้เกิดงานในความหมายทางฟิสิกส์หรือไม่ แล้วงานเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์

สถานการณ์ที่ 1 นายกัปตันออกแรงผลักน้องสาวซึ่งนั่งอยู่บนเลื่อนน้ำแข็งให้เคลื่อนที่ไปทางขวา



คำตอบ

.....

อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 นายโตโน่ออกแรงยกน้ำหนักได้ 155 กิโลกรัมในการแข่งขันยกน้ำหนักที่กรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ

คำตอบ

.....

อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

ภาพที่ ก.1 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 1

สถานการณ์ที่ 3 นาย C โยนลูกบอลขึ้นในแนวดิ่ง (พิจารณาตอนลูกบอลหลุดออกจากมือไป)

คำตอบ

.....

อธิบายเหตุผลประกอบ

.....

.....

สถานการณ์ที่ 4 นาย D เดินแบกกล่องพัสดุไปตามถนนราบ

คำตอบ

.....

อธิบายเหตุผลประกอบ

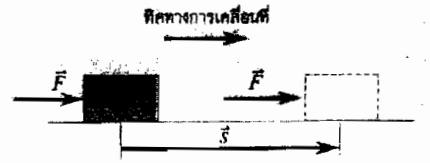
.....

.....

ภาพที่ ก.2 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 2

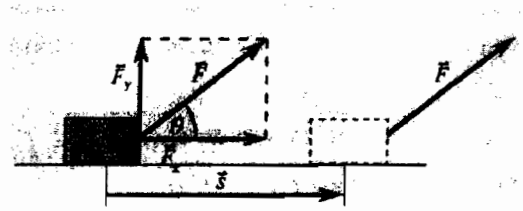
ตอนที่ 2 สาระน่ารู้

1.ในกรณีที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวตรงถ้าออกแรงคงตัว $\vec{F}$ ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่จนมีการกระจัด $\vec{s}$



ปริมาณงานที่แรง $\vec{F}$ ทำ มีค่าเท่ากับผลคูณของแรง $\vec{F}$ กับขนาดของการกระจัด $\vec{s}$ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

2.ในกรณีที่งานที่กระทำไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ให้แตกแรงออกมาให้อยู่ในทิศของการเคลื่อนที่ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

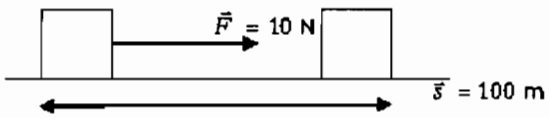


3. งานของแรงเสียดทาน งานจากการหย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง สามารถหางานได้จาก

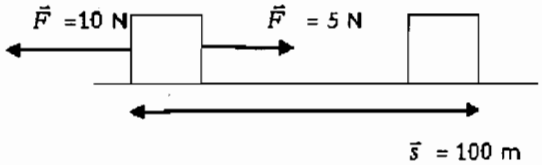
ภาพที่ ก.3 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 3

ตอนที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณ

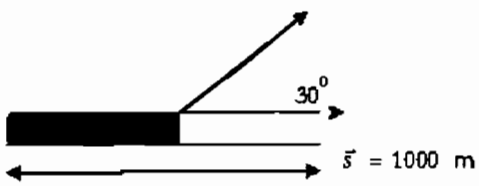
ตัวอย่างที่ 1 ออกแรง 10 นิวตัน ลากวัตถุไปตามพื้นราบขนานกับพื้น ได้ระยะทาง 100 เมตร เกิดงานเท่าไร



ตัวอย่างที่ 2 ใช้แรง 5 และ 10 นิวตัน กระทำกับวัตถุดังรูป ทำให้วัตถุ เคลื่อนที่ไปได้ไกล 100 เมตร เกิดงานเท่าไร



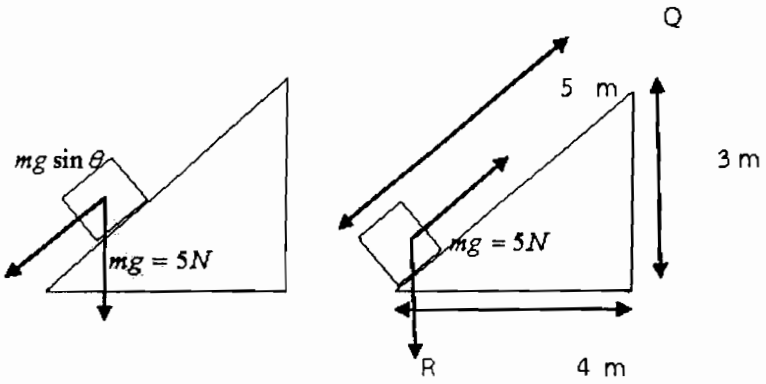
ตัวอย่างที่ 3 ช้างใช้แรง 1,000 นิวตัน ลากขุงทำมุม 30 องศากับพื้น ได้ระยะทาง 1 กิโลเมตร การลากของช้างนี้ทำให้เกิดงาน เท่าไร $\vec{F}$ = 1000 N



ตัวอย่างที่ 4 นักเรียนคนหนึ่งแบกกระเป๋าหนังสือมวล 1 กิโลกรัม เดินจากประตูโรงเรียนถึงห้องเรียนได้ระยะทาง 200 เมตร นักเรียนคนนี้เกิดงานเนื่องจากการแบกกล่องเท่าไร

ภาพที่ ก.4 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 4

ตัวอย่างที่ 5 ชายคนหนึ่งดึงก้อนวัตถุน้ำหนัก 5 นิวตัน เคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานน้อยมาก ดังรูป จงหางานที่ใช้ในการเคลื่อนที่วัตถุจาก R ถึง Q



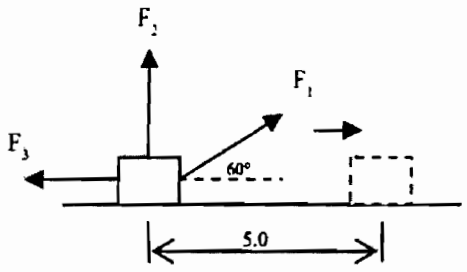
ตอนที่ 4 ลองคิดลองทำ

1.ออกแรง 100 นิวตัน ลากวัตถุไปได้ไกล 500 เมตร จะเกิดงานเท่าไร

2.ออกแรง 3 แรง กระทำกับวัตถุดังรูป ถ้าขนาดของแรง F_1 = 20 N F_2 = 5 N และ F_3 = 6 N ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 5 เมตรในแนวระดับ จงหา

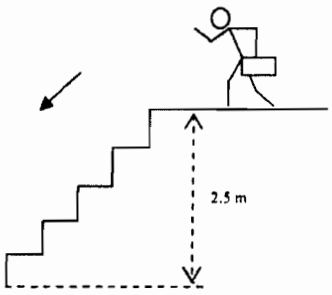
ก. งานของแรง F_1 , F_2 และ F_3

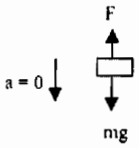
ข. งานรวมเนื่องจากแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ



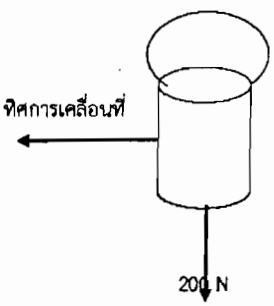
ภาพที่ ก.5 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 5

3. ถ้านักเรียนหิ้วกระเป๋าหนังสือมวล 10 กิโลกรัม เดินลงบันไดอาคารเรียนสูง 2.5 เมตร อยากทราบว่างานที่เกิดจากการหิ้วกระเป๋าหนังสือเป็นเท่าใด ถ้าเดินลงด้วยความเร็วคงที่



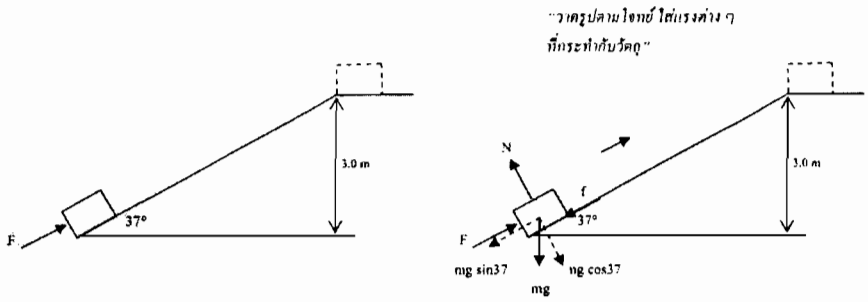


4.ชายคนหนึ่งหิ้วถังน้ำหนัก 200 นิวตัน เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบได้ระยะทาง 10 เมตร ดังรูป จงหางานในการหิ้วถังน้ำ



ภาพที่ ก.6 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 6

5. จงหางานอย่างน้อยที่คนงานคนหนึ่งต้องทำในการดันกล่องสินค้ามวล 40 กิโลกรัม ขึ้นไปตามพื้นเอียงที่ทำมุม 37^0 กับพื้นราบ ถึงจุดสูงสุดจากพื้นราบ 3 เมตร ถ้าแรงเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับกล่องเป็น 60 นิวตัน



ภาพที่ ก.7 ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 7

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์
เรื่องงานและพลังงาน

ติดต่อ : ผศ.ดร.สุระ วุฒิพรหม[1,2]
[1]Research and Innovation in Science Education Center
[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถ.สถลมาร์ค ต.เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
โทรศัพท์ : 045353406 ต่อ 4539 โทรสาร :045288381
มือถือ: 0818707303 อีเมล : wuttiprom@gmail.com

แบบทดสอบ งานและพลังงาน

Work and Energy Test

แบบทดสอบนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยของนางสาวลัญจกร ทองเรือง นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ชื่อ – สกุล.....

คำชี้แจง: แบบประเมินมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ข้อสอบมี 2 ตอน โปรดตอบคำถามทุกข้อ ภายในเวลา 50 นาที

ตอนที่ 1 เป็นแบบปรนัย มี 4-7 ตัวเลือก

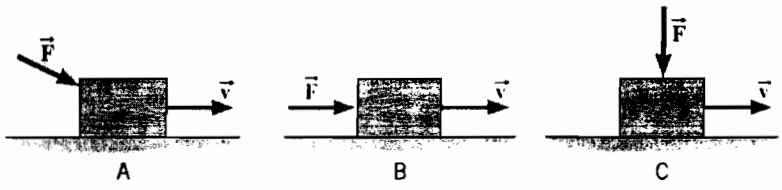
หัวข้อย่อย	ข้อสอบข้อที่
นิยามของงาน	1,2
งานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟ	5,6
ทฤษฎีบทงานและพลังงาน	3,4,8,16
กฎการอนุรักษ์พลังงาน	7,9,10,11,12,13,14,15
Total	

ตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัย ให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียด

ภาพที่ ข.1 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 1

ตอนที่ 1 แบบตัวเลือก

ข้อที่ 1 ออกแรง $\vec{F}$ ผลักกล่องให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ ดังรูป A B และ C (สมมติว่ากล่องแต่ละใบเคลื่อนที่ได้การกระจัดเท่ากัน)



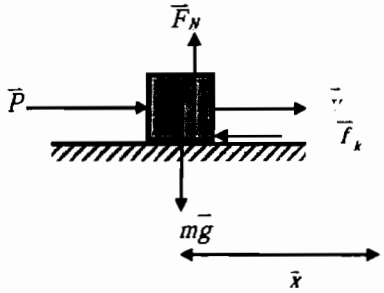
จงเรียงลำดับงานเนื่องจากแรง $\vec{F}$ จากมากไปหาน้อย

ก. A B C ข. A C B ค. B A C

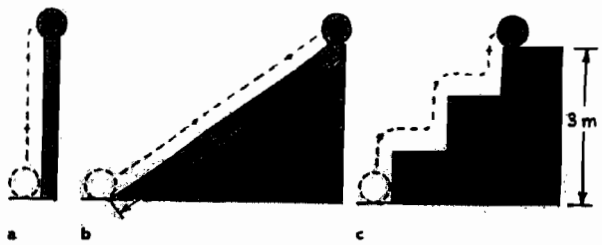
ง. C B A จ. C A B

ข้อที่ 2 กล่องกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ด้วยแรง $\vec{P}$ ดังรูป นอกจากแรง $\vec{P}$แล้ว ยังมีอีก 3 แรง ได้แก่ $\vec{F}_N, \vec{f}_k$และ $m\vec{g}$ ดังรูปข้อใดระบุงานเนื่องจากแรงต่างๆ ได้ถูกต้อง

	งานเนื่องจากแรงต่างๆ			
	$\vec{P}$	$\vec{F}_N$	$\vec{f}_k$	$m\vec{g}$
ก.	บวก	ศูนย์	ศูนย์	ศูนย์
ข.	บวก	ศูนย์	บวก	ศูนย์
ค.	ลบ	ศูนย์	บวก	ศูนย์
ง.	บวก	ศูนย์	ลบ	ศูนย์
จ.	บวก	บวก	ลบ	ลบ



ข้อที่ 3 ลูกบอลลูกหนึ่งถูกทำให้เคลื่อนที่จากพื้นขึ้นไปด้านบนตามเส้นประดังรูป



ภาพที่ ข.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 2

จงเปรียบเทียบงานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกในแต่ละกรณี

ก. b > c > a

ข. a > b > c

ค. c > b > a

ง. a = b = c

จ. a > b = c

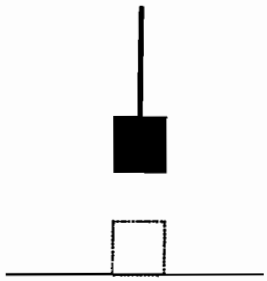
ข้อที่ 4 ใช้เชือกดึงกล่องมวล 10 กิโลกรัม ที่วางอยู่บนพื้นให้สูงขึ้นไป 2 เมตร ดังรูป งานทั้งหมดที่กระทำต่อกล่องมีค่าเท่าใด (กำหนดให้ $g = 10\ m/s^2$)

ก. – 200 จูล

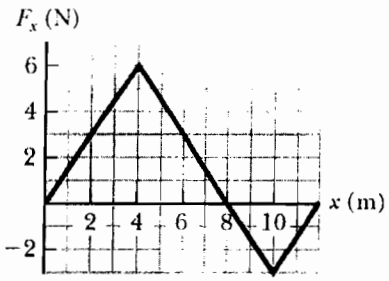
ข. 200 จูล

ค. 0 จูล

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ



ข้อที่ 5 กราฟด้านล่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อวัตถุกับการกระจัดของวัตถุตามแนวแรง

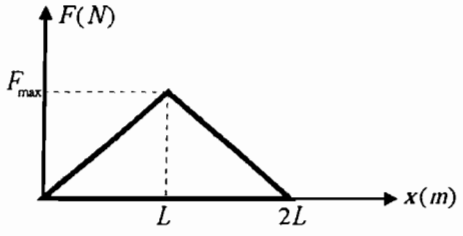


งานที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้การกระจัด 10 เมตรเป็นเท่าใด

ก. 21 จูล ข. 24 จูล ค. 28 จูล ง. 40 จูล

ภาพที่ ข.3 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 3

ข้อที่ 6 อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่จาก $x=0$ ไปยัง $x=2L$ ด้วยแรงกระทำไม่คงตัว $F(x)$ ดังรูป พลังงานจลน์ที่ตำแหน่ง $x=0$ และ $x=2L$ มีค่าเท่าไร



ก. $\frac{F_{max}L}{2}$ และ $F_{max}L$

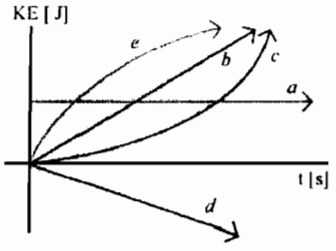
ข. $\frac{F_{max}L}{2}$ และ 0

ค. $\frac{L}{2}$ และ L

ง. $\frac{LF_{max}}{4}$ และ $\frac{F_{max}L}{2}$

จ. $\frac{F_{max}L^2}{2}$ และ $2F_{max}L^2$

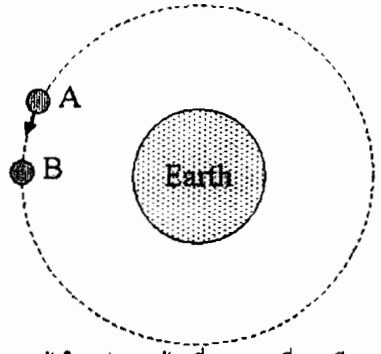
ข้อที่ 7 ปล่อยวัตถุที่ระดับความสูง 10 เมตร ตกลงสู่พื้นโลก (ไม่มีแรงต้านอากาศ) กราฟใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์กับเวลาตลอดการตกของวัตถุ



ก.a ข. b ค. c ง. d จ. e

ภาพที่ ข.4 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 4

ข้อที่ 8 ดาวเทียมโคจรรอบโลกเป็นวงกลมดังรูป มีเพียงแรงเดียวที่กระทำต่อดาวเทียมคือแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งอยู่ในทิศพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลางโลก



ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด ขณะที่ดาวเทียมเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B

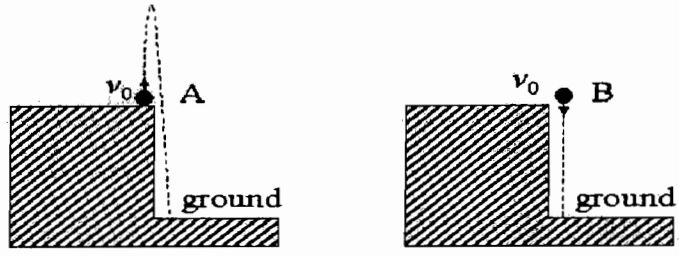
ก. พลังงานศักย์ไม่เปลี่ยนแปลง

ข. พลังงานศักย์เปลี่ยนแปลง

ค. งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเป็นลบ

ง. งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเป็นศูนย์

ข้อที่ 9 โยนก้อนหิน A และ B จากหน้าผาด้วยขนาดของความเร็วต้น v_0 เท่ากัน แต่โยนด้วยวิถีที่แตกต่างกันตามแนวเส้นประ ดังรูป



อัตราเร็วของก้อนหินแต่ละก้อนขณะกระทบพื้นเป็นอย่างไร

ก. ก้อนหินทั้งสองมีอัตราเร็วเท่ากัน

ข. ก้อนหิน A มีเส้นทางในการเคลื่อนที่ยาวกว่า

ค. ก้อนหิน A ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า

ง. ก้อนหิน A มีระยะทางและเวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า

จ. ก้อนหิน B ไม่มีงานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

°Research and Innovation in Science Education Center| ดร.สุระ วุฒิพรหม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภาพที่ ข.5 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 5

สำหรับตอบคำถามข้อที่ 10-13

รูปวาดข้างบนแสดงรูปร่างของเนินเขา เลื่อนถูกลากขึ้นสู่ยอดเนินเขา แล้วถูกปล่อยให้ลงจากยอดเนินเขาจากหยุดนิ่ง ที่ด้านล่างของเนินเลื่อนมีอัตราเร็ว v และมีพลังงานจลน์ E (พลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของเลื่อน) จงตอบคำถามต่อไปนี้ *ในทุกกรณีแรงเสียดทานและแรงต้านอากาศมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด*

ข้อที่ 10.เลื่อนถูกลากขึ้นเนินเขาที่ชันกว่าแต่สูงเท่ากับเนินเขาในรูปบนอัตราเร็วของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา (หลังจากที่มันไถลลงมา) จะมีค่าเป็นอย่างไร

ก. อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาที่ชันกว่า จะมากกว่าเนินเขาเดิม

ข. อัตราเร็วที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสอง

ค. อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาเดิมมีขนาดมากกว่า เพราะเลื่อนเคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่มากกว่า

ง. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอที่จะตอบได้ว่าอัตราเร็วที่ด้านล่างของเนินเขาใดมีขนาดมากกว่า

ข้อที่ 11. เปรียบเทียบพลังงานจลน์ ของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขาเดิมและเนินเขาที่ชันกว่า เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

ก. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาชันมีขนาดมากกว่า

ข. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสอง

ค. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาเดิมมีขนาดมากกว่า

ง. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าพลังงานจลน์ใดมีขนาดมากกว่า

ข้อที่12.เลื่อนถูกลากขึ้นเนินเขาซึ่งสูงกว่าแต่ชันน้อยกว่าเนินเขาในรูปบนอัตราเร็วของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา (หลังจากที่มันไถลลงมา) จะมีค่าเป็นอย่างไร

ก. อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่า มีขนาดมากกว่าเนินเขาเดิม

ข. อัตราเร็วที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสอง

ค. อัตราเร็วที่ด้านล่างเนินเขาเดิมมีขนาดมากกว่า

ง. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอที่จะตอบได้ว่าอัตราเร็วที่ด้านล่างของเนินเขาใดมีขนาดมากกว่า

[fc]Research and Innovation in Science Education Center| ดร.สุระ วุฒิหรหม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภาพที่ ข.6 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 6

ข้อที่ 13. สำหรับเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่าเนินเขาในรูปบน พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างของเนินเขา หลังจากที่มันไถลลงมาจะมีค่าเป็นอย่างไร

ก. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาที่สูงกว่าแต่ชันน้อยกว่า มีขนาดมากกว่าเนินเขาเดิม

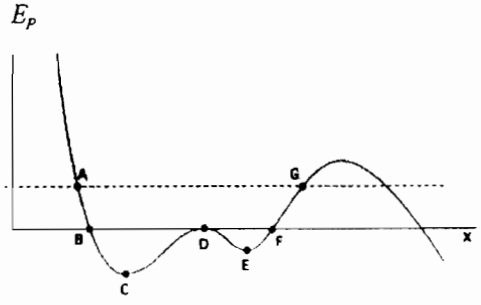
ข. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างมีขนาดเท่ากันสำหรับเนินเขาทั้งสอง

ค. พลังงานจลน์ของเลื่อนที่ด้านล่างเนินเขาเดิมมีขนาดมากกว่า

ง. ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอที่จะตอบได้ว่าพลังงานจลน์ใดมีขนาดมากกว่า

สำหรับตอบคำถามข้อที่ 14-15

กราฟด้านล่างแสดงพลังงานศักย์ E_p ของอนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่ตามแนวแกน x พลังงานกลรวมของระบบแสดงดังเส้นประ (ปล่อยอนุภาคที่จุด A)



ข้อที่ 14 ตำแหน่งใดที่วัตถุมีความเร็วเป็นศูนย์

ก. A และ G ข. B D และ F

ค. C และ E ง. D

ข้อที่ 15 ตำแหน่งใดที่วัตถุมีพลังงานจลน์สูงสุด

ก. A ข. B ค. C ง. D

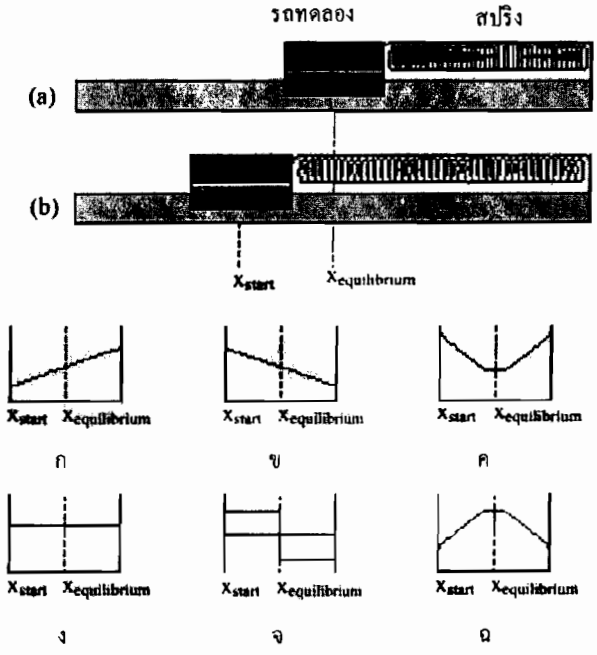
จ. E ฉ. F ช. G

ภาพที่ ข.7 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 7

ข้อที่ 16ภาพ (a) รถทดลองติดปลายสปริงอยู่ที่ตำแหน่งสมดุล $x_{equilibrium}$

ภาพ (b) ต่อมาดึงรถทดลองไปยังตำแหน่ง x_{start} แล้วปล่อย ทำให้รถทดลองเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายผ่านตำแหน่ง $x_{equilibrium}$

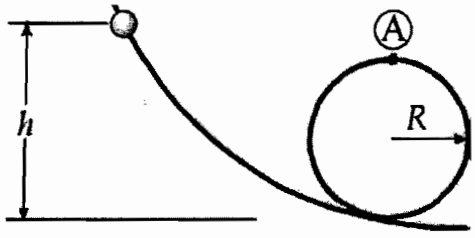
กราฟในข้อใด แสดงพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงเมื่อรถทดลองที่ตำแหน่งต่างๆ



ภาพที่ ข.8 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 8

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

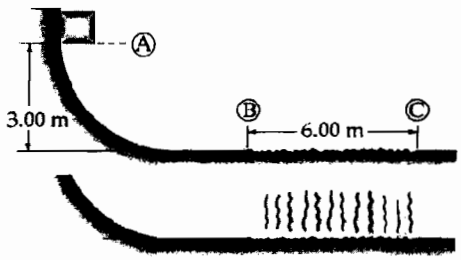
ข้อที่ 1 ลูกกลมโลหะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่บนรางกลมไร้แรงเสียดทานในระนาบดิ่งที่ระดับความสูง $h = 3.5R$



1) จงหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A
2) แรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A

ภาพที่ ข.9 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 9

ข้อที่ 2 กล่องมวล 10 กิโลกรัมถูกปล่อยให้ไถลตามรางจากจุด A ไปยังจุด C แล้วหยุดนิ่ง รางไม่มีแรงเสียดทาน ยกเว้นช่วง BC ที่มีแรงเสียดทาน จงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC



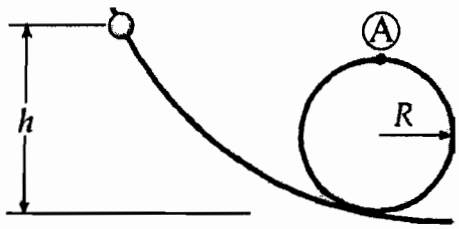
ภาพที่ ข.10 แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงาน หน้าที่ 10

เฉลยแบบทดสอบแบบปรนัย

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

เฉลยแบบทดสอบอัตนัย

ข้อที่ 1 ลูกกลมโลหะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่บนรางกลมไร้แรงเสียดทานในระนาบดิ่งที่ระดับความสูง $h = 3.5R$



1) จงหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A
2) แรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A

<u>วิธีทำ</u>

1)จงหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A

จากผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วง = พลังงานรวมที่จุด A

$$mgh = mg(2R) + \frac{1}{2}mv^2$$

$$mgh = m[g(2R) + \frac{1}{2}v_A^2]$$

$$(10)(3.5R) = (2)(10)R + \frac{1}{2}v_A^2$$

$$35R = 20R + \frac{1}{2}v_A^2$$

$$35R - 20R = \frac{1}{2}v_A^2$$

$$15R = \frac{1}{2}v_A^2$$

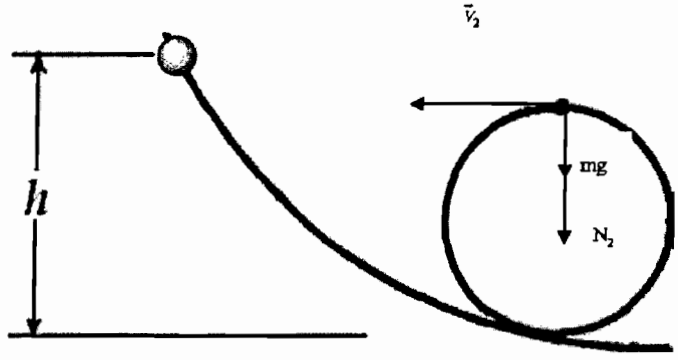
$$30R = v_A^2$$

$$v_A = \sqrt{30R} \text{ m/s}$$

ดังนั้น ความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A คือ $\sqrt{30R}$ m/s

ภาพที่ ข.11 เฉลยแบบทดสอบแบบอัตนัยข้อที่ 1 ข้อย่อยที่ 1

2)แรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A



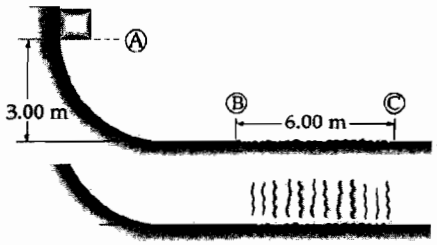
ให้ N_2 เป็นแรงที่กระทำต่อลูกกลมโลหะในทิศทางตั้งฉากกับผิวราง

$$F_C = N_2 + mg$$
$$N_2 = F_C - mg$$
$$N_2 = \frac{mv^2}{R} - mg$$
$$N_2 = \frac{m(30R)}{R} - m(10)$$
$$N_2 = 30m - 10m = 20m$$
$$N_2 = 20m$$

ดังนั้น แรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A คือ $20m$

ภาพที่ ข.12 เฉลยแบบทดสอบแบบอัตนัยข้อที่ 1 ข้อย่อยที่ 2

ข้อที่ 2 กล่องมวล 10 กิโลกรัมถูกปล่อยให้ไถลตามรางจากจุด A ไปยังจุด C แล้วหยุดนิ่ง รางไม่มีแรงเสียดทาน ยกเว้นช่วง BC ที่มีแรงเสียดทาน จงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC



<u>วิธีทำ</u>

ในช่วงผิวราบ พลังงานสูญเสียเป็นงานของแรงเสียดทาน

พิจารณาจาก A ไป C เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วัตถุหยุดนิ่ง $v = 0$

$$E_{P(A)} - W_{BC} = E_k$$

$$mgh_A - \mu mgs = \frac{1}{2}mv^2 \quad (v = 0)$$

$$gh_A = \mu gs$$

$$\mu = \frac{h_A}{s}$$

$$\mu = \frac{3}{6} = 0.5$$

ดังนั้น สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC เท่ากับ 0.5

ภาพที่ ข.13 เฉลยแบบทดสอบแบบอัตนัยข้อที่ 2

ตารางที่ ข.1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบตอนที่ 2 แบบทดสอบอัตนัย

พฤติกรรมที่ประเมิน	คุณภาพ				
	ยอดเยี่ยมมาก (5)	ยอดเยี่ยม (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. ลูกกลมโลหะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่บนรางกลมไร้แรงเสียดทานในระนาบดิ่งที่ระดับความสูง $h = 3.5R$ 1) จงหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A 2) แรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A	นักเรียนสามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานและแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A และแรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	นักเรียนสามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานและแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A ได้ แต่ไม่สามารถหาแรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A ได้	นักเรียนสามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานแต่ไม่สามารถแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A และแรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A ได้	นักเรียนไม่สามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานและไม่สามารถแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาความเร็วของลูกกลมโลหะที่จุด A และแรงที่รางกลมกระทำต่อลูกกลมโลหะที่จุด A ได้	นักเรียนระบุได้เพียงแต่ตัวแปรที่โจทย์บอกมาและโจทย์ถามหา

ตารางที่ ข.1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบตอนที่ 2 แบบทดสอบอัตนัย (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน	คุณภาพ				
	ยอดเยี่ยมมาก (5)	ยอดเยี่ยม (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
2. กล่องมวล 10 กิโลกรัมถูกปล่อยให้ไถลตามรางจากจุด A ไปยังจุด C แล้วหยุดนิ่ง รางไม่มีแรงเสียดทานยกเว้นช่วง BC ที่มีแรงเสียดทาน จงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC	นักเรียนสามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานและแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC อย่างถูกต้องและชัดเจน	นักเรียนสามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานและแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	นักเรียนสามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานแต่ไม่สามารถแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC ได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถตั้งสมการเริ่มต้นจากกฎการอนุรักษ์พลังงานและไม่สามารถแสดงวิธีการในการคำนวณเพื่อแทนค่าหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องกับพื้นผิวช่วง BC ได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนระบุได้เพียงแต่ตัวแปรที่โจทย์บอกมาและโจทย์ถามหา

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 31201 รายวิชาฟิสิกส์ 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่าง ๆ

สาระสำคัญ

เมื่อมีแรงคงตัว $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้การกระจัด $\vec{s}$ จะเกิดงานของแรงนั้น ถ้าแรงและการกระจัดมีทิศทางเดียวกัน งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า $W = Fs$ แต่ถ้าแรงที่กระทำมีทิศทางทำมุม θ กับการกระจัด งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า $W = Fs\cos\theta$ งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยจูล (J)

จุดประสงค์การเรียนรู้

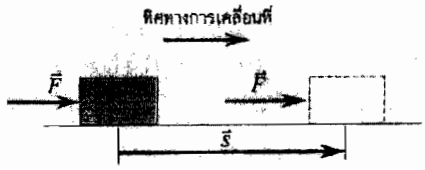
1. บอกความแตกต่างของความหมายของงานในชีวิตประจำวันกับงานในวิชาฟิสิกส์ได้
2. บอกความสัมพันธ์ของแรงกับงานได้
3. บอกได้ว่างานเป็นปริมาณสเกลาร์ และมีหน่วยเป็นจูล
4. บอกความหมายของงานของแรงที่เป็นบวก และงานของแรงที่เป็นลบได้
5. คำนวณหางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัตถุในแนวตรงเมื่อกำหนดแรง และการกระจัดของวัตถุได้ ในกรณีที่ทิศการเคลื่อนที่อยู่ในแนวเดียวกับแรง
6. คำนวณหางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัตถุแนวตรงเมื่อกำหนดแรงและการกระจัดของวัตถุได้ ในกรณีที่ทิศการเคลื่อนที่ไม่อยู่ในแนวเดียวกับแรง

สาระการเรียนรู้

1.**ความรู้ (K)**

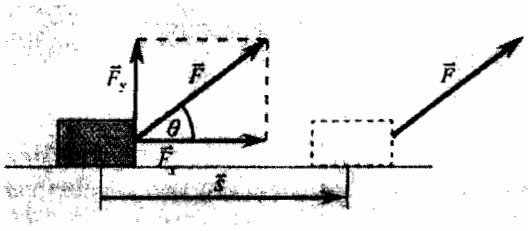
ภาพที่ ค.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 1

1.1ในกรณีที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวตรงถ้าออกแรงคงตัว $\vec{F}$ ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่จนมีการกระจัด $\vec{s}$



ปริมาณงานที่แรง $\vec{F}$ ทำ มีค่าเท่ากับผลคูณของแรง $\vec{F}$ กับขนาดของการกระจัด $\vec{s}$ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ คือ $W = \vec{F}.\vec{s}$

1.2 ในกรณีที่งานที่กระทำไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุให้แตกแรงออกมาให้อยู่ในทิศของการเคลื่อนที่ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $W = Fs\cos\theta$



1.3 งานของแรงเสียดทาน งานจากการหย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง สามารถหางานได้จาก $W = -Fs$

2.ทักษะ/กระบวนการ (P)

ทักษะการสังเกต ทักษะการสำรวจค้นหา ทักษะการเปรียบเทียบ ทักษะการคำนวณ

3.คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ใฝ่เรียนรู้

สมรรถนะผู้เรียน

ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา

ชิ้นงาน/ภาระงาน

ใบกิจกรรมเชิงรุก 1

ภาพที่ ค.2 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 2

กิจกรรมการเรียนรู้

<u>ขั้นนำ</u>

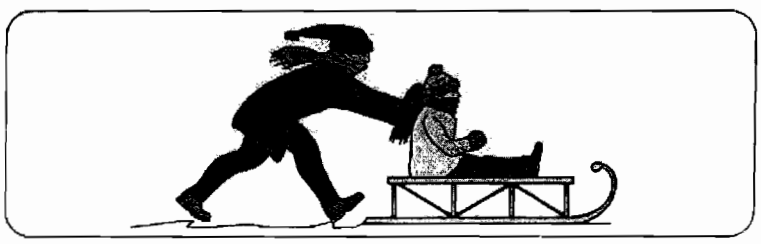
1. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคำที่นักเรียนคุ้นเคยอยู่เสมอ คือ งานและพลังงาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวัน โดยครูถามนักเรียนว่างานตามความหมายที่นักเรียนเข้าใจหมายความว่าอย่างไร *(แนวคำตอบ งานคือ การปฏิบัติหน้าที่)*

2. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่เรียกว่าทำงาน และไม่ทำงาน จนได้ข้อสรุปความหมายของ งาน ในชีวิตประจำวันกับความหมายทางฟิสิกส์ *(แนวคำตอบ งานทางฟิสิกส์ จะเกิดขึ้น เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุและมีผลให้วัตถุเคลื่อนที่ในทิศของแรง)*

3. ครูแจ้งจุดประสงค์ในการเรียนหัวข้อนี้ให้นักเรียนทราบ โดยบอกนักเรียนว่า วันนี้นักเรียนจะต้องสรุปให้ได้ว่า งานในทางฟิสิกส์แตกต่างกับงานในความหมายของคนทั่วไปอย่างไร และแรงกับงานสัมพันธ์กันอย่างไร และเราจะหาปริมาณงานได้จากวิธีใดบ้าง

4. ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ใน 4 สถานการณ์ ในใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ ว่าเกิดงานในทางฟิสิกส์หรือไม่ แล้วงานเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> นายกัปตันออกแรงผลักน้องสาวซึ่งนั่งอยู่บนเลื่อนน้ำแข็งให้เคลื่อนที่ไปทางขวา



(แนวคำตอบ งานเป็นบวก เนื่องจากแรง $\vec{F}$ เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับการกระจัด $\vec{s}$)

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> นายโตโน่ออกแรงยกน้ำหนักได้ 155 กิโลกรัมในการแข่งขันยกน้ำหนักที่กรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ

ภาพที่ ค.3 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 3

(แนวคำตอบ งานเป็นบวก เนื่องจากแรง $\vec{F}$ เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับการกระจัด $\vec{s}$)

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> นายสมคิดโยนลูกบอลขึ้นในแนวดิ่ง (พิจารณาตอนลูกบอลหลุดออกจากมือไป)

(แนวคำตอบ งานเป็นลบ เนื่องจากแรง $\vec{F}$ เคลื่อนที่ไปในทิศสวนทางกับกระจัด $\vec{s}$)

<u>สถานการณ์ที่ 4</u> ลุงหนวดเดินแบกกล่องพัสดุไปตามถนนราบ

(แนวคำตอบ งานเป็นศูนย์ เนื่องจากแรง $\vec{F}$ มีทิศตั้งฉากกับการกับกระจัด $\vec{s}$)

สำหรับในสถานการณ์ที่ 1 ถึง 4 นอกจากให้นักเรียนสังเกตและทำนายคำตอบแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติจริงด้วยการทดลองดูแล้วเปรียบเทียบดูกับคำตอบที่เกิดจากการทำนายว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบที่เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนค้นพบและศึกษาองค์ความรู้นั้นได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะเกิดเป็นองค์ความรู้ที่คงทน

<u>หมายเหตุ</u> - สำหรับสถานการณ์ที่ 1 ให้นักเรียนทดลองโดยใช้การลงมือผลักเก้าอี้แทนเลื่อนน้ำแข็ง

- สำหรับสถานการณ์ที่ 2 ให้นักเรียนทดลองโดยใช้ไม้ไผ่แทนอุปกรณ์ยกน้ำหนัก
- สำหรับสถานการณ์ที่ 3 ใช้ลูกบอลในการทดลอง
- สำหรับสถานการณ์ที่ 4 ให้นักเรียนทดลองโดยการเดินกระเป๋าดินสอขนาดใหญ่หรือกระเป๋าแทนกล่องพัสดุ

ภาพที่ ค.4 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 4

ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5. นักเรียนสังเกตการใช้เครื่องชั่งสปริงดึงวัตถุในลักษณะต่างๆ และบอกว่า แต่ละกรณีเกิดงานจากการดึงของเครื่องชั่งสปริงหรือไม่อย่างไร

5.1 เครื่องชั่งสปริงดึงถุงทรายให้เคลื่อนที่ไปในแนวระดับ (*แนวคำตอบ เกิดงาน*)

5.2 เครื่องชั่งสปริงดึงขาโต๊ะไม่เคลื่อนที่ (*แนวคำตอบ ไม่เกิดงาน*

5.3 เครื่องชั่งสปริงดึงถุงทรายขึ้นในแนวดิ่ง (*แนวคำตอบ เกิดงาน*)

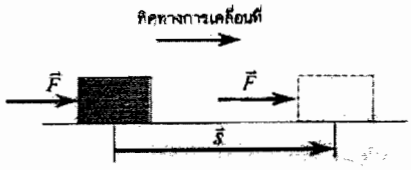
5.4 เครื่องชั่งเกี่ยวถุงทรายแล้วหย่อนลงในแนวดิ่ง (*แนวคำตอบ เกิดงาน*)

หมายเหตุ ให้ใช้กระเป๋าดินสอแทนถุงทราย

6. ครูอธิบายความหมายเพิ่มเติมของงานในทางฟิสิกส์ เมื่อทิศทางของแรงและการกระจัดอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน แล้วอธิบายความหมายของงานที่เป็นบวกและงานที่เป็นลบ โดยยกตัวอย่าง งานที่เป็นบวกและงานที่เป็นลบ *(งานที่เป็นบวก เช่น งานของแรงที่ดึงวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง งานของการลากวัตถุไปในแนวระดับ งานที่เป็นลบ เช่น งานของแรงในการหย่อนถุงทรายลงจากที่สูง งานของแรงที่ต้านวัตถุให้เคลื่อนที่ช้าลง)* ครูเน้นให้นักเรียนทราบว่า งานที่เกิดจากแรงที่มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นลบเสมอ เครื่องหมายบวกและลบของงานไม่ได้เป็นสิ่งแสดงทิศทางของงาน เพราะงานเป็นปริมาณสเกลาร์

7. ครูให้นักเรียนศึกษาและเติมข้อมูลในช่องว่างให้สมบูรณ์ในใบกิจกรรมเชิงรุก 1 ตอนที่ 2 สาระน่ารู้ พร้อมทั้งอธิบายเพิ่มเติมในสาระน่ารู้ดังต่อไปนี้

7.1 ในกรณีที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวตรงถ้าออกแรงคงตัว $\vec{F}$ ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่จนมีการกระจัด $\vec{s}$



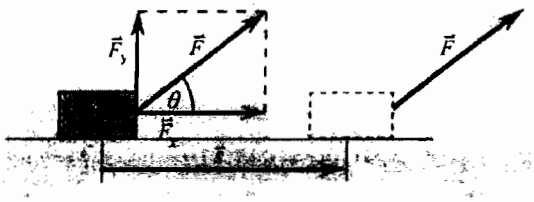
ภาพที่ 1.1 แสดงกรณีที่แรง $\vec{F}$ เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับการกระจัด $\vec{s}$

ภาพที่ ค.5 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 5

ปริมาณงานที่แรง $\vec{F}$ ทำ มีค่าเท่ากับผลคูณของแรง $\vec{F}$ กับขนาดของการกระจัด $\vec{s}$ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ คือ $W = \vec{F}\,\vec{s}$

7.2 ครูอธิบายเรื่องงานของแรงที่กระทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ และถามนักเรียนว่า แรงดึงในแนวระดับและแนวดิ่งมีค่าเป็นเท่าไหร่ และแรงที่มีทิศเดียวกับการกระจัดคือแรงใด *(แนวคำตอบ $F\cos\theta$ เป็นองค์ประกอบของแรงในแนวราบ และ $F\sin\theta$ เป็นแรงองค์ประกอบของแรง $\vec{F}$ ในแนวดิ่ง แรงที่มีทิศทางเดียวกับการกระจัดคือ $F\cos\theta$)* ดังนั้นงานของแรงที่กระทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่จะเท่ากับเท่าไหร่ *(แนวคำตอบ $W = Fs\cos\theta$)*

ดังนั้นนักเรียนจะสามารถสรุปได้ว่า " ในกรณีที่งานที่กระทำไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุให้แตกแรงออกมาให้อยู่ในทิศของการเคลื่อนที่ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $W = Fs\cos\theta$ "



ภาพที่ 1.2 แสดงกรณีที่แรง $\vec{F}$ เคลื่อนที่ในทิศทำมุมกับการกระจัด $\vec{s}$

7.3 งานของแรงเสียดทาน งานจากการหย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่งสามารถหางานได้จาก $W = -Fs$

8. ครูถามนักเรียนว่าถ้าแรงทำมุม 90 องศากับแนวการเคลื่อนที่ อย่างเช่นเราเดินถือกระเป๋าจะเกิดงานหรือไม่ *(แนวคำตอบ ไม่เกิดงาน)*

9 .ครูถามนักเรียนว่าหน่วยของงานเป็นอะไร โดยถามนักเรียนว่าหน่วยของแรงเป็นอะไร *(แนวคำตอบ นิวตัน)* แล้วหน่วยของการกระจัดเป็นอะไร *(แนวคำตอบ เมตร)* ดังนั้นหน่วยของงานเป็นอะไร *(แนวคำตอบ นิวตัน-เมตร)* ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าหน่วยของงานอีกหน่วยหนึ่ง คือ จูล และบอกว่างาน เป็นปริมาณสเกลาร์

ภาพที่ ค.6 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 6

10. ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์โจทย์ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มโดยการใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิด ในใบกิจกรรมเชิงรุก ตอนที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณ โดยครูลองเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำดูก่อนว่าทำได้หรือไม่ แล้วครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติมในข้อที่ยังไม่เข้าใจ

11. สุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาแสดงวิธีทำหน้าชั้นเรียน

12. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป

13. จากที่นักเรียนได้ศึกษาตัวอย่างข้างต้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจากใบกิจกรรมเชิงรุก ตอนที่ 4 ลองคิดลองทำเป็นกลุ่ม โดยในขณะที่นักเรียนลงมือทำครูได้เดินดูเพื่อคอยช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และชี้แนะแนวทางในการฝึกทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียน

14. มอบหมายให้ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการในแก้โจทย์ปัญหาบนกระดานพร้อมทั้งอธิบายให้เพื่อน ๆ ฟัง

15. ครูอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามสิ่งนักเรียนที่สงสัย

<u>ขั้นสรุป</u>

16.ครูนำอภิปราย และสรุปเนื้อหา ด้วยคำถามต่อไปนี้

16.1 งานในความหมายทั่วไปและงานในทางฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างไร *(แนวคำตอบ สำหรับบุคคลทั่วไป งาน หมายถึง การประกอบอาชีพหรือการกระทำภารกิจต่างๆในชีวิตประจำวัน ส่วนงานในทางฟิสิกส์จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุมีการกระจัด โดยปริมาณงานที่ทำขึ้นกับแรงและการกระจัด)*

16.1.1 ถ้ามีแรงมากระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ เราจะหางานได้จากสูตรไหน *(แนวคำตอบ* $W = Fs$ *)*

16.1.2 ถ้าแรงที่กระทำให้วัตถุไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่เราจะหางานได้จากสูตรไหน *(แนวคำตอบ* $W = Fs\cos\theta$ *)*

16.1.3 งานเป็นปริมาณเวกเตอร์หรือสเกลาร์และมีหน่วยเป็นอะไร*(แนวคำตอบ เป็นปริมาณสเกลาร์และมีหน่วยเป็นนิวตัน.เมตรหรือจูล)*

17. งานเป็นบวกกับงานเป็นลบ มีความหมายว่าอย่างไร *(แนวคำตอบ งานเป็นบวก หมายถึง งานของแรง* $\vec{F}$ *เมื่อแรง* $\vec{F}$ *อยู่ในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ ส่วนงานที่เป็นลบ หมายถึง งานของแรง* $\vec{F}$ *เมื่อแรง* $\vec{F}$ *อยู่ในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่)*

ภาพที่ ค.7 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 7

18. ถ้ามีแรงหลายแรงมากระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ เราจะหางานได้อย่างไร ($W = \sum_{i=1}^{n} F_i \Delta s_i$)

สื่อ อุปกรณ์การเรียนและแหล่งเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 ของ สสวท.
3. เครื่องชั่งสปริง
4. เก้าอี้
5. ไม้ไผ่
6. ลูกบอล
7. กระเป๋าดินสอ

การวัดผลและประเมินผล

ประเด็นที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
(K) ด้านความรู้ความเข้าใจ 1. บอกความแตกต่างของความหมายของงานในชีวิตประจำวัน กับงานในวิชาฟิสิกส์ได้ 2. บอกความสัมพันธ์ของแรงกับงานได้ 3. บอกได้ว่างานเป็นปริมาณสเกลาร์ และมีหน่วยเป็นจูล 4. บอกความหมายของงานของแรงที่เป็นบวก และงานของแรงที่เป็นลบได้ 5. คำนวณหางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัตถุในแนวตรงเมื่อกำหนดแรง และการกระจัดของวัตถุได้ ในกรณีที่ทิศการเคลื่อนที่อยู่ในแนวเดียวกับแรง 6. คำนวณหางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัตถุแนวตรงเมื่อกำหนดแรงและการกระจัดของวัตถุได้ ในกรณีที่ทิศการเคลื่อนที่ไม่อยู่ในแนวเดียวกับแรง	ให้นักเรียนทำ 1.ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ 2.แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน	1.ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ 2.แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน	1.นักเรียนสามารถทำใบกิจกรรมเชิงรุกตอนที่ 4 ลองคิดลองทำ ได้ถูกต้องร้อยละ 60 ขึ้นไป คือ 3 ข้อ จาก 5 ข้อ 2.นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานได้เพิ่มขึ้นจากคะแนนก่อนเรียน

ภาพที่ ค.8 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 8

การวัดผลและประเมินผล (ต่อ)

ประเด็นที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
(P)ด้านทักษะกระบวนการนักเรียนมีทักษะในการคิดคำนวณ	ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่	ใบกิจกรรมเชิงรุก1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่	ทำ ใบกิจกรรมเชิงรุก 1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ได้ร้อยละ 60

ภาพที่ ค.9 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ หน้าที่ 9

ภาคผนวก ง
ตารางและผลการคำนวณทางสถิติ

ตารางที่ ง.1 การวิเคราะห์ผู้เรียนรายบุคคลชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 วิชาฟิสิกส์ 1

เลขที่	ผลการเรียนที่ผ่านมา	กลุ่มคัดกรอง		
		เก่ง	ปานกลาง	อ่อน
1	2.5		✓	
2	2.5		✓	
3	2		✓	
4	2		✓	
5	2.5		✓	
6	2		✓	
7	2		✓	
8	3	✓		
9	4	✓		
10	2.5		✓	
11	3	✓		
12	4	✓		
13	3	✓		
14	3	✓		
15	3	✓		
16	2		✓	
17	3	✓		
18	1			✓
19	2.5		✓	
20	2.5		✓	
21	2		✓	
22	1			✓
23	1.5			✓

เกณฑ์การคัดกรองนักเรียน

ผลการเรียนระดับ 3- 4 จัดอยู่ในกลุ่มเก่ง

ผลการเรียนระดับ 2 – 2.5 จัดอยู่กลุ่มปานกลาง

ผลการเรียนระดับ 0 – 1.5 จัดอยู่ในกลุ่มอ่อน

สรุป นักเรียน ห้อง ม.4/1 มีจำนวนทั้งหมด 23 คน คัดกรองออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มเก่ง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 34.78
2. กลุ่มปานกลาง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 52.18
3. กลุ่มอ่อน จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.04

ตารางที่ ง.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานของแบบทดสอบแบบปรนัย

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (16)	คะแนนหลังเรียน (16)	$< g >$	แปรผล
1	5	7	0.18	low gain
2	4	4	0.00	low gain
3	4	7	0.25	low gain
4	1	7	0.40	medium gain
5	3	5	0.15	low gain
6	3	10	0.54	medium gain
7	1	6	0.33	medium gain
8	4	10	0.50	medium gain
9	6	11	0.50	medium gain
10	4	7	0.25	low gain
11	7	8	0.11	low gain
12	3	11	0.62	medium gain
13	2	6	0.29	low gain
14	4	8	0.33	medium gain
15	7	9	0.22	low gain
16	5	7	0.18	low gain
17	5	7	0.18	low gain
18	7	9	0.22	low gain
19	8	11	0.38	medium gain
20	4	5	0.08	low gain
21	2	8	0.43	medium gain

ตารางที่ ง.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิด เรื่องงานและพลังงานของแบบทดสอบแบบปรนัย (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (16)	คะแนนหลังเรียน (16)	$< g >$	แปรผล
22	3	9	0.46	medium gain
23	4	7	0.25	low gain
เฉลี่ย	**4.17**	**7.78**	**0.31**	**medium gain**

ตารางที่ ง.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องงานและพลังงานของแบบทดสอบแบบอัตนัย

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (10)	คะแนนหลังเรียน (10)	$< g >$	แปรผล
1	0	2	0.20	low gain
2	0	0	0.00	low gain
3	0	2	0.20	low gain
4	0	2	0.20	low gain
5	0	0	0.00	low gain
6	0	4	0.40	medium gain
7	0	2	0.20	low gain
8	0	3	0.30	medium gain
9	0	3	0.30	medium gain
10	0	1	0.10	low gain
11	0	1	0.10	low gain
12	0	3	0.30	medium gain
13	0	3	0.30	medium gain
14	0	4	0.40	medium gain
15	0	7	0.70	high gain
16	1	2	0.11	low gain
17	0	3	0.30	medium gain
18	0	1	0.10	low gain
19	0	1	0.10	low gain
20	0	3	0.30	medium gain
21	0	2	0.20	low gain
22	0	1	0.10	low gain
23	0	2	0.20	low gain
เฉลี่ย	**0.04**	**2.26**	**0.22**	**low gain**

ตารางที่ ง.4 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างของแบบทดสอบปรนัย

	Post-test Score	Pre-test Score
Mean	7.782608696	4.173913043
Variance	3.90513834	3.604743083
Observations	23	23
Pearson Correlation	0.386098476	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	22	
t Stat	8.058217902	
P(T<=t) one-tail	2.61633E-08	
t Critical one-tail	1.717144335	
P(T<=t) two-tail	5.23267E-08	
t Critical two-tail	2.073873058	

ตารางที่ ง.5 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างของแบบทดสอบอัตนัย

	Post-test Score	Pre-test Score
Mean	2.260869565	0.043478261
Variance	2.292490119	0.043478261
Observations	23	23
Pearson Correlation	0.037558731	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	22	
t Stat	6.922761235	
P(T<=t) one-tail	2.98227E-07	
t Critical one-tail	1.717144335	
P(T<=t) two-tail	5.96454E-07	
t Critical two-tail	2.073873058	

ตารางที่ ง.6 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบแต่รายข้อ

ข้อที่	คะแนนก่อนเรียน	%pre-test	คะแนนหลังเรียน	%post-test	$< g >$	แปรผล
1	16	69.57	22	95.65	0.86	high gain
2	6	26.09	16	69.57	0.59	medium gain
3	7	30.43	15	65.22	0.50	medium gain
4	3	13.04	7	30.43	0.20	low gain
5	2	8.70	13	56.52	0.52	medium gain
6	5	21.74	13	56.52	0.44	medium gain
7	2	8.70	3	13.04	0.05	low gain
8	7	30.43	15	65.22	0.50	medium gain
9	2	8.70	3	13.04	0.05	low gain
10	5	21.74	8	34.78	0.17	low gain
11	4	17.39	14	60.87	0.53	medium gain
12	6	26.09	12	52.17	0.35	medium gain
13	7	30.43	11	47.83	0.25	low gain
14	5	21.74	3	13.04	-0.40	negative gain
15	13	56.52	18	78.26	0.50	medium gain
16	6	26.09	6	26.09	0.00	low gain

ตารางที่ ง.7 คะแนนก่อนเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบอัตนัย

คนที่/ข้อที่	1	2	รวม
1	0	0	0
2	1	0	1
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	1	1
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	1	1
รวม	1	2	

ตารางที่ ง.8 คะแนนหลังเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบอัตนัย

คนที่/ข้อที่	1	2	รวม
1	2	0	2
2	0	0	0
3	2	0	2
4	2	0	2
5	0	0	0
6	2	2	4
7	2	0	2
8	2	1	3
9	2	1	3
10	1	0	1
11	1	0	1
12	2	1	3
13	2	1	3
14	2.5	1	3.5
15	2	5	7
16	2	0	2
17	2	1	3
18	1	0	1
19	1	0	1
20	2	1	3
21	2	0	2
22	1	0	1
23	2	0	2
รวม	37.5	14	

ตารางที่ ง.9 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของแบบทดสอบแบบอัตนัย

ข้อที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	<g>	แปลผล
1	0.04	1.63	0.32	Medium gain
2	0.09	0.61	0.11	Low gain

ตารางที่ ง.10 การหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบแบบปรนัยกับจุดประสงค์

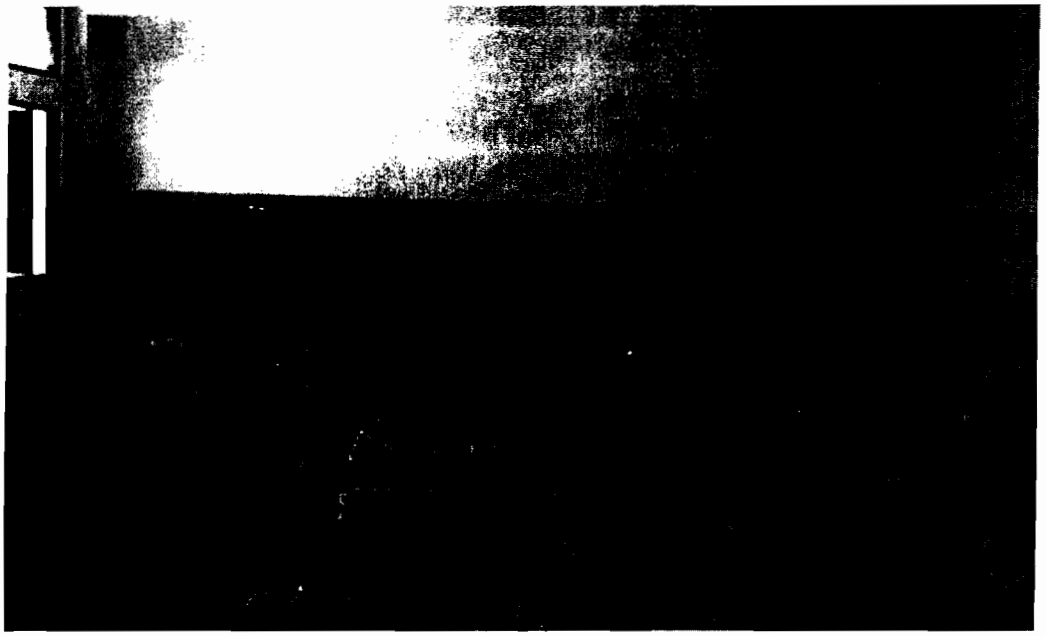
ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9	1	1	0	0.67	ใช้ได้
10	1	1	1	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16	1	1	0	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ ง.11 ค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบแบบอัตนัยกับจุดประสงค์

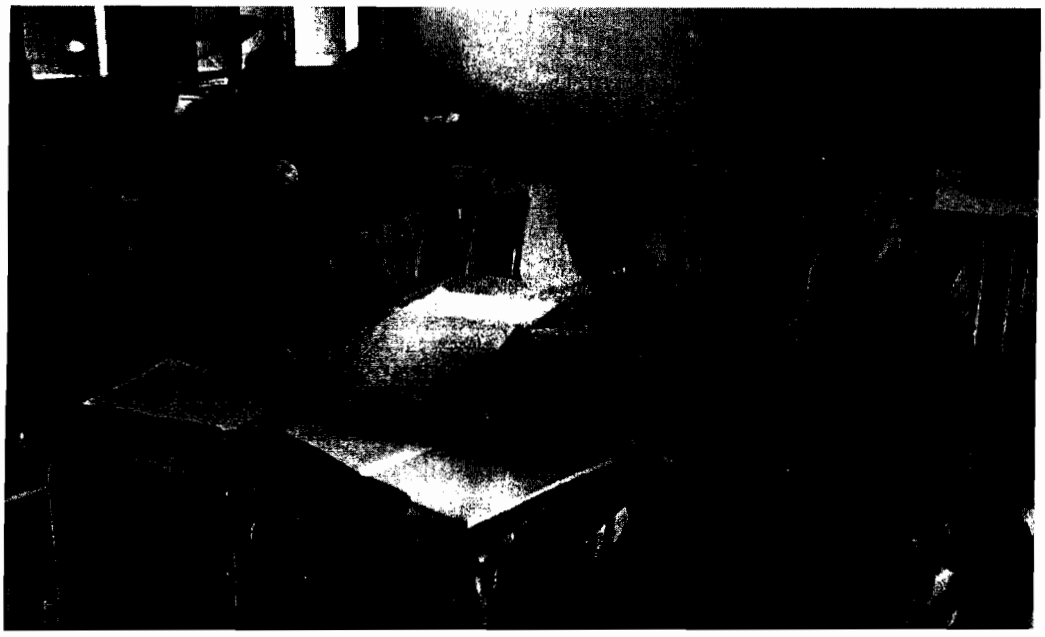
ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ภาคผนวก จ
ภาพประกอบการทำกิจกรรม

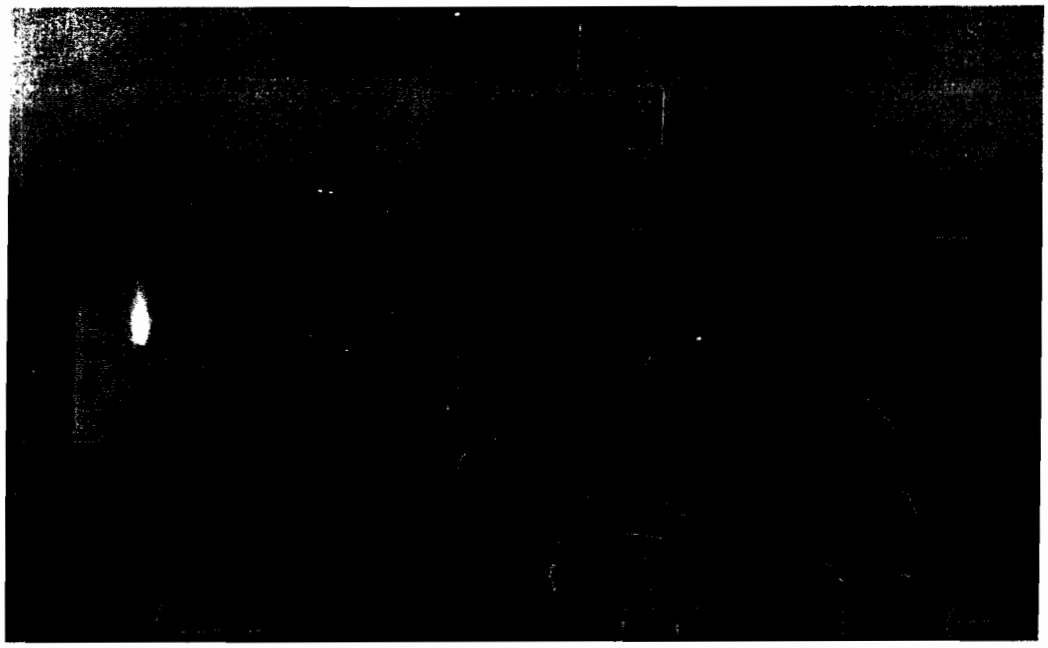
ภาพที่ จ.1 ทดสอบก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้



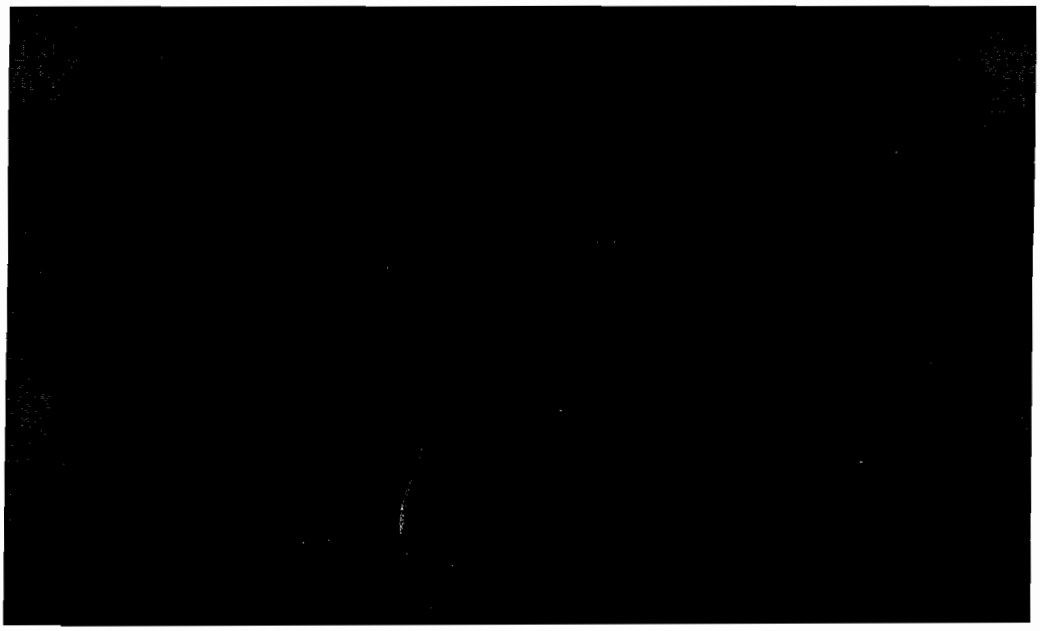
ภาพที่ จ.2 ทดลองโยนลูกบอลในการทำนายคำตอบว่างานเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์



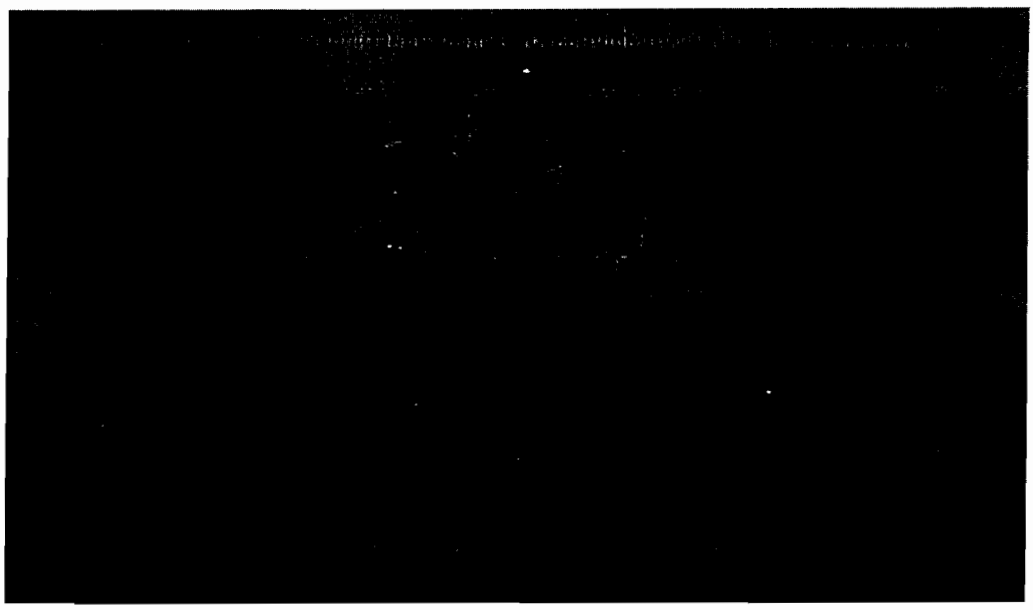
ภาพที่ จ.3 นักเรียนทำใบกิจกรรมเชิงรุกและทำกิจกรรมในใบกิจกรรมเชิงรุก1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่



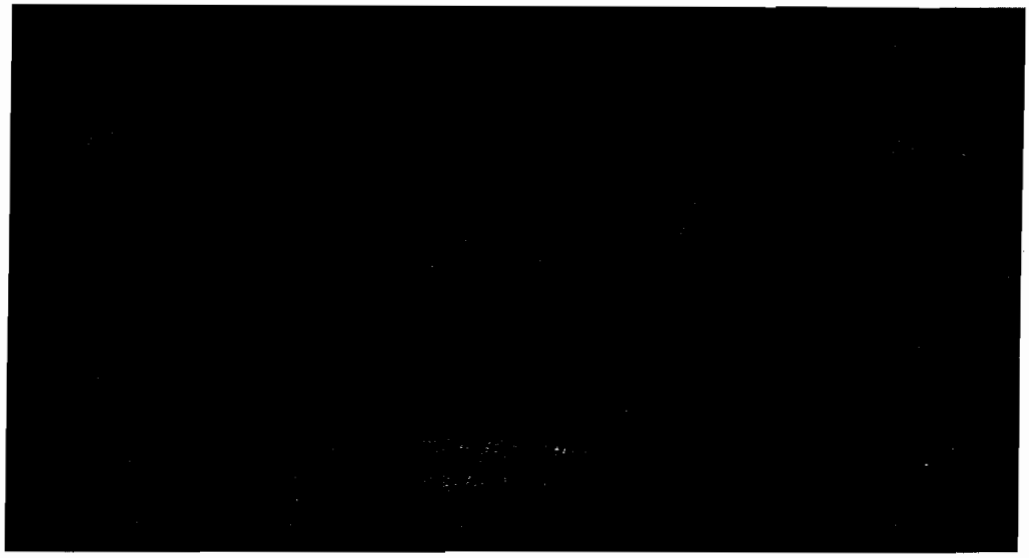
ภาพที่ จ.4 นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาแรงและงานบนกระดาน



ภาพที่ จ.5 นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหางานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟบนกระดาน



ภาพที่ จ.6 ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 1
งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของนักเรียน

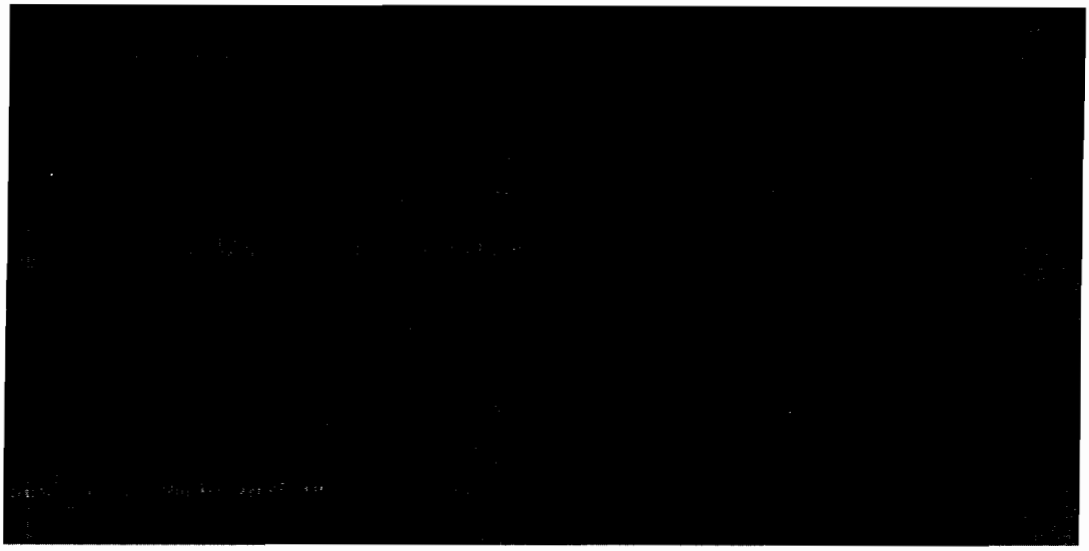


ภาพที่ จ.7 ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 2 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 1
งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของนักเรียน

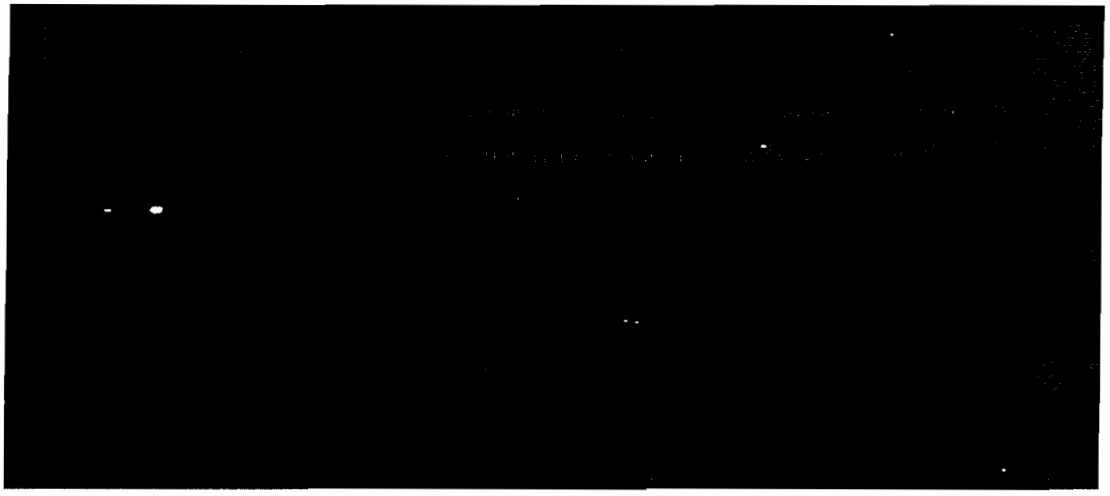
ภาพที่ จ.8 ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 2
งานเนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟของนักเรียน

ภาพที่ จ.9 ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์

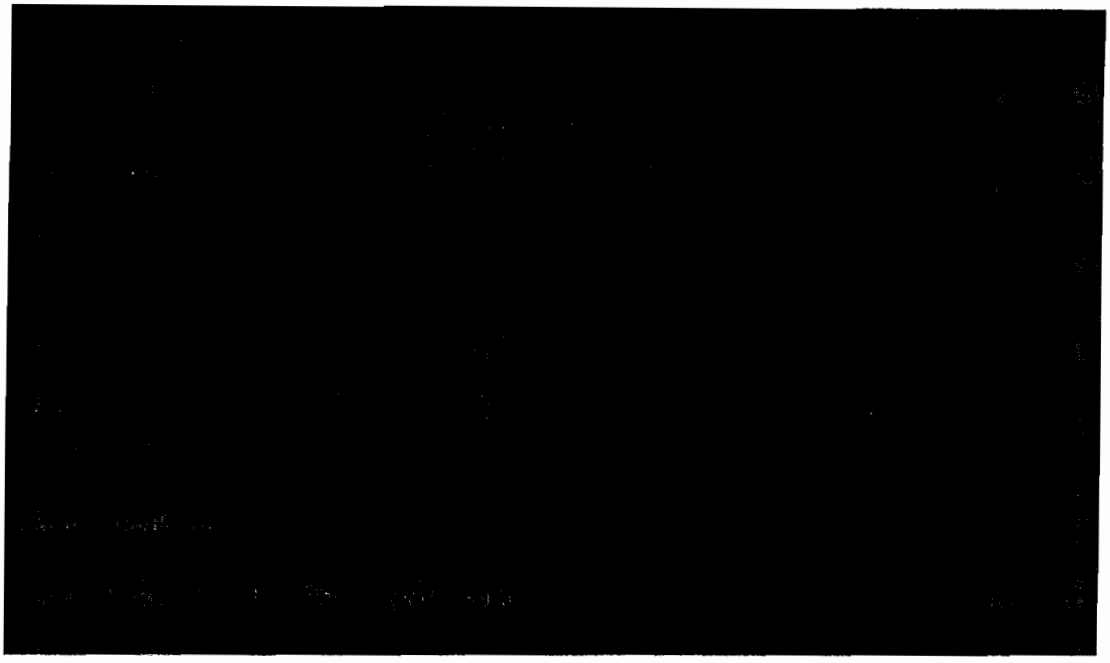
ภาพที่ จ.10 ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 4 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์



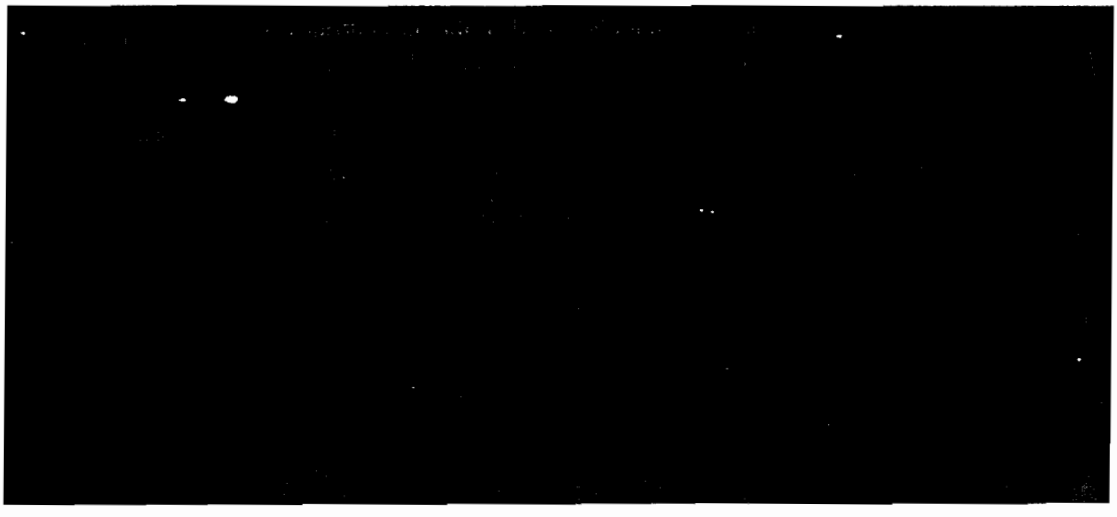
ภาพที่ จ.11 ผลงานนักเรียนตอนที่ 2 สาระน่ารู้ ในใบกิจกรรมเชิงรุก 3 พลังงานจลน์



ภาพที่ จ.12 ผลงานนักเรียนตอนที่ 4 ลองคิดลองทำ ในใบกิจกรรมเชิงรุก พลังงานจลน์



ภาพที่ จ.13 ผลงานนักเรียนสถานการณ์ที่ 1 ในใบกิจกรรมเชิงรุก 4 พลังงานศักย์



ภาพที่ จ.14 ผลงานนักเรียนตอนที่ 4 ลองคิดลองทำ ในใบกิจกรรมเชิงรุก 4 พลังงานศักย์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวลัญจกร ทองเรือง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 – 2549 มหาวิทยาลัยทักษิณ
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
	พ.ศ. 2550 มหาวิทยาลัยทักษิณ
	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน
	ครูโรงเรียนเคียนซาพิทยาคม อำเภอเคียนซา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเคียนซาพิทยาคม อำเภอเคียนซา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
	อีเมล์ bobo_phy@hotmail.com