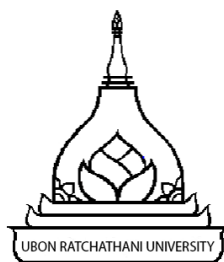




การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่

พิชิตพล เฟ่งพิศ

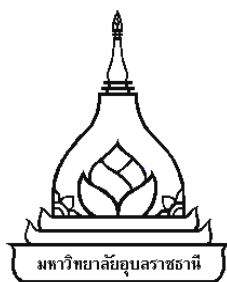
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



DEVELOPMENT OF STUDENTS' CONCEPTS OF FORCE AND
MOTION BY LEGO-BASED PHYSICS INSTRUCTION

PICHITPON PENGPIIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
UBONRATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF UBONRATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่

ผู้วิจัย นายพิชิตพล เพ่งพิศ

คณะกรรมการสอบ

ดร.จันทวัฒน์ ตันอมตยรัตน์	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม)

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีได้ ด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม ซึ่งได้ให้คำปรึกษา พิจารณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ด้วยดี เสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.จันทวัฒน์ ตันอมตยรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา ที่ให้ความกรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานีทุกท่าน ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ศิษย์ ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ ครู บุคลากร โรงเรียนประสาทวิทยาคาร ที่เล็งเห็นคุณค่าของการศึกษา และงานวิจัย ให้ความเอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการดำเนินการวิจัย ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างและให้ความร่วมมือในการวิจัย ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ กลุ่ม PENThai มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้อนุเคราะห์แบบประเมินความเข้าใจ FMCE (ฉบับภาษาไทย)

สุดท้ายผลอันจะเป็นประโยชน์ ความดีงามทั้งปวงที่เกิดจากการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่ คุณพ่อและคุณแม่ที่เคารพยิ่ง

พิชิตพล เฟ่งพิศ

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่
 ผู้วิจัย : พิชิตพล เพ่งพิศ
 ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
 สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา
 อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม
 คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้, แบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและวัดความก้าวหน้าทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดที่ได้จากเลโก้ และแบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ค่าสถิติในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน และค่าความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยทั้งชั้นเรียน $t = 0.57$ อยู่ในระดับปานกลาง นักเรียนมีตัวแทนความคิดที่แตกต่างกันเนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์ต่างกันหลังการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ โดยตัวแทนความคิดที่สมบูรณ์สามารถช่วยพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF STUDENTS' CONCEPTS OF FORCE AND MOTION BY
LEGO-BASED PHYSICS INSTRUCTION

AUTHOR : PICHITPON PENGPIIT

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASSISTANT PROFESSORSURA WUTTIPTROM, PhD

KEYWORDS : LEGO BASED PHYSICS INSTRUCTION, FORCE AND MOTION
CONCEPTUAL EVALUATION

The purpose of this research was to develop students' concepts and normalized gain of force and motion by the use of LEGO-based physics teaching. The participants in this one group pre-test and post-test study were 36 purposively-selected grade 10 students from Prasatwittayakarn School, Prasat, Surin in the second semester of the 2015 academic year. The research tools consisted of force and motion learning activities based on LEGO and a force and motion conceptual evaluation test. Data were analyzed by average percentages, standard deviations, dependent sample t-test, and normalized gain. Results showed that the mean post-test score was statistically higher than that of the pre-test at a significant level of 0.05. Moreover, the average normalized gain of the class ($\langle g \rangle = 0.57$) was at the medium level. After the use of LEGO-based physics instruction, students had different mental representations due to their different experiences. A complete mental representation may develop their concept of force and motion effectively.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิด (Concept)	6
2.2 ตัวแทนความคิด (Mental Representation)	7
2.3 วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict Observe Explain: POE)	9
2.4 แบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE)	11
2.5 ความก้าวหน้าในการแก้โจทย์ปัญหา (Normalized gain)	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างและแบบแผนการวิจัย	15
3.2 เครื่องมือวิจัย	16
3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล	28
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	
4.1 วิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิด	31
4.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน	32
4.3 วิเคราะห์ตัวแทนความคิดของนักเรียน	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	
ก ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้เรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่”	52
ข แบบประเมินแนวคิด FMCE (ฉบับภาษาไทย)	70
ค คะแนนนักเรียน	77
ง ตัวอย่างรูปกิจกรรม	82
ประวัติผู้วิจัย	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	กลุ่มแนวคิดคำถามจากแบบประเมินแนวคิด FMCE	29
4.1	ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบที (t-test) และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแบบประเมินแนวคิด FMCE ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน 36 คน	31
ค.1	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากแบบประเมินความเข้าใจ FMCE 33 ข้อ	78
ค.2	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของข้อสอบ FMCE แต่ละข้อของนักเรียน 36 คน	80
ค.3	ร้อยละก่อนเรียนและหลังเรียนของข้อสอบ FMCE แต่ละกลุ่มคำถาม	81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	รถทดลอง	16
3.2	ปล่อยลูกบอลตกอย่างอิสระ (Ball Drop) โดยใช้โปรแกรม Tracker	17
3.3	การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบทางต่อหัวซึ่งเวกเตอร์ทั้งสองตั้งฉากกัน	18
3.4	การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบทางต่อหัวซึ่งเวกเตอร์ทั้งสองไปทางเดียวกัน	18
3.5	การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบทางต่อหัวซึ่งเวกเตอร์ทั้งสองไปสวนทางกัน	18
3.6	การกระจัด ($\vec{r}$) คงที่	19
3.7	การกระจัด ($\vec{r}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ	19
3.8	การกระจัด ($\vec{r}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ	20
3.9	ความเร็ว ($\vec{v}$) คงที่	20
3.10	ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ	21
3.11	ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ	21
3.12	ความเร่ง ($\vec{a}$) คงที่	22
3.13	ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ	22
3.14	ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ	23
3.15	สถานการณ์ที่ 3 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านขวา ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที	23
3.16	เลโก้ที่ใช้สร้างตัวแทนความคิด	24
3.17	เลโก้ความเร็วของสถานการณ์ที่ 4	24
3.18	ตัวแทนความคิดของความเร็วบนสถานการณ์ที่ 4	25
3.19	เลโก้ความเร่งของสถานการณ์ที่ 4	25
3.20	ตัวแทนความคิดของความเร่งในสถานการณ์ที่ 4	25
3.21	ความสัมพันธ์ของการกระจัด-เวลา ความเร็ว-เวลา และความเร่ง-เวลา ของสถานการณ์ที่ 4	26
3.22	ตัวอย่างของของมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ (University of Colorado Boulder)	27
4.1	ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน	33
4.2	ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.3	ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายแนวคิด	35
4.4	ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ	36
4.5	คำถามข้อที่ 15 และ 21 ของแบบประเมินแนวคิด FMCE	37
4.6	ผลการจัดกลุ่มและตรวจสอบความถูกต้องในการใช้ตัวแทนความคิดของแนวคิด A. Force Sled B. et al.	39
4.7	ตัวอย่างการเขียนตัวแทนความคิดของแนวคิด Force Sled A. นักเรียนที่ 8 B. นักเรียนคนที่ 11	40
4.8	ตัวอย่างการเขียนตัวแทนความคิดของแนวคิด Force Graphs A. นักเรียนที่ 8 B. นักเรียนคนที่ 11	42
ง.1	การจัดการเรียนการสอนของครู	83
ง.2	นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้	84
ง.3	นักเรียนถ่ายภาพตัวแทนความคิดจากเลโก้	85
ง.4	นักเรียนทำแบบทดสอบ FMCE	86

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีธรรมชาติของเนื้อหาเกี่ยวข้องกับกฎและทฤษฎี ซึ่งนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในชั้นเรียนส่วนใหญ่เน้นการท่องตำราเรียนและทำแบบฝึกหัดมากกว่าการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ลักษณะเฉพาะของวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีความเชื่อมโยงต่อเนื่อง ซับซ้อน และบางเนื้อหาเป็นนามธรรมซึ่งมักจะเป็นปัญหาในการเรียนจึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าฟิสิกส์คล้ายกับคณิตศาสตร์เพราะส่วนใหญ่จะใช้สมการสำหรับการคำนวณ แทนค่าเพื่อให้ได้คำตอบ (Adadan, E., Irving, K. E. and Trundle, K. C., 2009) นักเรียนไม่สามารถนำหลักการทางฟิสิกส์ไปอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ เช่น การปล่อยวัตถุให้ตกอย่างเสรีลงสู่พื้น นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่า มีปริมาณทางฟิสิกส์ใดบ้างเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ เมื่อให้นักเรียนเขียนกราฟระหว่างการกระจัดกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา และกราฟความเร่งกับเวลา นักเรียนไม่สามารถเขียนหรืออธิบายความสัมพันธ์ที่เป็นนามธรรมได้ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ (รุจิระ การิสุข, 2554) การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism การสร้างองค์ความรู้โดยเน้นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่ได้มาจะมาจากการสังเกตและประสบการณ์ของผู้เรียน และผู้เรียนสร้างความรู้จากประสบการณ์เดิม การใช้กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างอิสระของผู้เรียน ฝึกให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้มากกว่าการรับความรู้และเรียนรู้จากการปฏิบัติของตนเองโดยอาศัยประสบการณ์ การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism นั้น ครูมีความจำเป็นที่จะต้องทราบความรู้เดิมของนักเรียนและความเข้าใจแนวความคิด (Concept) ของนักเรียนในเนื้อหาที่เรียนเรื่องนั้นๆ ซึ่งวิธีการที่จะเข้าใจในสิ่งนั้นอาจทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทดสอบ การสอบถาม การสัมภาษณ์ การทำให้นักเรียนสื่อสารสิ่งที่พวกเขาคิดออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น การเขียนคำอธิบาย การเขียนแผนภาพ การบรรยายด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง และการวาดภาพพร้อมคำอธิบายนั้น เป็นสิ่งที่เรียกว่า ตัวแทนความคิด (Mental Representation) (สงกรานต์ มูลศรีแก้ว, 2554) ของนักเรียน

การสร้างตัวแทนความคิด (Mental Representation) เป็นกระบวนการที่นักเรียนสร้างความเข้าใจแนวคิด เพื่ออธิบายความเข้าใจของนักเรียนอาจใช้ภาษาในการบอกหรืออธิบายความหมายเบื้องต้น เช่น สี รูปร่างของวัตถุ แต่ถ้าอธิบายสิ่งต่างๆ ที่ซับซ้อนขึ้นบางครั้งอาจใช้มากกว่าภาษาทั่วไป

เช่น แผนที่ ภาพประกอบ แผนภาพไดอะแกรม กราฟ แผนภูมิแท่ง และสมการทางคณิตศาสตร์ ตัวแทนความคิดส่วนมากที่ใช้แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ยากๆ มักเขียนอธิบายในรูปของ free-body diagram ให้ครบถ้วนและถูกต้องจะช่วยให้หาคำตอบได้ง่ายขึ้น (Kohl et al., 2007) การคิดเป็นทักษะพื้นฐานของบุคคล เนื่องจากเป็นทักษะที่ต้องนำไปใช้ต่อยอดกับทักษะอื่นๆ ที่มีความซับซ้อนและยากขึ้น นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ทักษะการคิดต้องอาศัยความเข้าใจ การอธิบาย การขยายความ และการสรุป (นัชชา แดงงาม, 2557) การเปลี่ยนแปลงความคิดมีพื้นฐานตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่อธิบายถึงกระบวนการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ หรือสร้างประสบการณ์ด้วยตนเอง เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน โดยรูปแบบการสอนหรือวิธีการสอนที่มีพื้นฐานตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ปัจจุบันมีหลายรูปแบบหลายวิธี ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ซึ่งเป็นอีกวิธีที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิม White and Gunstone (1992) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง หลังจากนักเรียนทำนายแล้วก็ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าว โดยนักเรียนต้องลงมือทดลอง สังเกต หรือหาวิธีพิสูจน์เพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นนักเรียนบอกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ด้วยตนเอง และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการอธิบายถึงความแตกต่างสิ่งที่ได้ (วนิษา ประยูรพันธ์, 2554) จากการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้

มีงานวิจัยที่แสดงถึงการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เช่น (Rakkapao et al., 2014) ได้จัดการเรียนการสอนโดยอาศัยวิธี POE ที่ใช้สื่อมัลติมีเดียเป็นพื้นฐานร่วมกับการบรรยายในห้องเรียนขนาดใหญ่สำหรับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบบรรยายที่มีการตีโจทย์หาคำตอบสำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี POE กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ที่มีการตีโจทย์หาคำตอบ โดยหวั่นข้อความเป็นเรื่องที่วิธีการสอนแบบ POE ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุด การพัฒนาความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (รุจิระ การิสุข, 2554) ผู้วิจัยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช พบว่า ความคาดหวังเพื่อขึ้นเล็กน้อยด้วยดัชนีประสิทธิผล 0.03 ผลของแบบทดสอบแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation ; FMCE) นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.39 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากข้อมูลดังกล่าว การศึกษาตัวแทนความคิดนั้นเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อครูผู้สอน เนื่องจากครูจะได้เข้าใจในแนวความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ อย่างลึกซึ้ง เมื่อครูเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนการจัดการสอนแล้วครูก็จะสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับแนวคิดของนักเรียนและทำให้นักเรียนสร้างแนวคิดใหม่โดยอาศัยความรู้จากประสบการณ์เดิมและการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นบนพื้นฐานตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ซึ่งการจัดการเรียนการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ผู้วิจัยเป็นผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะการคิดส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำแบบทดสอบที่ซับซ้อนและเชื่อมโยงได้ แนวคิดฟิสิกส์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่เป็นพื้นฐานของหลายๆ เนื้อหาที่นำไปต่อยอด ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้และวัดแนวคิดของนักเรียนด้วยแบบประเมินมาตรฐานเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conception Evaluation ; FMCE) ซึ่งจะนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการแก้ไขปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและความก้าวหน้าทางการเรียนเรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่” ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โดยใช้แบบประเมินแนวคิดเรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่” (Force and Motion Conception Evaluation: FMCE) ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ตั้งแต่วันที่ 14–24 ธันวาคม 2558 ใช้เวลาในการทดลอง 4 ชั่วโมง

1.3.2 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนประสาทวิทยาคาร ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ครอบคลุม 2 แนวคิด คือ กฎข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงความเข้าใจการใช้ตัวแทนความคิดในการพัฒนาแนวคิดเรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่”

1.4.2 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ POE เรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่” เพื่อนำไปสู่การพัฒนาวิธีการสอนและกิจกรรมการสอนต่อไป

1.4.3 ใช้ผลจากการศึกษามาพัฒนาการสอนในหัวข้อต่างๆ ที่สามารถใช้ตัวแทนความคิดในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิด ซึ่งนักเรียนที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างตัวแทนความคิดได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้มีความเข้าใจแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ตัวแทนความคิด เป็นสิ่งที่มนุษย์ใช้เป็นตัวแทนเพื่อที่จะสื่อสารหรือแสดงออกทางความคิด ความเข้าใจในสิ่งต่างๆ เป็นสื่อตัวแทนของความคิดนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้นมาซึ่งอาจจะแสดงออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่นการเขียนคำอธิบาย แผนภาพ รูป การแสดงท่าทาง การทำแบบจำลอง ฯลฯ

1.5.2 นักเรียน เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ 1 (ว31201) จำนวน 36 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ

1.5.3 แบบประเมินแนวคิด FMCE เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน (Force and Motion Conception Evaluation: FMCE) ที่ถูกออกแบบโดย Thornton and Sokoloff ซึ่งผ่านการแปลและประเมินคุณภาพโดยกลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา PENThai ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ฉบับปรับปรุงปี 2553) ซึ่งเลือกใช้ 33 ข้อ จากทั้งหมด 47 ข้อ ครอบคลุมแนวคิดเรื่อง กฎข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ในส่วนของกระดาษคำตอบจะเว้นที่ว่างให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิดของแต่ละข้อ

1.5.4 ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้ คือ ชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยออกแบบชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ ขึ้นโดยปรับปรุงมาจาก Describing Motion with Diagrams ของ (The Physics Classroom, 2009) ผู้วิจัยสร้างชุดกิจกรรมขึ้นมาและผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือของการวิจัย (Trustworthiness) มากยิ่งขึ้นจากการตรวจสอบของอาจารย์ที่ปรึกษาให้เพิ่มสถานการณ์ให้หลากหลายขึ้นให้สอดคล้องกับแบบประเมิน FMCE และมีพื้นที่ว่างให้นักเรียนฝึกเขียนตัวแทนความคิดที่เป็นเวกเตอร์ของความเร็ว ความเร่ง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด-เวลา ($\vec{s}$ -t) ความเร็ว-เวลา ($\vec{v}$ -t) และ

ความเร่ง-เวลา ($\ddot{a} - t$) ของแต่ละสถานการณ์ และมีคำถามในท้ายชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้

1.5.5 การจัดการเรียนรู้แบบ POE คือ วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่โดยอาศัยความรู้จากประสบการณ์เดิมและการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ซึ่งความรู้ที่ได้ นักเรียนจะสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดของตนเองออกมาอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.5.5.1 ขั้นทำนาย (Predict: P) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำนายผลจากสถานการณ์ปัญหา

1.5.5.2 ขั้นสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเองและสังเกตผลการทดลองเพื่อหาคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

1.5.5.3 ขั้นอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนอธิบายถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างคำทำนายและผลการสังเกต ซึ่งผู้เรียนจะสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนๆ เกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้ ก่อนที่จะลงมือเขียนอธิบายโดยให้เหตุผลประกอบ

1.5.6 การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้

1.5.7 ความเข้าใจแนวคิด คือ ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิสัย โดยวัดได้จากแบบประเมินแนวคิด FMCE

1.5.8 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain) คือ ความเข้าใจแนวคิดที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน ซึ่งประเมินผลด้วยวิธีของ Hake (1998) โดยพิจารณาจากผลต่างของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับโอกาสสูงสุดที่ผู้เรียนแต่ละคนจะสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้นได้ โดยใช้ Normalized gain วัดภาพรวมรายชั้นเรียน รายบุคคล รายแนวคิด และรายข้อ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ POE ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 แนวคิด (Concept)
- 2.2 ตัวแทนความคิด (Mental Representation)
- 2.3 วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict–Observe–Explain: POE)
- 2.4 แบบประเมินความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE)
- 2.5 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)

2.1 แนวคิด (Concept)

แนวคิด แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นคำศัพท์ภาษาไทยและนิยมใช้แตกต่างกันหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด แนวคิด มโนคติ มโนทัศน์ มโนภาพ มโนคติ สังกกับ และแนวความคิด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า แนวคิด มีนักการศึกษาหลายๆ ท่านได้ให้ความหมายของแนวคิด ไว้ดังนี้

เกียรติมณี บำรุงไร่ (2553) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์หมายถึงความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าเป็นความคิดโดยสรุปสิ่งของนั้นๆ

ศรีนภา ภาควงูมิ (2554) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์หมายถึงความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

รุ่งโรจน์ โคตรนารา (2555) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์หมายถึงความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวบุคคลที่จะตีความและสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเป็นผลที่เกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ หรือการได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เพื่ออธิบายคุณลักษณะของสิ่งนั้นและให้คำจำกัดความของเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้นเป็นคุณสมบัติหรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น

จากความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้ให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากข้อเท็จจริง หลักการสถานการณ์ต่างๆ หรือการเรียนรู้ที่มีความหมายแล้วนำมาประมวลเป็นความรู้ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลได้อย่างถูกต้อง และในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะวัดความเข้าใจแนวคิด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนด้วยแบบประเมินแนวคิด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE)

2.2 ตัวแทนความคิด (Mental Representation)

ตัวแทนความคิด เป็นพื้นฐานที่การทำงานด้านความคิดและกระบวนการคิด (Cognitive Process) ตัวแทนความคิดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายใน แต่สิ่งทั้งหลายเหล่านั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับสิ่งแวดล้อมที่สิ่งเหล่านั้นสร้างขึ้นแทนความรู้ ยิ่งกว่านั้นสิ่งเหล่านั้นจะต้องควบคุมการกระทำ กลยุทธ์และวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา สิ่งเหล่านั้นจะต้องสามารถใช้เพื่อสร้างคำทำนายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และสิ่งเหล่านั้นต้องช่วยในการแก้ปัญหา

สุชาติ วัฒนชัย (2547) ได้กล่าวว่า ตัวแทนความคิดคือ การอธิบาย การบรรยาย การเขียนภาพ สัญลักษณ์ สิ่งเหล่านี้เปลี่ยนสิ่งที่เรามองเห็น เข้าใจ และจินตนาการ มาเป็นตัวแทนซึ่งทำหน้าที่ในการอธิบายการรับรู้ของเรา และการใช้ตัวแทน คือ การใช้วัตถุจริงหรือแบบจำลองของจริง การวาดภาพ การสร้างตาราง การใช้สัญลักษณ์ มาช่วยในการนำเสนอความคิดความเข้าใจ

Teller, P. (2015) ได้กล่าวถึงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่าส่วนมากการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ภาษาในการแสดงกระบวนการคิดการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นบทความวิจัย ตำรา เอกสารและหนังสือ ล้วนต้องใช้ทักษะพิเศษด้านภาษา ความสามารถในการแยกแยะวัตถุ สมบัติ ลักษณะโดยทั่วไปใช้ภาษาในการอธิบายความหมายเบื้องต้น เช่น สี รูปร่างของวัตถุที่ใช้แยกแยะวัตถุ แต่ถ้าจะอธิบายสิ่งที่ซับซ้อนขึ้น อาจใช้ทักษะอื่นมากกว่าทักษะด้านภาษาทั่วไป ทักษะอื่นนั้นอาจเกี่ยวข้องกับการรับรู้และมีได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้แผนที่ ภาพประกอบ แผนผัง กราฟ และบางอย่างไม่สามารถมองเห็นได้อาจใช้จินตนาการ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้ฟังก์ชัน หรือสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาอธิบาย

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ที่ได้กล่าวว่า ตัวแทนความคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกมา อาจเป็นวัตถุทางกายภาพ สิ่งที่เป็นรูปธรรม ระบบ แบบตัวอย่างแผนภาพ รูปภาพ บรรยาย หรือสมการ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

สงกรานต์ มูลศรีแก้ว (2553) ได้กล่าวว่า ตัวแทนความคิด คือ ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นของทุกสิ่งในโลกนี้และสามารถอธิบายได้ด้วยวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ซึ่งตัวแทนความคิดจะ

แสดงออกมาตามความเข้าใจของแต่ละคนซึ่งการแสดงออกมานั้นอาจเป็นการแสดงออกมาทางคำพูด ข้อความภาพวาด ตาราง สัญลักษณ์ หรือแบบจำลอง

Brewer, WF. 1999 ได้วิเคราะห์ลักษณะของตัวแทนความคิดเป็นพหุลักษณะ (Pluralistic view) ของสิ่งที่สร้างขึ้นแทนความรู้ภายในสมอง (Mental Representation) ผ่านการวิเคราะห์ในทางจิตวิทยาไว้ 4 ลักษณะได้แก่ Images Schemata Naïve Theories และ Mental Model ดังนี้

(1) ภาพ (Images) คือ การมองตัวแทนความรู้เป็นภาพที่มีอยู่ในสมองซึ่งเป็นการรับรู้ส่วนบุคคล

(2) สกีมา (Schemata) คือ โครงสร้างทางความคิดในสมอง โดยมีการจัดระบบข้อมูลความรู้และประสบการณ์เป็นกลุ่มข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่ในตัวผู้เรียน ซึ่งจะมีประโยชน์ในการจัดการกับข้อมูลใหม่ที่จะเข้ามา และจะถูกนำมาใช้เมื่อเราพยายามทำความเข้าใจเรื่องราวใหม่ๆ ทำให้เกิดการคาดคะเน การตีความ การปรับปรุงข้อมูลใหม่ให้สอดคล้องกับโครงสร้างที่มีอยู่แล้ว และประมวลข้อมูลเก่าและใหม่รวมเป็นโครงสร้างใหม่ไว้ใช้ต่อไป เป็น Schemata ใหม่ที่มีความซับซ้อน

(3) ทฤษฎีแบบเด็ก (Naïve theories) เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงตัวแทนความคิด ในเด็กและคนที่ไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ การอธิบายทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะแสดงออกเป็นทางการมากกว่า ซึ่งได้แก่ กรอบแนวคิดเลือก (Alternative framework) มโนคติที่คลาดเคลื่อน (misconception) หรือ มโนคติทางเลือก (Alternative concept)

(4) รูปแบบการทำความเข้าใจ (mental model) คือ สิ่งที่แสดงถึงความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่อาจสื่อออกมาในรูปของการบรรยาย การอธิบาย การวาดรูป การประดิษฐ์ การสร้างวัสดุอุปกรณ์และอื่นๆ หรืออะไรก็ได้แสดงถึงความเข้าใจเรื่องนั้นๆ ซึ่ง mental model ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเรียนรู้และอายุของบุคคลนั้นๆ

จากความหมายของตัวแทนความคิดที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้ให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่าตัวแทนความคิด (Mental Representation) คือ การอธิบาย การบรรยาย การเขียนภาพ สัญลักษณ์ สิ่งเหล่านี้เปลี่ยนสิ่งที่เรามองเห็น เข้าใจ และจินตนาการ มาเป็นตัวแทน ซึ่งทำหน้าที่ในการอธิบายการรับรู้ของเรา การใช้ตัวแทนคือการใช้วัตถุจริงหรือแบบจำลองของจริง การวาดภาพ การสร้างตาราง การใช้สัญลักษณ์มาช่วยในการนำเสนอความคิดความเข้าใจ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยให้นักเรียนสื่อสารที่นักเรียนคิดออกมาผ่านการเขียน และการวาดรูป เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์ข้อมูลและจัดกลุ่มตัวแทนความคิดของนักเรียนอีกครั้ง

2.3 วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict Observe Explain: POE)

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ POE เป็นรูปแบบหนึ่งในวิธีการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่และอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิม

White and Gunstone (1992) ได้กล่าวว่า วิธีการสอนแบบ POE เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่า จะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง หลังจากนักเรียนทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าว โดยให้นักเรียนลงมือทดลอง สังเกต หรือหาวิธีพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จากการสืบเสาะหาความรู้ ด้วยตัวนักเรียนเอง และขั้นสุดท้ายนักเรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้ ซึ่งวิธีการสอนแบบ POE ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นตอนของการ Predict คือ จะเป็นการทำนายว่าผลที่จะเกิดจากการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ที่กำหนดให้จะเป็นอย่างไรบ้าง โดยที่นักเรียนจะต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำนาย ของนักเรียนประกอบด้วย

(2) ขั้นตอนของการ Observe เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องลงมือทดลอง พิสูจน์หาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา

(3) ขั้นตอนของการ Explain เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะเกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่างสิ่งที่ทำนาย และผลจากการหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่าถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลอง กิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาไม่เป็นไปตามที่ทำนายผลไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเองนักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อนในการหาคำตอบ

ณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ได้ศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องแสงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ POE ใบกิจกรรม POE แบบสอบถามซึ่งเป็นแบบสอบถามประกอบด้วยคำถามปลายเปิด และการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการโดยตัวแทนความคิดของนักเรียนจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มๆ ตามเหตุผลของนักเรียนที่ใช้อธิบายเรื่องแสง ผลการวิจัยพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธี POE เกี่ยวกับเรื่องแสงในหัวข้อทางเดินของแสงนักเรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดว่าแสงเป็นอนุภาคมีสมบัติเหมือนของเหลวแต่นักเรียนบางส่วนมีตัวแทนความคิดว่า แสงเป็นคลื่นและเดินทางเป็นเส้นตรง และแสงเป็นอนุภาคเคลื่อนที่แบบหมุน

หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงแสดงสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค

สงกรานต์ มูลศรีแก้ว (2553) ได้ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่องของไหล บนพื้นฐานคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนคานาคีพิทยาคม อำเภอโพธารอง จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 30 คน ทำการศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดของนักเรียนเรื่องของไหล และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม เพื่อนำมาตีความ และจัดกลุ่มตัวแทนความคิดของนักเรียนโดยเทียบกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อน และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ POE ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีตัวแทนความคิดที่แสดงออกแตกต่างกัน แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยวิธี POE ในภาพรวมนักเรียนมีตัวแทนความคิดที่แสดงออกมาได้ใกล้เคียงกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

เกียรติภูมิ บำรุงไร่ (2553) ทำการวิจัยเพื่อสำรวจมโนคติทางเลือกเรื่องแรงและการเคลื่อนที่และพัฒนาโน้ตวิทยาสาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ วิธีการทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านตะบอง “เจริญราษฎร์อุทิศ” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต 7 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 40 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงตีความ เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบ POE และ แบบวัดมโนคติแรงและการเคลื่อนที่ การวิเคราะห์ข้อมูลเน้นการตีความมโนคติของนักเรียนจากแบบวัดมโนคติแรงและการเคลื่อนที่ และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีมโนคติทางเลือกที่หลากหลาย โดยมีมโนคติทางเลือกในเรื่องตำแหน่งของวัตถุ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มมโนคติ คือ 1) เลือกจุดอ้างอิงที่มีบริเวณกว้าง 2) ระบุทิศทางอย่างง่าย 3) ระบุทิศทางเทียบกับตนเอง 4) ระบุทิศทางและระยะห่างเทียบกับจุดอ้างอิงเดิม และผลการพัฒนาโน้ตเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 ได้พัฒนาโน้ตทางเลือกไปสู่โน้ตวิทยาสาสตร์

จากความหมายของวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict Observe Explain: POE) ที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้ให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธี POE หมายถึงการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนโดยผู้เรียนนั้นเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นทำนาย (Predict: P) ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด นักเรียนจะได้แสดงความคิดเห็นและทำนายคำตอบ ซึ่งคำตอบจะสะท้อนความเข้าใจและความรู้เดิมที่มีอยู่

(2) ขั้นสังเกต (Observe: O) ในขั้นนี้ให้นักเรียนหาคำตอบจากการทดลองด้วยตนเองเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น

(3) ขั้นอธิบาย (Explain: E) ในขั้นนี้ให้นักเรียนอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้น โดยนักเรียนอาจจะสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้จากการทดลองและสรุปผลโดยเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับสิ่งที่นักเรียนทำนายไว้ และเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.4 แบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE)

แบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE) เป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ถูกออกแบบโดย Thornton and Sokoloff (1998) มีคำถาม 47 ข้อ และแยกออกเป็น 6 กลุ่มคำถาม ได้แก่ การเคลื่อนที่ของเลื่อนบนพื้นลื่น การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง การโยนวัตถุขึ้นบนอากาศ กฎข้อที่สามของนิวตัน และการแปลความหมายของข้อมูลจากกราฟ ซึ่งแบบทดสอบนี้เน้นความคิดรวบยอดในแต่ละเรื่องมากกว่าการคำนวณ

รุจิระ การิสุข (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย วัดผลด้วยแบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE) พบว่านักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยประสิทธิผล เท่ากับ 0.39 คะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุรางค์ นรโภค (2556) ได้ศึกษาการเสริมสร้างความเข้าใจเรื่อง แรงและกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ด้วยการทดลองร่วมกับเทคนิคทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) ประเมินโดยแบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE) พบว่า ค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนเป็น 0.58 อยู่ในระดับปานกลาง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าคะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับมาก

มารีนา ตาเดอิน (2556) ได้ประเมินเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนจะนะชนูปถัมภ์ อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา ปีการศึกษา 2554 จำนวน 123 คนได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (The Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE) จำนวน 33 ข้อ พบว่า

(1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 มีความสามารถในการทำข้อสอบ FMCE ได้ไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนก่อนเรียนเท่ากับร้อยละ 21.39, 19.45 และ 17.46 ตามลำดับ

(2) นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน (กลุ่มเก่ง กลาง อ่อน) มีความสามารถในการทำข้อสอบ FMCE ได้ไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนก่อนเรียนเท่ากับร้อยละ 17.42, 19.44, 19.05 ตามลำดับ

(3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 มีความสามารถในการทำข้อสอบ FMCE ในแต่ละกลุ่มโจทย์ (cluster) ได้ไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้มากที่สุด คือ velocity graphs (ร้อยละ 38.41) และกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้น้อยที่สุด คือ reversing direction (ร้อยละ 10.00) และยังพบอีกว่า แบบประเมินข้อที่มีนักเรียนตอบถูกมากที่สุด คือข้อที่ 15 (ร้อยละ 79.23) และข้อที่มีนักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 3 (ร้อยละ 1.50)

(4) นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน (กลุ่มเก่ง กลาง อ่อน) มีความสามารถในการทำข้อสอบ FMCE ในแต่ละกลุ่มโจทย์ (cluster) ได้ไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้มากที่สุด คือ velocity graphs (ร้อยละ 41.96) และกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้น้อยที่สุด คือ reversing direction (ร้อยละ 8.44) ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ นักเรียนให้เหตุผลในการตอบว่า ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับทิศการเคลื่อนที่ และความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับทิศการเคลื่อนที่ได้

ในการวิจัยในตรวจสอบเนื้อหาของแบบทดสอบและปรับปรุงข้อความให้เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้แบบทดสอบ 33 ข้อไม่รวมเรื่องพลังงานและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มคำถาม (Smith and Witmann, 2008) คือ 1) แรงที่กระทำต่อเลื่อน 2) การเคลื่อนที่กลับทิศ 3) กราฟของแรง 4) กราฟความเร่ง 5) กราฟความเร็ว

2.5 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)

Hake R.R. (1998) นักฟิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนรู้จากการสอน pre-test และ post-test โดยมีวิธีการดังนี้

เนื่องจากในการสอบครั้งหนึ่งๆ มีข้อจำกัดในเรื่องคะแนนต่ำสุด (minimum or floor effect) ที่ทุกคนจะมีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0 เปอร์เซนต์ และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (maximum or ceiling effect) ไม่เกิน 100 เปอร์เซนต์ หรือที่เรียกว่า floor and ceiling effect ด้วยปัญหานี้ Hake จึงได้เสนอวิธีการในการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า normalized gain (normalized เป็นค่าที่มาจากค่าศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ ซึ่งหมายถึงการทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่าๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน) โดยหาได้จาก อัตราส่วนของผลการ

เรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$<g> = \frac{[(\% \text{post-test}) - (\% \text{pre-test})]}{[(100\%) - (\% \text{pre-test})]} \quad (2.1)$$

โดยที่	<g>	คือ	ค่า normalized gain
	% Post-test	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
	% Pre-test	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็นสามระดับ คือ			
	“High gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$<g> \geq 0.7$
	“Medium gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.7 \geq <g> \geq 0.3$
	“Low gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.0 \leq <g> < 0.3$

สำหรับการพิจารณา normalized gain เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างไรทั้งในระดับชั้นเรียน ระดับแต่ละแนวคิด แต่ละรายบุคคล หรือแม้กระทั่งรายข้อนั้นเราจะได้แยกแยะให้เห็นว่าสามารถทำได้อย่างไร แบ่งประเภทของ normalized gain ออกเป็นดังนี้

2.5.1 แบบรายชั้นเรียน (class normalized gain) หมายถึงการพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นนั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้โดยดูได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นทั้งก่อนและหลังเรียน

พิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการขึ้นมากน้อยเพียงใดซึ่งโดยทั่วไปนักวิจัยจะอ้างถึงเนื่องจากสามารถบอกเป็นภาพรวมของทั้งชั้นอย่างไรก็ตามในการคิดคำนวณเพื่อหาค่า Normalized gain นี้อาจใช้การนับคะแนนหรือนับจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องเพื่อมาเข้าสู่สูตรการคำนวณผลการคำนวณที่ได้จะเป็นการบอกภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีผลการเรียนดีขึ้นมากน้อยเพียงใดแต่ถ้าหากต้องการดูว่านักเรียนแต่ละคนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอย่างไรไม่อาจสรุปได้ด้วยวิธีการนี้

2.5.2 แบบละรายบุคคล (single student normalized gain) หมายถึงการพิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไรโดยดูได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน สำหรับการหาค่า <g> ของนักเรียนแต่ละคนทั้งชั้นแล้วมาหาค่าเฉลี่ย (average of the single student normalized gain) หรืออาจจะเรียกว่าเป็นค่าเฉลี่ย <g> ของนักเรียนห้องนี้ ซึ่งควรจะเป็นค่าเดียวกันกับ Class normalized gain แต่ค่าที่ได้จากวิธีนี้จะพบว่ามีความไม่เท่ากันโดย

ค่าที่ได้ด้วยวิธีนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ ของ Class normalized gain โดยที่จำนวนประชากรที่ทดสอบต้องมีค่าตั้งแต่ 20 คนขึ้นไป

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเราอาจจะทำได้ลำบากสำหรับการที่จะดู $\langle g \rangle$ ของนักเรียนแต่ละคนเนื่องจากต้องใช้เวลามากถ้านักเรียนมีจำนวนมากแต่สำหรับชั้นเรียนที่มีนักเรียนจำนวนน้อยเราสามารถดูได้และจะเป็นการดีเนื่องจากทำให้ครูสามารถดูพัฒนาการของนักเรียนแต่ละคนได้เป็นอย่างดีอันจะเป็นแนวทางในการช่วยเสริมให้กับนักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ต่ำได้หรืออาจให้นักเรียนที่ผลการเรียนที่ดีอยู่แล้วมาช่วยเหลือเพื่อนได้

2.5.3 แบบละรายข้อ (single test item normalized gain) หมายถึงการพิจารณาว่าจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดของข้อสอบข้อที่เรากำลังพิจารณาในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การพิจารณาในลักษณะนี้มีข้อดีคือ ทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบข้อนั้นเป็นอย่างไรซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการเรียนการสอนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้นๆ ได้เป็นอย่างดีสำหรับข้อสอบชุดหนึ่งๆ โดยเฉพาะข้อสอบที่เป็น Conceptual test จะมีการแบ่งหมวดหมู่ของข้อสอบออกเป็นกลุ่มตามแนวความคิดรวบยอด (concept) ที่ผู้สร้างแบบทดสอบได้ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนแรกดังนั้นจึงนิยมที่จะพิจารณาผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนต่อกลุ่มข้อสอบกลุ่มนั้นๆ อันจะทำให้บอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจต่อแนวความคิดรวบยอดนั้นเป็นอย่างไร

2.5.4 แบบละรายแนวคิด (conceptual dimensional normalized gain) เป็นการดูว่าพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีต่อ Concept หนึ่งๆ เป็นอย่างไร

การพิจารณาผลการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องการดูว่านักเรียนมีผลการเรียนหรือมีพัฒนาการต่อการเรียนในหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างไรเนื่องจากการสอบครั้งหนึ่งๆ จะมีการสอบรวบยอดเพื่อที่จะดูผลการเรียนที่นักเรียนสอบได้ต่อข้อสอบชุดนั้นๆ ซึ่งข้อสอบมาตรฐานทั่วไปจะมีการวัดความเข้าใจหลายๆ Concepts อยู่ในข้อสอบชุดเดียวกัน ดังนั้นหากเราดูเฉพาะคะแนนรวมไม่อาจบอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในแต่ละแนวความคิดรวบยอดนั้นมากน้อยเพียงใดจึงเป็นการดีที่เราจะดูได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจผิดในเรื่องใดมากหรือน้อยเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนได้ตรงประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจผิดกันมากส่วนประเด็นที่นักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดีอยู่แล้วเราก็สามารถนำไปพัฒนาต่อให้ดีขึ้นไปอีกได้เช่นกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำวิธี Normalized gain มาใช้ในการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน โดยวัดผลจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้จากการทำแบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 33 ข้อ ของนักเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะพิจารณาว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างไร 4 แบบ คือ รายชั้นเรียน รายบุคคล รายแนวคิด และรายข้อ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่จากการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4/5 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินแนวคิด FMCE และวิเคราะห์ผลด้วย t-test Normalized gain และการจัดกลุ่มตัวแทนความคิดที่ถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างและแบบแผนการวิจัย
- 3.2 เครื่องมือวิจัย
- 3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างและแบบแผนการวิจัย

3.1.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ 1 (ว31201) จำนวน 36 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีทั้งหมด 5 ห้อง ห้องที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นห้องสุดท้ายของแผนการเรียนนี้ ซึ่งเป็นเด็กกลุ่มที่มีผลการเรียนที่ต่ำที่สุดของแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

3.1.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้นักเรียนเพียงกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design)

$$T_1 \quad X \quad T_2 \quad (3.1)$$

เมื่อ T_1	คือ การทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest)
X	คือ การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้
T_2	คือ การทดสอบหลังการทดลอง (Posttest)

3.2 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.2.1 แบบประเมินแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE)

ในการวิจัยนี้ใช้แบบประเมินแนวคิด FMCE ฉบับภาษาไทย จำนวน 33 ข้อ ซึ่งผ่านการแปลและประเมินคุณภาพโดยกลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา PENThai ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ฉบับปรับปรุงปี 2553) สำหรับเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนในงานวิจัย (ภาคผนวก ข) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ (Trustworthiness) ของแบบประเมินแนวคิด FMCE ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมีคำแนะนำให้เว้นพื้นที่ว่างในกระดาษคำตอบเพื่อให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิดที่แสดงแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict Observe Explain: POE)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ที่ผู้วิจัยออกแบบครั้งนี้ โดยอาศัยสื่อที่น่าเชื่อถือร่วมกับการจัดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ POE มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

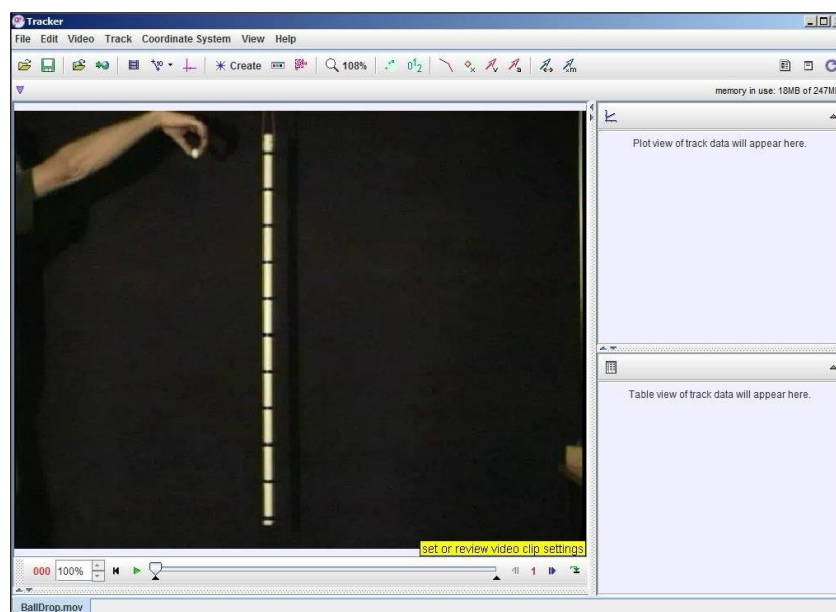
3.2.2.1 ขั้นที่ 1 ทำนาย (Predict: P)

ผู้วิจัยสอนโดยจะเริ่มต้นโดยการสาธิตการทดลองที่พบในชีวิตประจำวันให้นักเรียนดูแล้วตั้งคำถาม ดังนี้



ภาพที่ 3.1 รถทดลอง

ถ้าออกแรงผลักทดลองให้เคลื่อนที่บนพื้นราบ วิ่งขึ้นบนพื้นเอียงและวิ่งลงบนพื้นเอียง ลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจะเป็นอย่างไร มีปริมาณในทางฟิสิกส์ใดบ้างเกิดขึ้นในขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่และปริมาณที่เกิดขึ้นนั้นมีแนวโน้มเป็นอย่างไร เราให้นักเรียนลองทำนายคำตอบที่เกิดขึ้นซึ่งคำตอบที่ได้นั้นมาจากความรู้เดิมที่นักเรียนติดตัวมา (Prior Knowledge) จากนั้นให้นักเรียนได้ร่วมกันทำนายคำตอบเพื่อดูว่า ผลการทำนายของคำตอบส่วนใหญ่ของนักเรียนเป็นอย่างไร



ภาพที่ 3.2 ปล่อยลูกบอลตกอย่างอิสระ (Ball Drop) โดยใช้โปรแกรม Tracker

จากนั้นให้นักเรียนฝึกการทำนายโดยใช้โปรแกรม Tracker เพื่อให้นักเรียนเห็นลักษณะการเคลื่อนที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยสถานการณ์ที่เลือกใช้คือ การปล่อยลูกบอลตกอย่างอิสระ (Ball Drop) ให้นักเรียนสังเกตและทำนายผลว่า ปริมาณความเร็วและความเร่งของลูกบอลแต่ละช่วงเวลามีลักษณะอย่างไร

3.2.2.2 ขั้นที่ 2 สังเกต (Observe: O)

1) ผู้วิจัยอธิบายทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนก่อนลงมือทำกิจกรรม ดังนี้

1.1) การหาเวกเตอร์ลัพธ์

1.1.1) การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูปแบบทางต่อหัว

1.1.2) การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูปแบบทางต่อหัว มี

ขั้นตอนดังนี้

1.1.2.1) เขียนลูกศร แทนเวกเตอร์แรกตามขนาดและทิศทาง

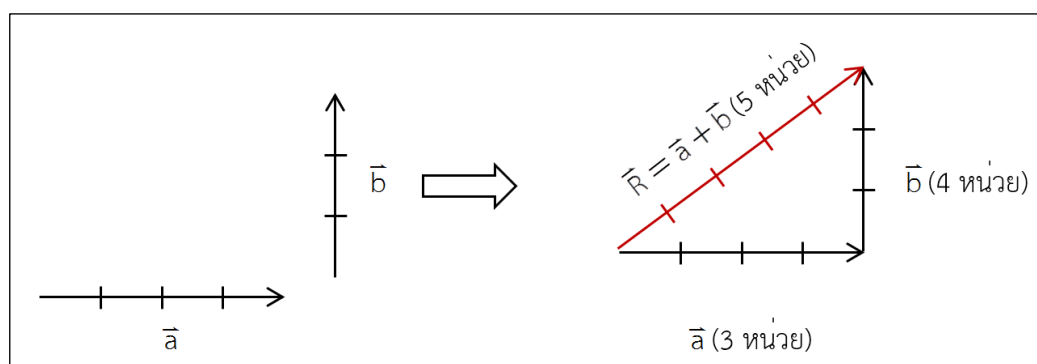
ที่กำหนด

1.1.2.2) นำหางลูกศร แทนเวกเตอร์ที่ 2 ต่อเข้ากับหัวลูกศรของเวกเตอร์แรก

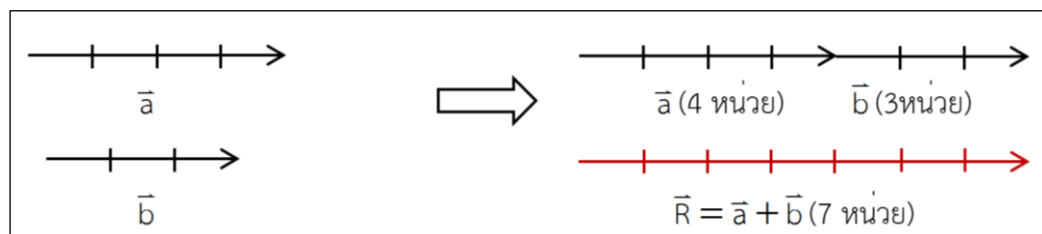
1.1.2.3) ถ้ามีเวกเตอร์ย่อยๆ อีกให้นำเวกเตอร์อันต่อไปมากระทำดังข้อที่ 2.1.1.2 จนครบทุกเวกเตอร์

1.1.2.4) เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยๆ เหล่านั้นหาได้โดยการลากลูกศรจากหางของเวกเตอร์แรกไปยังหัวลูกศรของเวกเตอร์อันสุดท้าย ลูกศรที่ลากนี้แทนทั้งขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์

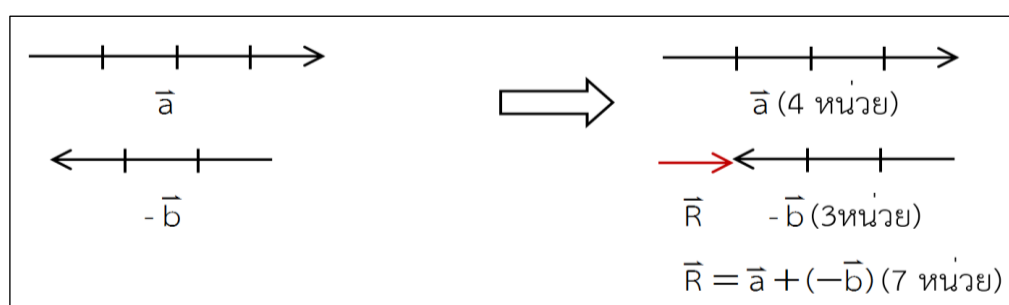
ตัวอย่างการหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูปแบบทางต่อหัว



ภาพที่ 3.3 การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบทางต่อหัวซึ่งเวกเตอร์ทั้งสองตั้งฉากกัน

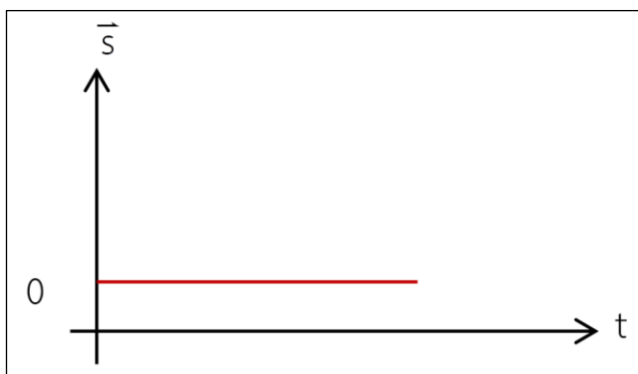


ภาพที่ 3.4 การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบทางต่อหัวซึ่งเวกเตอร์ทั้งสองไปทางเดียวกัน



ภาพที่ 3.5 การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบทางต่อหัวซึ่งเวกเตอร์ทั้งสองไปสวนทางกัน

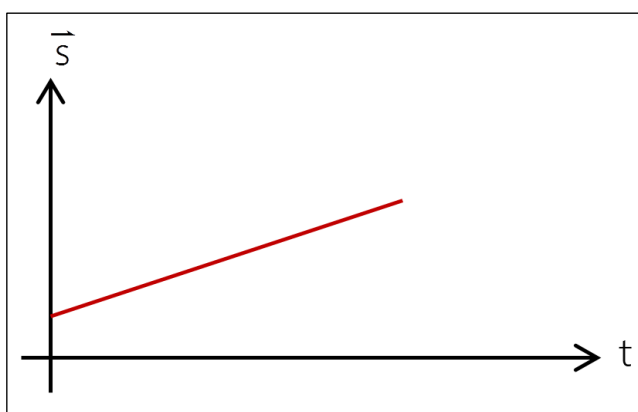
1.2) กราฟในวิชาฟิสิกส์

1.2.1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\vec{s}$ - tภาพที่ 3.6 การกระจัด ($\vec{s}$) คงที่

จากภาพที่ 3.6

1.2.1.1) การกระจัด ($\vec{s}$) คงที่1.2.1.2) ความเร็ว (v) เป็นศูนย์ $\because \vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ เมื่อ $\Delta \vec{s} = 0$ $\therefore \vec{v} = 0$ ด้วย

1.2.1.3) slope = 0

ภาพที่ 3.7 การกระจัด ($\vec{s}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

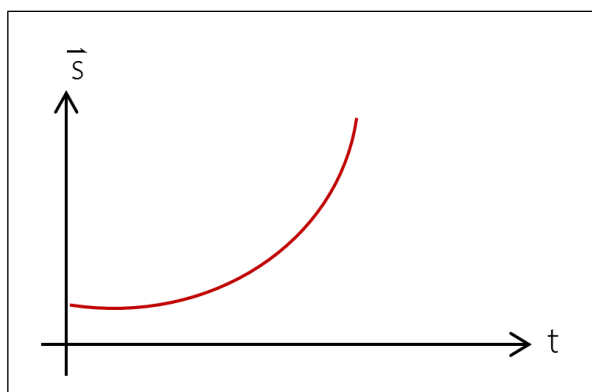
จากภาพที่ 3.7

1.2.1.4) การกระจัด ($\vec{s}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

คงที่ด้วย

1.2.1.5) ความเร็ว ($\vec{v}$) คงที่ $\therefore \vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ เมื่อ $\Delta \vec{s}$ คงที่ $\therefore \vec{v}$

1.2.1.6) slope มีค่าคงที่ $= \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$



ภาพที่ 3.8 การกระจัด ($\vec{s}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ

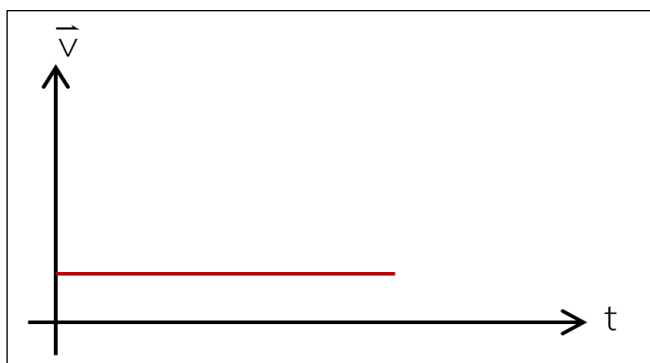
จากภาพที่ 3.8

1.2.1.7) การกระจัด ($\vec{s}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ

1.2.1.8) slope เพิ่มขึ้น (โค้งหงาย)

1.2.1.9) ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้น

1.2.2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\vec{v}$ - t



ภาพที่ 3.9 ความเร็ว ($\vec{v}$) คงที่

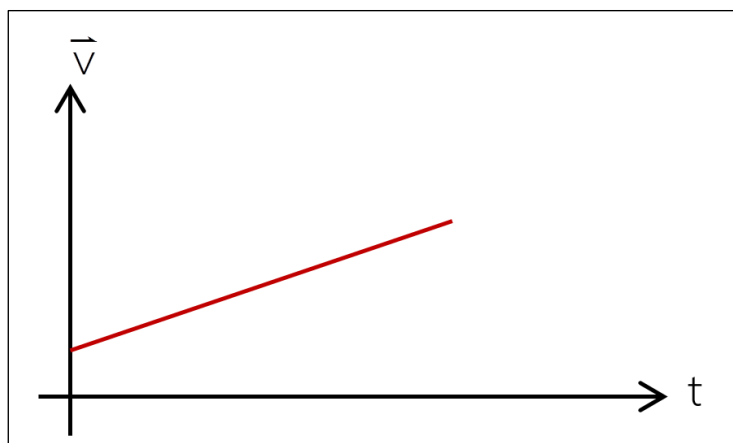
จากภาพที่ 3.9

1.2.2.1) ความเร็ว ($\vec{v}$) คงที่

1.2.2.2) ความเร่ง ($\vec{a}$) เป็นศูนย์ $\therefore \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ เมื่อ $\Delta \vec{v} = 0$

$\therefore \vec{a} = 0$ ด้วย

1.2.2.3) slope = 0



ภาพที่ 3.10 ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

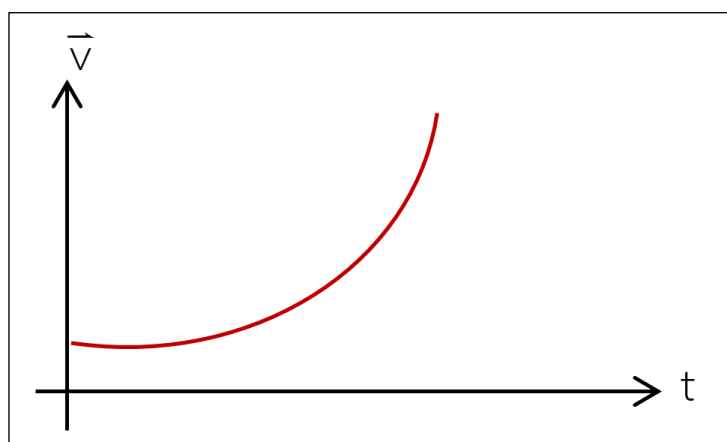
จากภาพที่ 3.10

1.2.2.4) ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

1.2.2.5) ความเร่ง ($\vec{a}$) คงที่ $\therefore \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ เมื่อ $\Delta \vec{v}$ คงที่ $\therefore \vec{a}$

คงที่ด้วย

1.2.2.6) slope มีค่าคงที่ = $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$



ภาพที่ 3.11 ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ

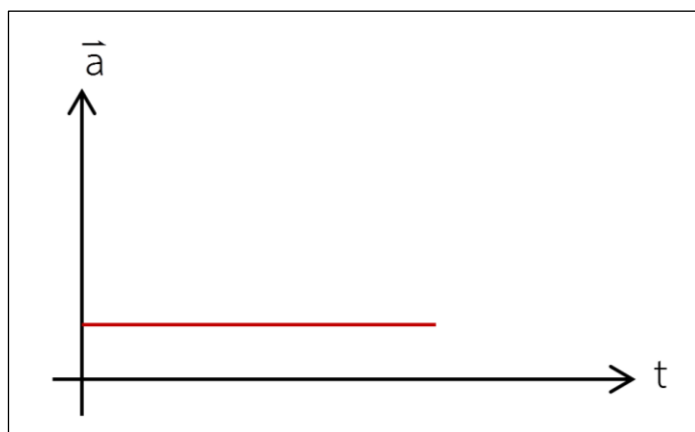
จากภาพที่ 3.11

1.2.1.7) ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ

1.2.1.8) slope เพิ่มขึ้น (โค้งหงาย)

1.2.1.9) ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้น

1.2.3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\vec{a}$ - t



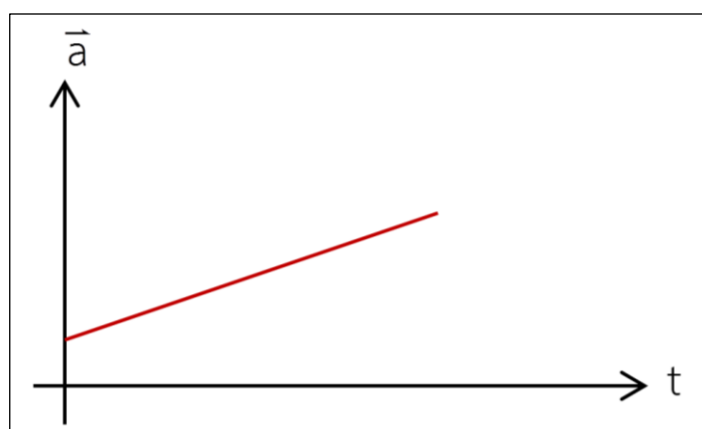
ภาพที่ 3.12 ความเร่ง ($\vec{a}$) คงที่

จากภาพที่ 3.12

1.2.3.1) ความเร่ง ($\vec{a}$) คงที่

1.2.3.2) ความเร็ว ($\vec{v}$) เปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ

1.2.3.3) slope = 0



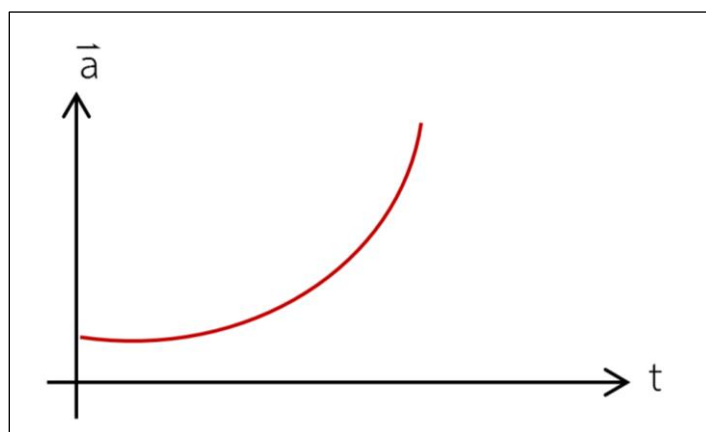
ภาพที่ 3.13 ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ

จากภาพที่ 3.13

1.2.3.4) ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

1.2.3.5) ความเร็ว ($\vec{v}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ

1.2.3.6) slope คงที่



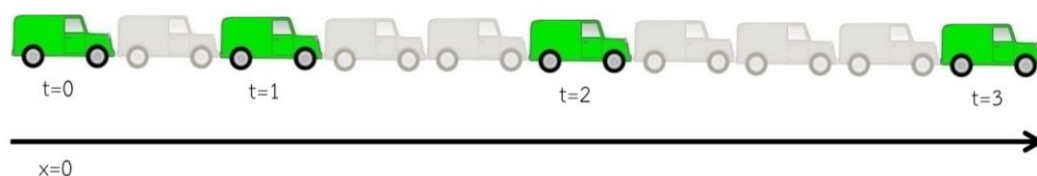
รูปที่ 3.14 ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้นไม่สม่ำเสมอ

จากภาพที่ 3.14

1.2.3.7) ความเร่ง ($\vec{a}$) เพิ่มขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ

1.2.3.8) slope เพิ่มขึ้น (รูปโค้งหงาย)

2) ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้แล้วให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับสถานการณ์ต่างๆ กรณีนี้จะยกตัวอย่างในสถานการณ์ที่ 3 ของชุดกิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 3.15 ซึ่งมีรายละเอียดของกิจกรรมในภาคผนวก ก

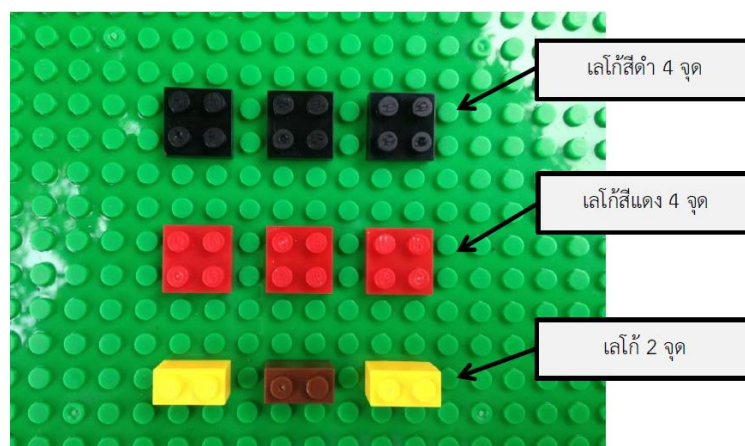


ภาพที่ 3.15 สถานการณ์ที่ 3 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านขวา ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที

2.1) กำหนดเลโก้ที่นำมาสร้างตัวแทนความคิด ดังนี้

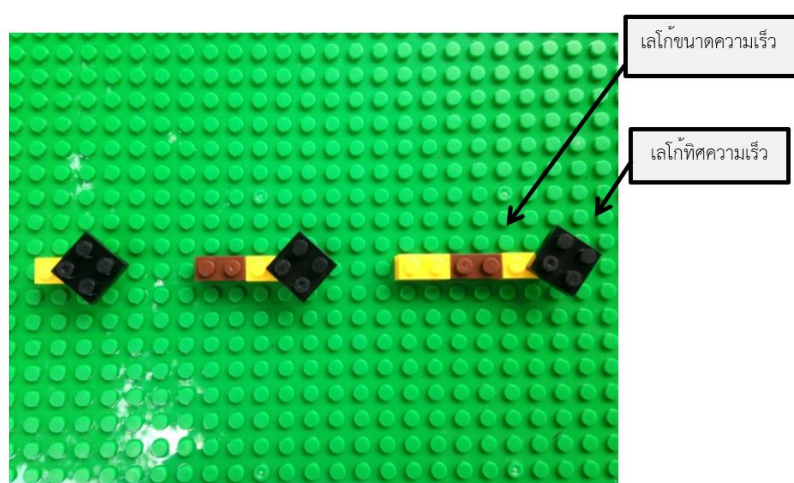
เลโก้สีเหลี่ยมจัตุรัส 4 ปุ่ม ใช้แทนหัวลูกศรเพื่อแสดงทิศทางของ
 เวกเตอร์ กำหนดให้ เลโก้สีดำแสดงทิศทางของความเร็ว เลโก้สีแดงแสดงทิศทางของความเร่ง ดังแสดง
 ในภาพที่ 3.3

เลโก้สีเหลี่ยมผืนผ้า 2 ปุ่ม ใช้แทนขนาดของเวกเตอร์ กำหนดให้ เลโก้
 1 ชิ้น มีขนาดเท่ากับ 1 หน่วย ดังแสดงภาพที่ 3.16



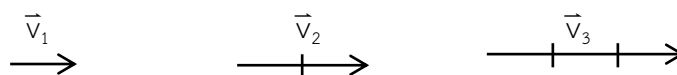
ภาพที่ 3.16 เลโก้ที่ใช้สร้างตัวแทนความคิด

2.2) นำเลโก้มาต่อเพื่อสร้างตัวแทนความคิดโดยที่เริ่มต้นสร้างตัวแทน
 ความคิดของความเร็วที่เกิดขึ้นแต่ละช่วงเวลาของสถานการณ์นำเลโก้ 2 ปุ่มแทนขนาดของความเร็ว
 ของวัตถุจากนั้นนำเลโก้ 4 ปุ่มสีดำต่อที่ปลายเพื่อแสดงทิศของความเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ดัง
 แสดงในภาพที่ 3.17



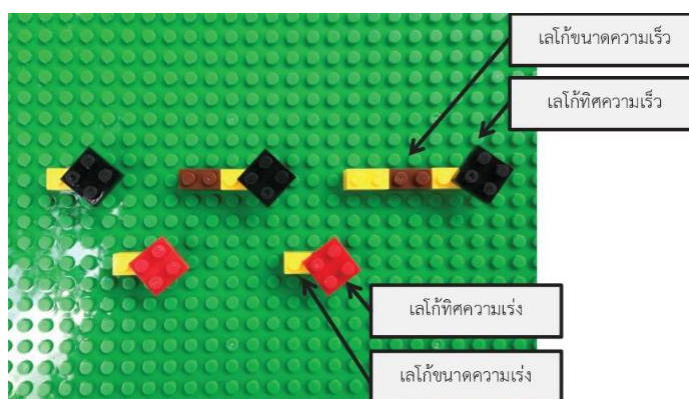
ภาพที่ 3.17 เลโก้ความเร็วของสถานการณ์ที่ 4

นำตัวแทนความคิดที่ได้จากการสร้างโดยเลโก้ไปเขียนลงในชุดกิจกรรมตรงส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างให้เขียนเลโก้แสดงความเร็ว นักเรียนอาจเลือกเขียนตัวแทนความคิดเป็นเลโก้หรือเวกเตอร์ลงในชุดกิจกรรมขึ้นอยู่กับความถนัดส่วนบุคคล ดังแสดงในภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ตัวแทนความคิดของความเร็วฝนสถานการณ์ที่ 4

2.3) นำเลโก้มาต่อเพื่อสร้างตัวแทนความคิดของความเร็วที่เกิดขึ้นแต่ละช่วงเวลาของสถานการณ์นำเลโก้ 2 ปุ่มแทนขนาดของความเร็วของวัตถุจากนั้นนำเลโก้ 4 ปุ่มสีแดงต่อที่ปลายเพื่อแสดงทิศของความเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ โดยความเร็วที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วในหนึ่งหน่วยเวลา ฉะนั้นเราสามารถหาความเร็วที่เกิดขึ้นจากความเร็วปลายลบความเร็วต้น ดังแสดงในภาพที่ 3.19



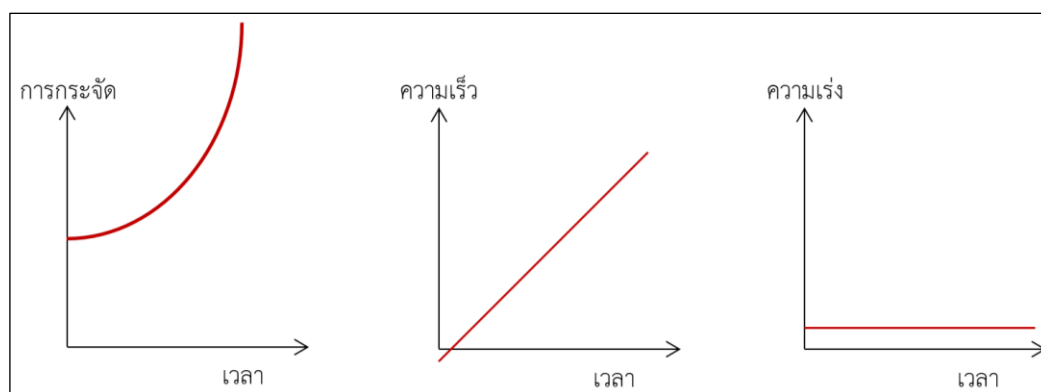
ภาพที่ 3.19 เลโก้ความเร็วของสถานการณ์ที่ 4

นำตัวแทนความคิดที่ได้จากการสร้างโดยเลโก้ไปเขียนลงในชุดกิจกรรมตรงส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างให้เขียนเลโก้แสดงความเร็ว นักเรียนอาจเลือกเขียนตัวแทนความคิดเป็นเลโก้หรือเวกเตอร์ลงในชุดกิจกรรมขึ้นอยู่กับความถนัดส่วนบุคคล ดังแสดงในภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 ตัวแทนความคิดของความเร็วในสถานการณ์ที่ 4

2.4) จากนั้นนำตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้นมาประยุกต์มีการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด-เวลา ($\vec{s}$ -t) ความเร็ว-เวลา ($\vec{v}$ -t) และความเร่ง-เวลา ($\vec{a}$ -t) ของแต่ละสถานการณ์ ดังภาพที่ 3.21

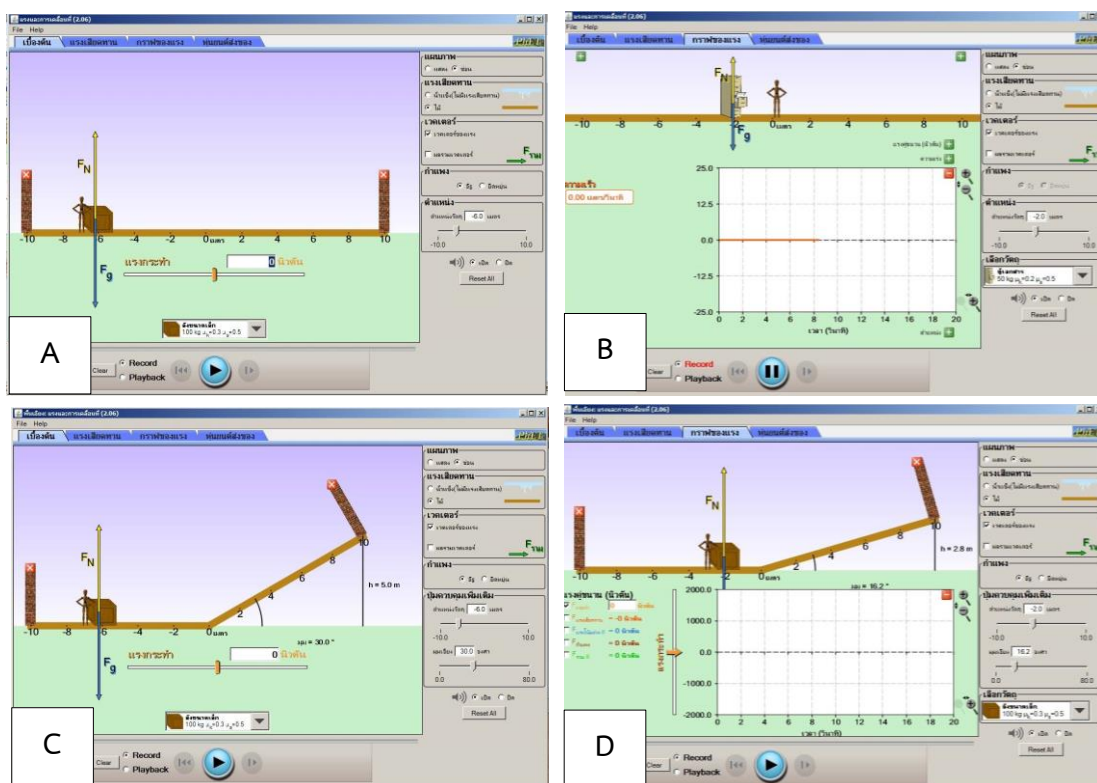


ภาพที่ 3.21 ความสัมพันธ์ของการกระจัด-เวลา ความเร็ว-เวลา และความเร่ง-เวลา ของสถานการณ์ที่ 4

สุดท้ายนักเรียนสรุปและอภิปรายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสถานการณ์ ทำตามขั้นตอนดังกล่าวทุกๆ สถานการณ์ และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

2.2.2.3 ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain: E)

ในขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลที่ได้จากการทำชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ สุ่มนักเรียนอภิปรายผลให้เพื่อนฟัง เปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับกับขั้นตอนการทํานาย จากนั้นเชื่อมโยงกับคำถามในขั้นตอนการทํานายเพื่อทดสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่จะสามารถตอบคำถามได้หรือไม่ ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดหลักเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ร่วมกันกับนักเรียนโดยอาศัยสถานการณ์ต่างๆ จากชุดกิจกรรม อธิบายร่วมกับสื่อการทดลองเสมือนของมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ (University of Colorado Boulder) ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ที่เว็บไซต์ <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/> ตัวอย่างการทดลองเสมือนดังแสดงในภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 ตัวอย่างของของมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ (University of Colorado Boulder)

- A. การทดลองเสมือนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่บนพื้นราบ
- B. กราฟของแรงบนพื้นราบ
- C. การทดลองเสมือนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง
- D. กราฟของแรงบนพื้นเอียง

หลังจากนั้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสถามประเด็นที่สงสัยเพื่อให้ผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติม

3.2.3 ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

ผู้วิจัยออกแบบชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ ขึ้นโดยปรับปรุงมาจาก Describing Motion with Diagrams ของ The Physics Classroom, 2009 สามารถเข้าถึงได้ที่เว็บไซต์ <http://www.physicsclassroom.com/curriculum/1Dkin> ผู้วิจัยสร้างชุดกิจกรรมขึ้นมา และผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการวิจัย (Trustworthiness) มากยิ่งขึ้น จากการตรวจสอบของอาจารย์ที่ปรึกษาให้เพิ่มสถานการณ์ให้หลากหลายขึ้นให้สอดคล้องกับแบบประเมินแนวคิด FMCE และมีพื้นที่ว่างให้นักเรียนฝึกเขียนตัวแทนความคิดที่เป็นเวกเตอร์ของความเร็ว ความเร่ง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด-เวลา ($\vec{s} - t$) ความเร็ว-เวลา ($\vec{v} - t$)

และความเร่ง-เวลา ($\bar{a}-t$) ของแต่ละสถานการณ์ มีการฝึกตอบคำถามในท้ายกิจกรรม ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ (ภาคผนวก ก)

3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล

ในการวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ก่อนการดำเนินการวิจัย ให้นักเรียนทำแบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 33 ข้อ เป็นการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ให้เวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง

ขั้นที่ 2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ในชั้นเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 2 ชั่วโมง

ขั้นที่ 3 หลังการดำเนินการวิจัย ให้นักเรียนทำแบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 33 ข้อ ซึ่งเป็นการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ให้เวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบและการเขียนตัวแทนความคิดของนักเรียนจากการทำแบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 33 ข้อ เพื่อนำผลที่ได้ทั้งคำตอบและตัวแทนความคิดที่เขียนไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

3.4.1 วิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิด โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบประเมินแนวคิด FMCE ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยชุดการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบด้วยสถิติ t-test ทดสอบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3.4.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน จากการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้จากการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้ค่า Normalized gain

การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนจะแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.4.2.1 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน

3.4.2.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล

3.4.2.3 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายแนวคิด ซึ่งสามารถจัดกลุ่มแบบประเมินแนวคิด FMCE เป็น 5 แนวคิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 3.1 กลุ่มแนวคิดคำถามจากแบบประเมินแนวคิด FMCE

กลุ่มโจทย์	คำถามข้อที่
1. แรงที่กระทำต่อเลื่อน (Force Sled)	1-7
2. การเคลื่อนที่กลับทิศทาง (Reversing Direction)	8-13, 27-29
3. กราฟของแรง (Force Graphs)	14-21
4. กราฟของความเร่ง (Acceleration Graphs)	22-26
5. กราฟของความเร็ว (Velocity Graphs)	30-33

3.4.2.4 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ

3.4.3 วิเคราะห์ตัวแทนความคิดของนักเรียนแต่ละแนวคิด โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

3.4.3.1 ขั้นที่ 1 นำตัวแทนความคิดของนักเรียนมาจัดกลุ่ม 5 กลุ่ม ดังนี้

- 1) เลโก้และเวกเตอร์ (Lego and vector)
- 2) เลโก้ (Lego)
- 3) เวกเตอร์ (Vector)
- 4) กราฟ (Graphs)
- 5) ไม่เขียนหรือเขียนไม่เกี่ยวข้อง (No)

3.4.3.2 ขั้นที่ 2 นำตัวแทนความคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาตรวจสอบความถูกต้อง แบ่งเป็น 4 ระดับ (สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555) ดังนี้

1) ความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Multiple Representations: CM) หมายถึงตัวแทนความคิดของนักเรียนเป็นคำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียนเขียนสื่อความถูกต้อง พร้อมให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

2) ความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่ไม่สมบูรณ์ (Partial Multiple Representations: PM) หมายถึงตัวแทนความคิดของนักเรียนเป็นคำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียนเขียนสื่อความถูกต้อง พร้อมให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

3) ความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Multiple Representations with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึงตัวแทนความคิดของนักเรียนเป็นคำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียนเขียนสื่อความถูกต้อง แต่การให้เหตุผลบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

4) ความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Multiple Representations: AM) หมายถึงตัวแทนความคิดของนักเรียนเป็นคำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียนเขียนสื่อความผิดหรือให้เหตุผลไม่เกี่ยวข้อง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนประสารวิทยาการ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ เก็บข้อมูลจากแบบประเมินแนวคิด FMCE ด้วยค่าสถิติทดสอบที (t-test) และ Normalized gain <g> แบ่งผลการวิเคราะห์ 3 ตอน ดังนี้

- 4.1 วิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิด
- 4.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน
- 4.3 วิเคราะห์ตัวแทนความคิด

4.1 วิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิด

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้แบบประเมินแนวคิด FMCE 33 ข้อ คิดเป็น 33 คะแนน

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบที (t-test) และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแบบประเมินแนวคิด FMCE ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน 36 คน

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสถิติทดสอบที
ก่อนเรียน	6.36	19.27	2.13	19.27*
หลังเรียน	21.69	65.73	4.11	

* มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินแนวคิด FMCE เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ของนักเรียน ผลปรากฏว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อน

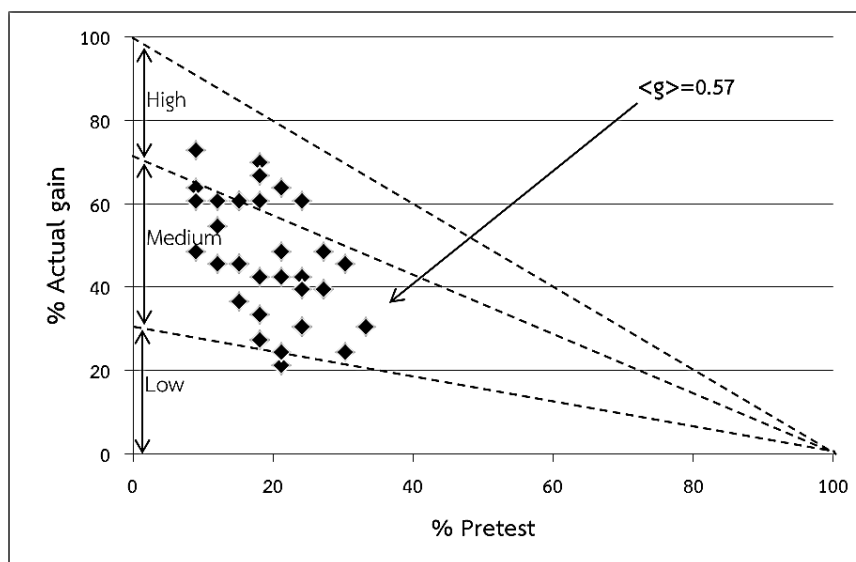
เรียนเท่ากับ 6.36 (SD 2.13) คิดเป็นร้อยละ 19.27 ของคะแนนเต็มและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.69 (SD 4.11) คิดเป็นร้อยละ 65.73 ของคะแนนเต็ม โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 15.33 คิดเป็นร้อยละ 46.46 ของคะแนนเต็มและเมื่อวิเคราะห์ด้วย t-test ผลปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้ และอธิบายร่วมกับการทดลองเสมือนของของมหาวิทยาลัยโคโลราโดโบลเดอร์ (University of Colorado Boulder) สามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงโดยการนำเลโก้มาสร้างเป็นตัวแทนความคิดประกอบกับนำสถานการณ์ที่มาจัดการเรียนการสอนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและง่ายต่อการสร้างตัวแทนความคิด มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน มาใช้กระบวนการกลุ่มทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันทำให้มีความเข้าใจแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่มากขึ้น สอดคล้องกับ รุจิระ การิสุข (2554) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจในรายวิชาฟิสิกส์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรม POE ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ชุดกิจกรรม POE เป็นวิธีการส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ฝึกให้นักเรียนได้มีกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม รับฟังความคิดเห็นของเพื่อนนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออกในการเสนอความคิดและอภิปรายอีกด้วย สอดคล้องกับ วณิชา ประยูรพันธ์ (2554) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้วิธี POE ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และส่งเสริมการสร้างความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ Rakkapao, S. et al., (2014) ได้ศึกษาการส่งเสริมให้นักศึกษามีความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ที่ถูกต้องมากขึ้นโดยอาศัยวิธีการสอนแบบ POE พบว่า หลังเรียนโดยเฉลี่ยนักศึกษามีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ภาพรวมวิธีการสอนแบบ POE กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่มากขึ้น

4.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้สถิติ Normalized gain <g> แบ่ง 4 ส่วน ดังนี้

4.2.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน (Class normalized gain)

ผลจากแบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 33 ข้อ คิดเป็น 33 คะแนน นำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ทั้งชั้นเรียน มาแทนค่าลงในสถิติ Normalized gain $\langle g \rangle$ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.1

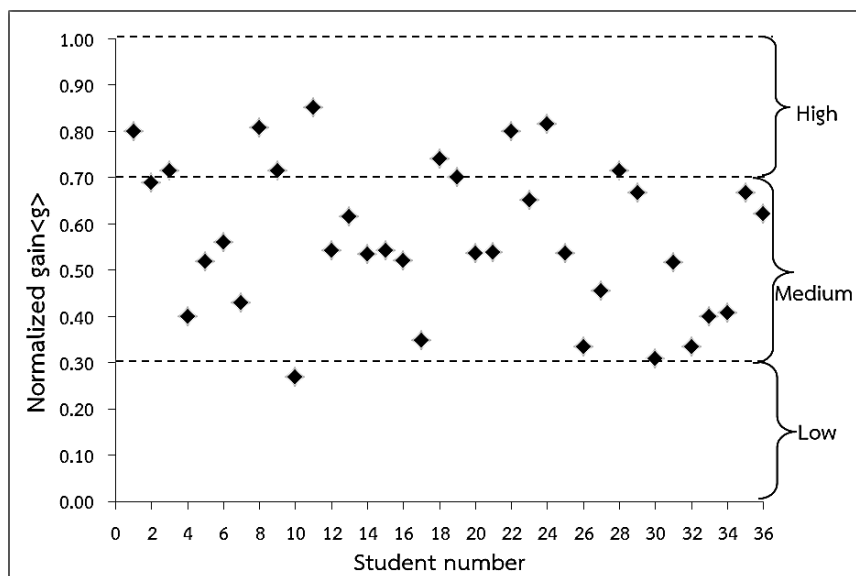


ภาพที่ 4.1 ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน $\langle g \rangle = 0.57$ ซึ่งจัดอยู่ในระดับ Medium gain ซึ่งนักเรียนทุกคนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน สอดคล้องกับสุรางค์ นรโภค (2556) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 นิวตัน ด้วยการทดลองร่วมกับการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 นิวตัน พบว่า ค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนเป็น 0.58 อยู่ในระดับปานกลาง ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า คะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับมาก ในการวิจัยครั้งนี้ได้จัดกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain: POE) ร่วมกับการทดลองส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการทดลอง ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จากการสังเกตของผู้วิจัยระหว่างการเรียนการสอนนักเรียนให้ความสนใจ กระตือรือร้น มีความอยากรู้ อยากเห็น ช่างสังเกต เป็นคุณสมบัติที่ดีของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้มีกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนนักเรียน ส่งเสริมให้กล้าแสดงออกในการเสนอความคิด

4.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล (Single student normalized gain)

ผลจากแบบประเมินแนวคิด FMCE นำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้แต่ละคนมาแทนค่าลงในสถิติ Normalized gain $\langle g \rangle$ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล

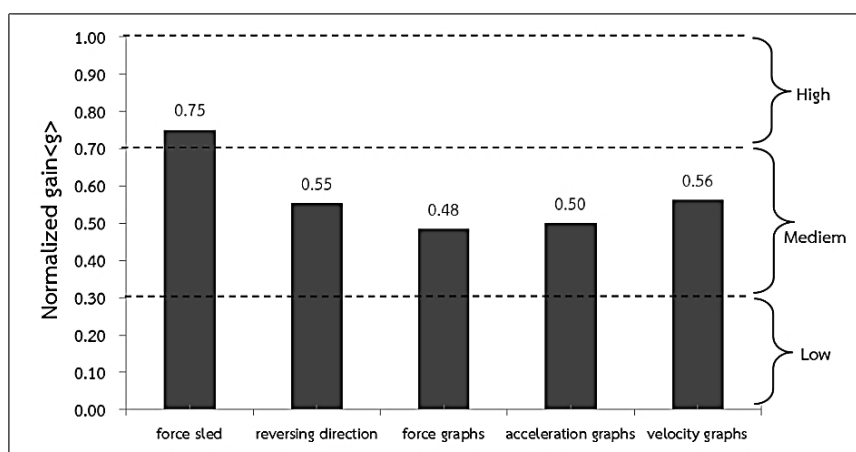
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของนักเรียนแต่ละคนอยู่ในช่วง $\langle g \rangle = 0.27-0.85$ โดยมีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับ Low gain 1 คน คือ คนที่ 10 มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับ Medium gain 25 คน คือ คนที่ 2, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับ High gain 10 คน คิดเป็นร้อยละ 27.78 คือ คนที่ 1, 3, 8, 9, 11, 18, 19, 22, 24 และ 28

นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนที่สูงที่สุด $\langle g \rangle = 0.85$ จัดอยู่ในระดับ High gain คือ นักเรียนคนที่ 11 ซึ่งผู้วิจัยตรวจสอบวิเคราะห์จากการเขียนตัวแทนความคิดของนักเรียน พบว่านักเรียนสร้างตัวแทนความคิดเป็นขั้นตอนดังนี้ (1) เขียนตัวแทนความคิดที่เป็นเลโก้แสดงความเร็วของการเคลื่อนที่ในแต่ละสถานการณ์ (2) เขียนตัวแทนความคิดที่เป็นเวกเตอร์ของความเร็วในการเคลื่อนที่ (3) เขียนตัวแทนความคิดที่เป็นเวกเตอร์ของความเร่งที่เกิดขึ้น นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดเพื่อเพิ่มความเข้าใจในการทำแบบประเมินในทุกข้อและในส่วนของกลุ่มคำถามที่เกี่ยวข้องกับการเขียนกราฟนักเรียนก็สร้างตัวแทนความคิดที่เป็นเลโก้และเวกเตอร์ ก่อนที่จะนำแนวคิดที่ได้ไปเขียนกราฟ

ต่อไป จึงส่งผลให้นักเรียนคนนี้ มีคะแนนสูงสุด คือ 29 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.88 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด ส่วนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุด $\langle g \rangle = 0.27$ จัดอยู่ในระดับ Low gain คือ นักเรียนคนที่ 10 ซึ่งเป็นนักเรียนที่เขียนตัวแทนความคิดส่วนใหญ่มีความคลาดเคลื่อนและบางข้อไม่เขียนตัวแทนความคิดส่งผลให้นักเรียนคนนี้มีความเข้าใจแนวคิดที่ผิด และมีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุด

4.2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายแนวคิด (Conceptual dimensional normalized gain)

ผลจากแบบประเมินแนวคิด FMCE นำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 5 แนวคิด คือ 1) Force Sled 2) Reversing Direction 3) Force Graphs 4) Acceleration Graphs และ 5) Velocity Graphs มาแทนค่าลงในสถิติ Normalized gain ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายแนวคิด

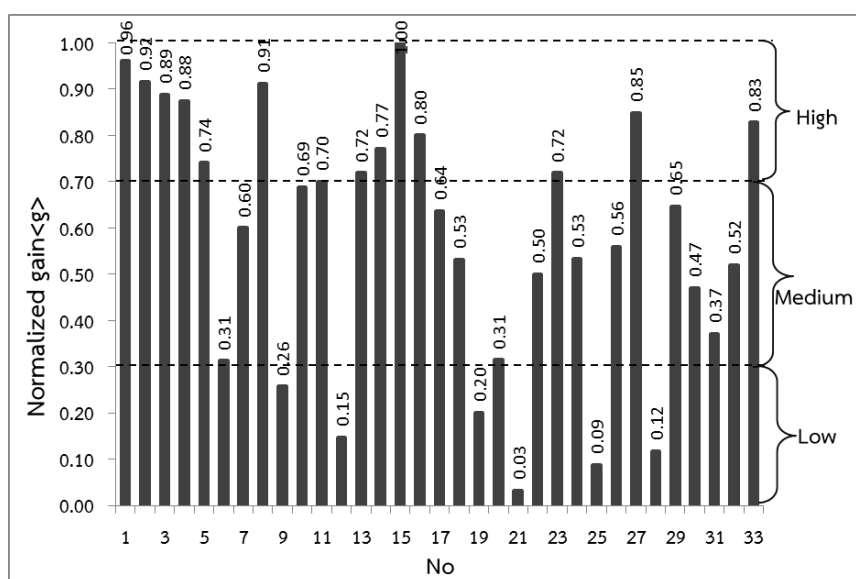
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า แนวคิดที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ High gain 1 แนวคิด คือ Force Sled แนวคิดที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ Medium gain 4 แนวคิด คือ 1) Reversing Direction 2) Force Graphs 3) Acceleration Graphs และ 4) Velocity Graphs

แนวคิดที่นักเรียนมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด $\langle g \rangle = 0.75$ จัดอยู่ในระดับ High gain คือ Force Sled เนื่องจากกลุ่มคำถามมีลักษณะของแนวคิดที่ถามตรงไปตรงมาเกี่ยวข้องกับการหาแรงสุทธิ ที่กระทำต่อเลื่อน ซึ่งนักเรียนที่สามารถหาค่าได้ว่าแรงสุทธิที่กระทำกับเลื่อนเป็นแปรผันตรงกับความเร่ง และชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ได้ครอบคลุมแนวคิดเรื่องนี้

และผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องมาเป็นจำนวนมากนักเรียนจึงสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างตัวแทนความคิดที่จากชุดกิจกรรมไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความเข้าใจแนวคิด ซึ่งมีผลทำให้สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ส่วนแนวคิดที่นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด $\langle g \rangle = 0.48$ จัดอยู่ในระดับ Medium gain คือ Force Graphs เนื่องจากในชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดไม่ได้ฝึกให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา มีเฉพาะกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา และความเร่งกับเวลา นักเรียนบางส่วนไม่สามารถประยุกต์ได้ทำให้เกิดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนส่งผลให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุด

4.2.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ (single test item normalized gain)

เมื่อพิจารณาผลจากแบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 33 ข้อ นำข้อมูลร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้แต่ละข้อ แทนค่าลงในสถิติ Normalized gain พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนของแต่ละข้อ ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.4



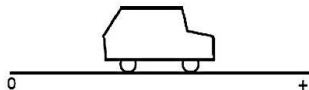
ภาพที่ 4.4 ผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า แบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 14 ข้อที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง คือ ข้อที่ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 24, 27, และ 33 แบบประเมินแนวคิด FMCE จำนวน 13 ข้อที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง คือ ข้อที่ 6, 7, 10, 17, 18, 20, 22, 24, 26, 29, 30, 31 และ 32 แบบประเมินแนวคิด

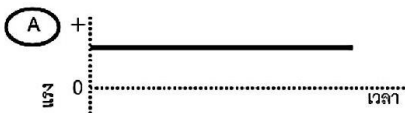
FMCE จำนวน 6 ข้อที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ คือ ข้อที่ 9, 12, 19, 21, 25 และ 28

คำถามข้อที่ 15 ของแบบประเมินความเข้าใจ FMCE นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุด $\langle g \rangle = 1.00$ อยู่ในระดับ High gain นักเรียน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 77.78 ตอบถูกในการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งหลังจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบเลโก้ นักเรียนได้สร้างตัวแทนความคิดจากสถานการณ์ในชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในข้อนี้มากขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องทุกคน

คำถามข้อ 14 – 21 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ตามเส้นตรงในแนวระดับ (จุด 0 ในรูปคือจุดกำเนิดของแกนระยะทาง) กำหนดให้ทิศขวามือคือทิศทางบวก



ให้สมมติว่าแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด
ให้เลือกกราฟแรง-เวลา (จาก A ถึง H) หนึ่งกราฟสำหรับข้อความแต่ละข้อข้างล่างซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถเป็นไปตามที่บรรยายคุณอาจใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

(A) 

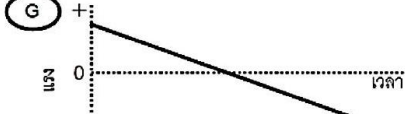
(B) 

(C) 

(D) 

(E) 

(F) 

(G) 

(H) 

(J) ไม่มีกราฟใดถูก

_____ 15. รถอยู่นิ่ง
_____ 21. รถถูกผลักไปทางขวาแล้วปล่อย กราฟใดบรรยายแรงที่กระทำหลังจากที่รถถูกปล่อย

ภาพที่ 4.5 คำถามข้อที่ 15 และ 21 ของแบบประเมินแนวคิด FMCE

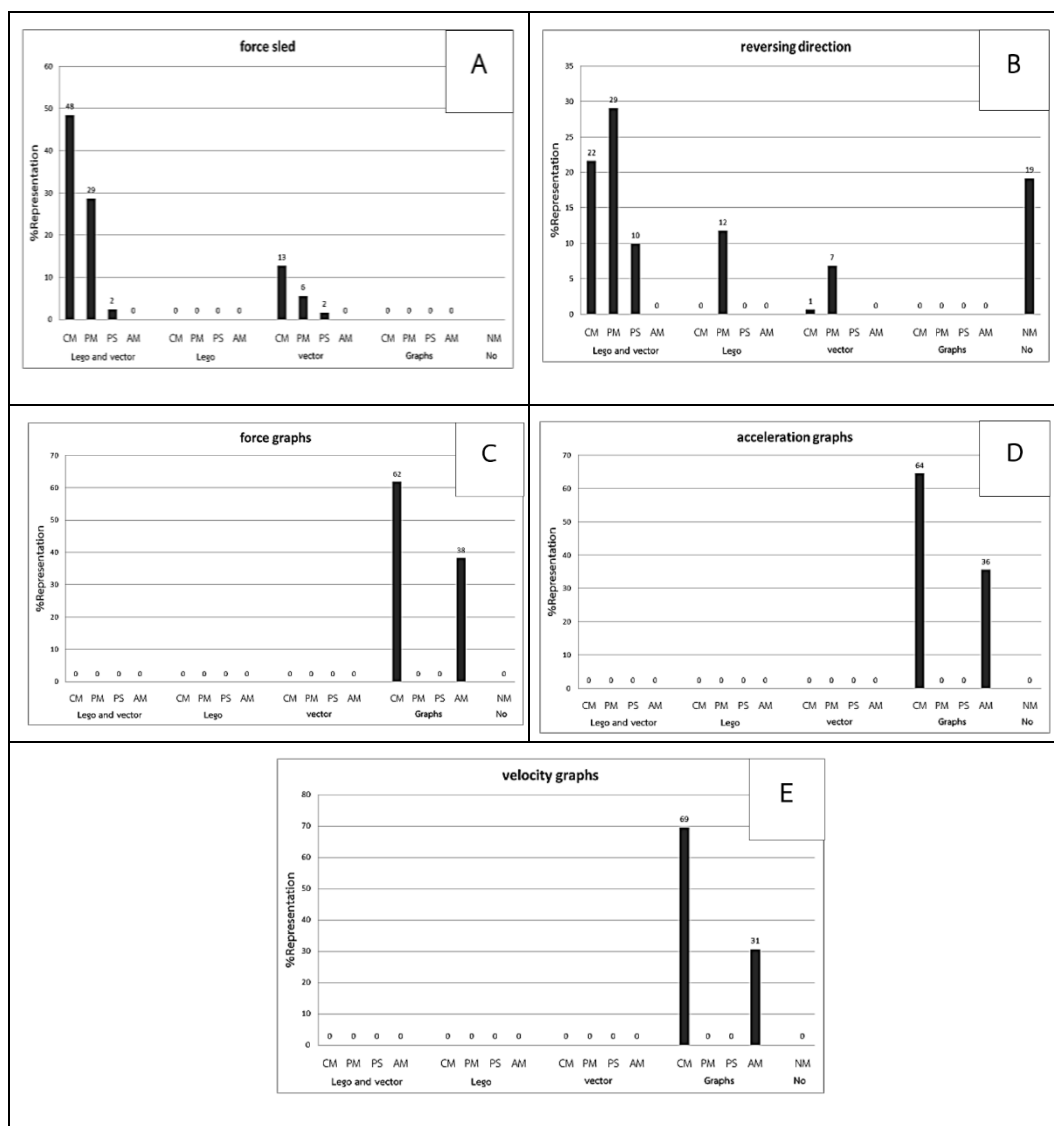
พิจารณาข้อที่ 15 ดังแสดงในภาพที่ 4.5 เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำต่อรถที่หยุดนิ่งซึ่งง่ายต่อความเข้าใจแนวคิด จากการพิจารณาการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียน รถที่หยุดนิ่งคือรถที่ไม่มีการเคลื่อนที่แสดงว่ารถไม่มีความเร่ง จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงและมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและแปรผกผันกับมวลของวัตถุ รถไม่มีความเร่งแสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับรถมีค่าเท่ากับศูนย์ จึงเลือกตอบตัวเลือก E ซึ่งเป็นกราฟเส้นตรงอยู่บนแกน x หมายถึง แรงลัพธ์ที่กระทำกับรถมีค่าเท่ากับศูนย์หรือไม่มีแรงกระทำกับรถ สอดคล้องกับมารีน่า ตาเตอิด (2556) ได้ศึกษาการประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้แบบประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (The Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE) ข้อ ซึ่งพัฒนาโดย Ronald K. Thornton แห่ง Tufts University และ David R. Sokoloff แห่ง University of Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการทำข้อสอบ FMCE ในแต่ละกลุ่มโจทย์ (cluster) ได้ไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้มากที่สุด คือ velocity graphs (ร้อยละ 38.41) และกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้น้อยที่สุด คือ reversing direction (ร้อยละ 10.00) และยังพบอีกว่า แบบประเมินข้อที่มีนักเรียนตอบถูกมากที่สุด คือ ข้อที่ 15 (ร้อยละ 79.23) และข้อที่มีนักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 3 (ร้อยละ 1.50) โดยกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้มากที่สุด คือ velocity graphs (ร้อยละ 41.96) และกลุ่มโจทย์ที่ทำคะแนนได้น้อยที่สุด คือ reversing direction (ร้อยละ 8.44) จากการสัมภาษณ์นักเรียนให้เหตุผลในการตอบว่า ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับทิศการเคลื่อนที่และความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับทิศการเคลื่อนที่ได้

คำถามข้อที่ 21 ดังแสดงในภาพที่ 4.5 นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด $\langle g \rangle = 0.03$ อยู่ในระดับ Low gain เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำกับรถถูกผลักไปทางขวาแล้วปล่อย นักเรียนนักเรียน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าออกแรงผลักรถไปทางขวาแล้วปล่อย รถจะเคลื่อนที่ไปทางขวาข้างล่างซึ่งในการจัดการเรียนรู้ขั้นทำนายนารถสาธิตมาผลักให้นักเรียนทำนายน การเคลื่อนที่หน้าชั้นเรียน พบว่า รถจะเคลื่อนที่ไปทางขวาข้างล่างเนื่องจากมีแรงเสียดทาน นักเรียนส่วนใหญ่ตอบตัวเลือก B แต่คำถามข้อนี้ สมมติว่าแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด แสดงว่ารถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านขวาด้วยความเร็วคงที่ รถไม่มีความเร่ง แสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถมีค่าเท่ากับศูนย์ ตัวเลือก E ซึ่งเป็นกราฟเส้นตรงอยู่บนแกน x เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

4.3 วิเคราะห์ตัวแทนความคิดของนักเรียน

ผลของการวิเคราะห์ตัวแทนความคิดของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของ 5 แนวคิด คือ 1) Force Sled 2) Reversing

Direction 3) Force Graphs 4) Acceleration Graphs และ 5) Velocity Graphs ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลการจัดกลุ่มและตรวจสอบความถูกต้องในการใช้ตัวแทนความคิดของแนวคิด A. Force Sled B. et al.

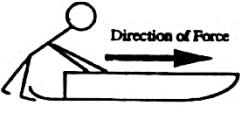
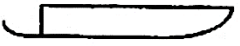
จากการวิเคราะห์แนวคิด Force Sled ตัวแทนความคิดของนักเรียนที่ใช้จากมากไปน้อย คือ Lego and vector Vector และ No คิดเป็นร้อยละ 79, 21, และ 1 ตามลำดับ แนวคิด Reversing Direction ตัวแทนความคิดของนักเรียนที่ใช้จากมากไปน้อย คือ Lego and vector Lego Vector และ No คิดเป็นร้อยละ 61, 12, 8 และ 19 ตามลำดับ แนวคิด Force Graphs, Acceleration Graphs และ Velocity Graphs ใช้ตัวแทนความคิด Graphs ทั้งหมด จากการพิจารณาตัวแทน

ความคิดที่นักเรียนเขียนได้ถูกต้องส่งผลให้นักเรียนเลือกคำตอบถูก แสดงให้เห็นว่า นักเรียนต้องมีตัวแทนความคิดที่ถูกต้องจึงจะสามารถแก้โจทย์ทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง

แนวคิดที่สามารถเขียนตัวแทนความคิดได้มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด คือ Force Sled ตัวแทนความคิดที่ใช้ 2 กลุ่ม คือ Lego and vector และ Vector ดังแสดงในภาพที่ 4.6A พบว่า ตัวแทนความคิด Lego and vector นักเรียนมีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (CM) ร้อยละ 48 มีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับไม่สมบูรณ์ (PM) ร้อยละ 29 มีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ร้อยละ 2 ตัวแทนความคิด vector นักเรียนมีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (CM) ร้อยละ 13 มีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับไม่สมบูรณ์ (PM) ร้อยละ 6 มีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ร้อยละ 2 นักเรียนที่เขียนตัวแทนความคิดที่ถูกต้อง คือ CM และ PM ของแนวคิด Force Sled คิดเป็นร้อยละ ในกลุ่มแนวคิดเรื่อง Force Sled มีตัวอย่างแนวคิดนักเรียน ดังแสดงในภาพที่ 4.7

คำถามข้อ 1 – 7 เลื่อนน้ำแข็งเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งซึ่งแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด คนใส่รองเท้าที่พื้นรองเท้ามีปุ่มแหลม ๆ สามารถยืนบนน้ำแข็งและออกแรงดันเลื่อนให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นน้ำแข็งได้

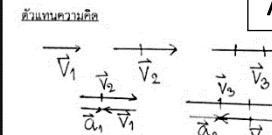
จงเลือกแรงหนึ่งแรง (จาก A ถึง G) ที่กระทำต่อเลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเลื่อนในแต่ละข้อ ใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ และเลือกได้เพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อ ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

	A. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น B. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่คงตัว C. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังลดลง
	D. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ
	E. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังลดลง F. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดคงตัว G. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น

1. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

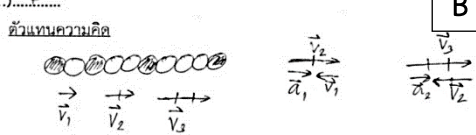
1.).....
ตัวแทนความคิด

A



1.).....
ตัวแทนความคิด

B



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการเขียนตัวแทนความคิดของแนวคิด Force Sled A. นักคนที่ 8 B.

นักเรียนคนที่ 11

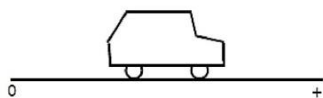
นักเรียนทั้งสองคนมีเขียนตัวแทนความคิดเพื่อใช้เป็นขั้นตอนในการหาคำตอบโดยนักเรียนคนที่ 8 เขียนตัวแทนความคิด Vector เป็นตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (CM) ขั้นที่ 1 เขียนตัวแทนความคิด Vector ของความเร็วในสถานการณ์ของคำถามข้อที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.7A ได้แก่ $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ และ $\vec{v}_3$ ขั้นที่ 2 หาความเร่งของการเคลื่อนที่โดยหาจาก $\vec{a}_1 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ และ $\vec{a}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2$ จะได้ความเร่งช่วงที่ 1 ที่มีขนาด 1 หน่วยและมีทิศไปทางขวา ความเร่งช่วงที่ 2 ที่มีขนาด 1 หน่วยและมีทิศไปทางขวา ทั้งสองช่วงมีขนาดของความเร่งเท่ากันแสดงว่าความเร่งมีขนาดคงที่และมีทิศทางไปทางขวา จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ว่า แรงที่มีขนาดคงที่ หน่วยทิศไปทางขวา คำตอบข้อนี้ตรงกับตัวเลือก B แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่คงตัว นักเรียนคนที่ 11 มีการเขียนตัวแทนความคิด Lego and vector เป็นตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (CM) ขั้นที่ 1 เขียนตัวแทนความคิด Lego ของความเร็วในสถานการณ์ของคำถามข้อที่ 1 ดังแสดงในภาพที่ 4.7B ขั้นที่ 2 เขียนตัวแทนความคิด Vector ของความเร็ว ได้แก่ $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ และ $\vec{v}_3$ ขั้นที่ 3 หาความเร่งของการเคลื่อนที่โดยหาจาก $\vec{a}_1 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ และ $\vec{a}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2$ ลักษณะเดียวกันกับนักเรียนคนที่ 8 จากการพิจารณา พบว่า นักเรียนทั้งสองคนสามารถเลือกคำตอบของคำถามข้อที่ 1 ได้ถูกต้อง แต่นักเรียนคนที่ 8 มีกระบวนการคิดที่เร็วขึ้นเนื่องจากไม่เขียนตัวแทนความคิด Lego เป็นกระบวนการคิดเช่นเดียวกับการทำชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ แต่นักเรียนคนที่ 11 สร้างตัวแทนความคิดเป็นขั้นโดยเพิ่มกระบวนการต่อเลโก้เช่นเดียวกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ทำให้เพิ่มความรอบคอบ แม่นยำในการคิด ส่งผลให้นักเรียนคนที่ 11 มีคะแนนหลังเรียนสูงที่สุด

เมื่อนำผลของการตรวจสอบตัวแทนความคิดไปเปรียบเทียบกับความก้าวหน้าทางการเรียนของแต่ละกลุ่มแนวคิด พบว่า มีแนวโน้มในทางเดียวกัน นักเรียนที่เขียนตัวแทนความคิดถูกต้องส่งผลให้นักเรียนเลือกคำตอบได้ถูกต้อง นอกจากนี้มีนักเรียนสามารถเขียนตัวแทนความคิดได้แต่ไม่สามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้เนื่องจากคำบรรยายของคำตอบในแบบประเมินแนวคิด FMCE บางข้อซับซ้อนทำให้นักเรียนไม่สามารถตีความได้จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้ การเขียนตัวแทนความคิดของนักเรียนที่ได้จากเลโก้ช่วยฝึกให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเพิ่มมากขึ้น

แนวคิดที่สามารถเขียนตัวแทนความคิดได้มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุด คือ Force Graphs ตัวแทนความคิดที่ใช้ คือ Graphs ดังแสดงในภาพที่ 4.6C พบว่า ตัวแทนความคิด Graphs นักเรียนมีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (CM) ร้อยละ 62 มีความเข้าใจตัวแทนความคิดในระดับคลาดเคลื่อน (AM) ร้อยละ 38 ในกลุ่มแนวคิดเรื่อง Force Graphs มีตัวอย่างแนวคิดนักเรียนดังแสดงในภาพที่ 4.8

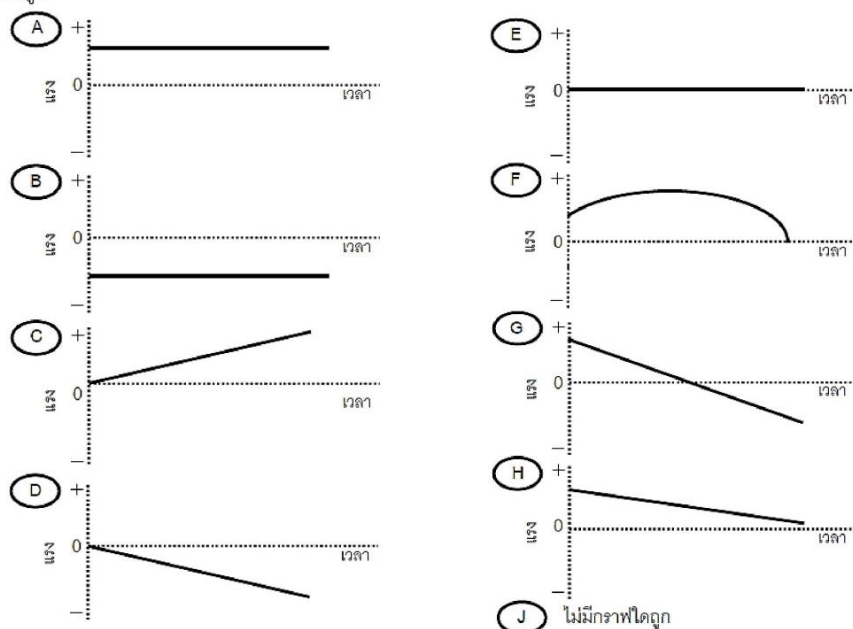
คำถามข้อ 14 – 21

รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ตามเส้นตรงในแนวระดับ (จุด 0 ในรูปคือจุดกำเนิดของแกนระยะทาง) กำหนดให้ทิศขวามือคือทิศบวก

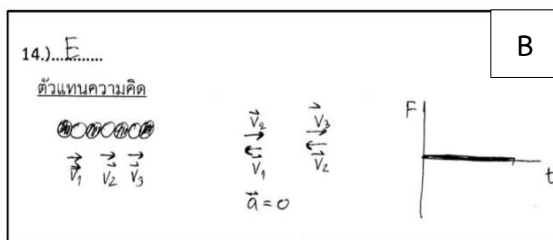
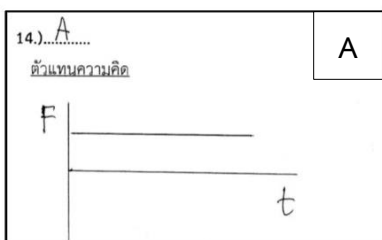


ให้สมมติว่าแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด

ให้เลือกกราฟแรง-เวลา (จาก A ถึง H) หนึ่งกราฟสำหรับข้อความแต่ละข้อข้างล่างซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถเป็นไปตามที่บรรยายคุณอาจใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก



14. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา (หนีห่างจากจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว



ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างการเขียนตัวแทนความคิดของแนวคิด Force Graphs A. นักเรียนที่ 8 B. นักเรียนคนที่ 11

นักเรียนทั้งสองคนมีเขียนตัวแทนความคิดเพื่อใช้เป็นขั้นตอนในการหาคำตอบโดยนักเรียนคนที่ 8 เขียนตัวแทนความคิด Graphs เป็นตัวแทนความคิดในระดับที่คลาดเคลื่อน (AM) ซึ่งเขียนกราฟตามตัวเลือกที่นักเรียนเลือกตอบดังแสดงในภาพที่ 4.8A ส่วนนักเรียนคนที่ 11 เขียนตัวแทนความคิด Graphs เป็นตัวแทนความคิดในระดับที่สมบูรณ์ (CM) ขั้นที่ 1 เขียนตัวแทนความคิด Lego ของความเร็วในสถานการณ์ของคำถามข้อที่ 14 ดังแสดงในภาพที่ 4.8B ขั้นที่ 2 เขียนตัวแทนความคิด Vector ของความเร็ว ได้แก่ $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ และ $\vec{v}_3$ ขั้นที่ 3 หาความเร่งของการเคลื่อนที่โดยหาจาก $\vec{a}_1 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ และ $\vec{a}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2$ ความเร่งช่วงที่ 1 มีค่าเป็นศูนย์ และความเร่งช่วงที่ 2 มีค่าเป็นศูนย์ ทั้งสองช่วงไม่มีความเร่ง จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ว่า ไม่มีแรง ขั้นที่ 4 นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา คำตอบข้อที่ 14 ตรงกับตัวเลือก E

ผลการศึกษาตัวแทนความคิด พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ นักเรียนมีตัวแทนความคิดส่วนใหญ่ที่นักเรียนแสดงออกมามีความแตกต่างกัน นักเรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดที่ใกล้เคียงกับตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์และองค์ความรู้ที่ต่างกัน โดยนักเรียนนำความรู้ที่ได้จากประสบการณ์และความรู้เดิมของนักเรียนเพื่ออธิบายและคาดเดาสิ่งที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการหาคำตอบนักเรียนได้ลงมือสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้ นักเรียนรู้จักคิดวางแผนแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้และประยุกต์ใช้ความรู้ อธิบายเหตุการณ์อื่นได้ สงกรานต์ มุลศรีแก้ว (2554) สอดคล้องกับ สงกรานต์ มุลศรีแก้ว (2554) ได้ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง ของไหล บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่า นักเรียนมีตัวแทนความคิดที่แสดงออกแตกต่างกัน แต่หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยวิธี POE ในภาพรวมนักเรียนมีตัวแทนความคิดที่แสดงออกมาได้ใกล้เคียงกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ สลิลทิพย์ พรหมย่อง (2556) ได้ศึกษาตัวแทนความคิดเรื่องไฟฟ้า ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยวิธี ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) พบว่า นักเรียนมีตัวแทนความคิดก่อนเรียนแตกต่างกันและส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ในหัวข้อนั้นๆ แต่เมื่อผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยวิธี POE พบว่า นักเรียนได้พัฒนามโนทัศน์ที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลให้ตัวแทนความคิดหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันน้อยลงและนักเรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ ลลิตา สารสุวรรณ (2556) ได้ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง งานและพลังงานโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่า นักเรียนมีตัวแทนความคิดที่ใช้อธิบาย เรื่อง งานและพลังงาน ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกัน โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ POE ในภาพรวมนักเรียนมีจำนวนแบบของตัวแทนความคิดน้อยลง ตัวแทน

ความคิดหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงออกมาใกล้เคียงกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการเชื่อถือในปัจจุบันมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความเข้าใจ FMCE วิเคราะห์ผลด้วยค่าสถิติทดสอบที (t-test) และ Normalized gain <g> และวิเคราะห์ตัวแทนความคิดด้วยการจัดกลุ่มตัวแทนความคิดที่ใช้ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.36 (SD 2.13) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.69 (SD 4.11) โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 15.33 คิดเป็นร้อยละ 46.46 และเมื่อวิเคราะห์ด้วย t-test พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน $t = 19.27$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ช่วยพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

5.1.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

5.1.2.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน <g> 0.57 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ Medium gain นักเรียนทุกคนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5.1.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลอยู่ในช่วง <g>=0.27-0.85 โดยมีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับ Low gain 1 คน คือ คนที่ 10 มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับ Medium gain 25 คน คือ คนที่ 2, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับ High gain 10 คน คิดเป็นร้อยละ 27.78 คือ คนที่ 1, 3, 8, 9, 11, 18, 19, 22, 24 และ 28 นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนที่สูงที่สุด <g> = 0.85 จัดอยู่ในระดับ High gain คือ นักเรียนคนที่ 11 และนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุด <g> = 0.27 จัดอยู่ในระดับ Low gain คือ นักเรียนคนที่ 10

5.1.2.3 แนวคิดที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ High gain 1 แนวคิด คือ Force Sled แนวคิดที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ Medium gain 4 แนวคิด คือ 1) Reversing Direction 2) Force Graphs 3) Acceleration Graphs และ 4) Velocity Graphs

แนวคิดที่นักเรียนมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุด $\langle g \rangle = 0.75$ จัดอยู่ในระดับ High gain คือ Force Sled แนวคิดที่นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด $\langle g \rangle = 0.48$ จัดอยู่ในระดับ Medium gain คือ Force Graphs

5.1.3 ตัวแทนความคิด

แนวคิด Force Sled ตัวแทนความคิดของนักเรียนที่ใช้จากมากไปน้อย คือ Lego and vector Vector และ No คิดเป็นร้อยละ 79, 21, และ 1 ตามลำดับ แนวคิด Reversing Direction ตัวแทนความคิดของนักเรียนที่ใช้จากมากไปน้อย คือ Lego and vector Lego Vector และ No คิดเป็นร้อยละ 61, 12, 8 และ 19 ตามลำดับ แนวคิด Force Graphs Acceleration Graphs และ Velocity Graphs ใช้ตัวแทนความคิด Graphs ทั้งหมดเพื่อนำมาใช้ในการแก้โจทย์ของแบบประเมิน แนวคิด FMCE นักเรียนที่ใช้ตัวแทนความคิดในกระบวนการคิดโจทย์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดเรื่องและการเคลื่อนที่มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 นักเรียนไม่สามารถคิดโจทย์คำถามของแบบประเมินแนวคิด FMCE ที่เกี่ยวข้องกับการหาแรงและความเร่งของการโยนวัตถุขึ้นที่จุดสูงสุดได้เนื่องจาก นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เดิมที่ว่า จุดสูงสุดมีความเร็วเป็นศูนย์ นักเรียนจึงคิดว่าแรงและความเร่งที่จุดสูงสุดเป็นศูนย์เช่นกัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไปควรเน้นที่จุดความเร่งสูงสุดให้เป็นอย่างดี

5.2.2 ตัวแทนความคิดส่วนใหญ่ที่นักเรียนได้ลงมือทำในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบเลโก้ นักเรียนสามารถทำได้ดีแต่เมื่อนักเรียนได้ลงมือแบบประเมินแนวคิด FMCE ปรากฏว่านักเรียนไม่สามารถตีความของสถานการณ์บางส่วนได้จึงทำให้นักเรียนไม่มีความเข้าใจแนวคิดเนื่องจากแบบประเมินแนวคิด FMCE ตัวแทนความคิดที่นักเรียนเข้าใจยากคือตัวแทนความคิดที่เป็นข้อความบรรยาย ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไปควรฝึกให้นักเรียนตีความจากข้อความที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมเพื่อเพิ่มความเข้าใจแนวคิด

5.2.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้จากตัวแทนความคิด เป็นการจำกัดตัวแทนความคิดด้วยเลโก้ซึ่งมีราคาแพง ในการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไปเราอาจจะใช้ตัวแทนความคิดอื่นที่มีราคาถูกมาเป็นตัวแทนความบ้างอาจจะแทนตัวสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา เช่น ตั๊กแตน คางคก แมลง แม่น้ำ เป็นต้น และผู้วิจัยหวังว่า ตัวแทนความคิดที่ดีที่สุดคือตัวแทนความคิดที่นักเรียนสามารถสร้างออกมาเป็นชิ้นงานได้

5.2.4 แบบประเมินแนวคิด FMCE ที่ใช้เป็นแบบทดสอบที่ได้มาตรฐาน และใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับอุดมศึกษา ดังนั้นนักเรียนจึงได้คะแนนในการทำแบบประเมินน้อย

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- เกียรติมณี บำรุงไร่. การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain
(POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- ณราภรณ์ บุญกิจ. ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสง จากการจัด
กิจกรรมการเรียนการสอนบนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ
ทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต:
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.
- นัชชา แดงงาม. “ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายต่อ
ความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน”, วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
5(1): 86-93; มกราคม-มิถุนายน, 2557.
- มารีน่า ตาเดอิน. “การประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย”, ใน การประชุมวิชาการ มอว. วิจัย ครั้งที่ 5.
น.221-227. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.
- รุจิระ การิสุข. การพัฒนาความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.
- รุ่งโรจน์ โคตรนารา. การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสี่ยง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 โดยใช้วิธีการสอนแบบ PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE).
วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.
- ลลิตา สารสุวรรณ. ตัวแทนความคิด เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.
- วนิชา ประยูรพันธ์. รูปแบบการทำความเข้าใจบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เรื่องแรงและ
การเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE).
วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ศรินภา ภาคภูมิ. การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- สงกรานต์ มูลศรีแก้ว. “ตัวแทนความคิด เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย”, ใน การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11. น.1191-1200. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- สลิลทิพย์ พรหมย่อง. ตัวแทนความคิด เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการสอนโดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.
- สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิดเรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.
- สุชาติ วัฒนชัย. ผลของการเรียนบนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง การบาดเจ็บของข้อเข่า สำหรับนักศึกษาสัตวแพทยศาสตร์ชั้นปีที่ 5. การค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.
- สุราง นรโกศ. การเสริมสร้างความเข้าใจ เรื่อง แรงและกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน โดยใช้การทดลองร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.
- Adadan, E., Irving, K. E. and Trundle, K. C. “Impacts of multi-representational instruction on high school students’ conceptual understandings of the particulate nature of matter”, *International journal of science education*. 31(13): 1743-1775; August, 2009.
- Brewer, WF. “Scientific Theories and Naïve Theories as Forms of Mental Representation”, *Phycologism Science and education*. 8(5): 489-505; September, 1999.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 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, 1998.
- Kohl, P. and et al. “Comparing explicit and implicit teaching of multiple representation use in physics problem solving”, **2006 physics education research conference**. New York: Syracuse, 2007.
- Rakkapao, S., and et al. “Evaluation of POE and instructor-led problem-solving approaches integrated into force and motion lecture classes using a model analysis technique”, **European Journal of Physics**. 35(1): 015-016; December, 2014.
- Smith, T.I. and Wittmann, M.C. “Applying a resources framework to analysisof the Force and Motion Conceptual Evaluation”, **Physical Review Special Topics–Physics Education Research**. 4: 1–12; November, 2008.
- Thornton, R.K. and Sokoloff, D.R. “Assesing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula”, **American Journal of Physics**. 66(4): 338-351; April, 1998.
- Teller, P. (2010). “Representation in Science”, **Maleficent**. <http://maleficent.ucdavis.edu:8080/paul/manuscripts-and-talks/RIS%20final/view>. April 4, 2015.
- White, R.T. and Gunstone, R.F. **Probing understanding**. London: Falmer Press, 1992.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้เรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่”

ชุดกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดด้วยเลโก้เรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่”

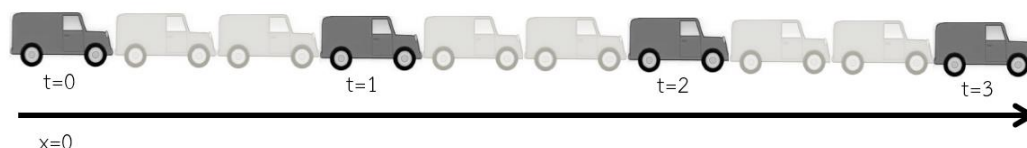
ชื่อ - สกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง: ให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิดอธิบายสถานการณ์ต่างๆ

1. ใช้เลโก้แทนความเร็วที่เกิดขึ้นและสร้างตัวแทนความคิดลงในช่องว่าง
2. ใช้เลโก้แทนความเร่งที่เกิดขึ้นและสร้างตัวแทนความคิดลงในช่องว่าง
3. นักเรียนเขียนอธิบายว่าสถานการณ์ต่างๆมีแนวโน้มความเร็วเป็นอย่างไร มีความเร่งหรือไม่ และแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ดังสถานการณ์นั้นได้ควรมีทิศทางไปทางใด

หมายเหตุ: เลโก้ 1 ตัวมีขนาดเท่ากับระยะห่างของรถ 1 คัน ระยะห่างระหว่างจุดของเครื่องเคาะสัญญาณและระยะห่างลูกเหล็กทรงกลมตัน 1 ลูก (x คือ การกระจัด , t คือ เวลา)

สถานการณ์ที่ 1 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านขวา ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที

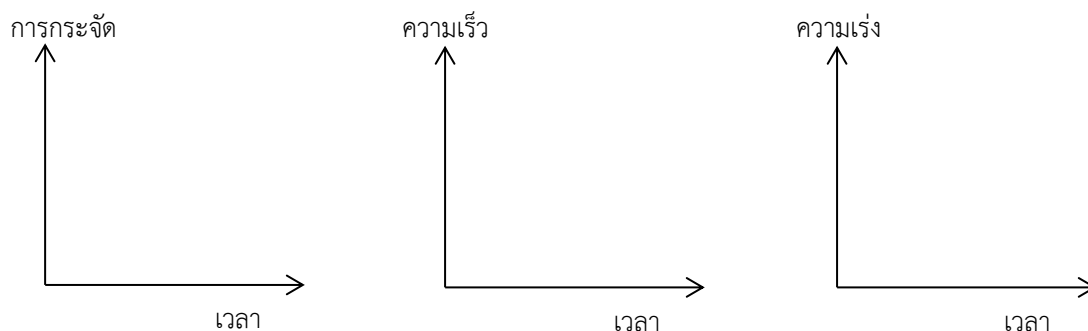


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระทำกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 1

.....

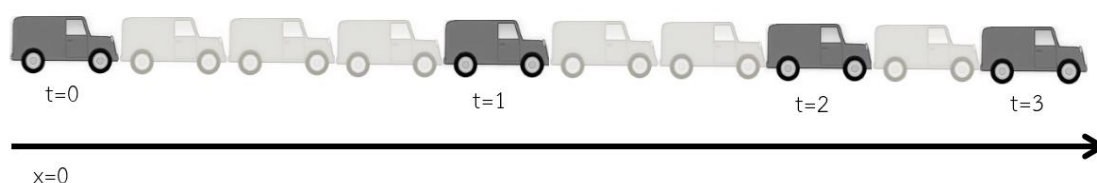
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านขวา ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที

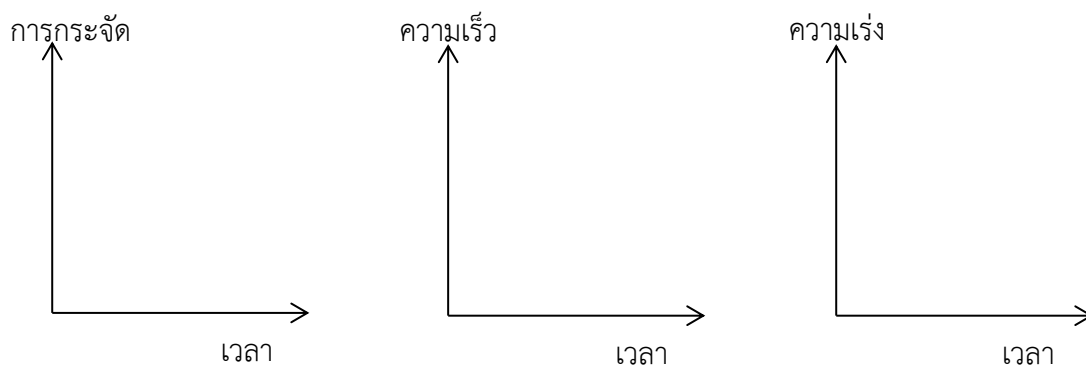


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้ความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 2

.....

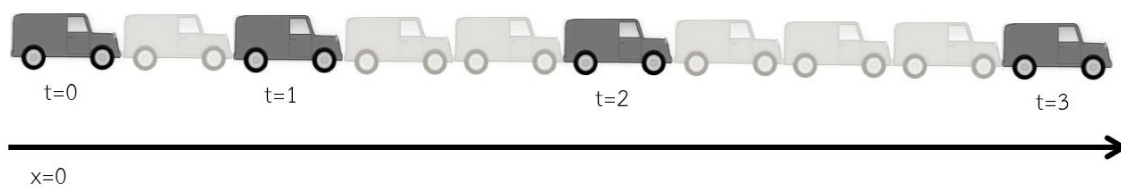
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านขวา ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที

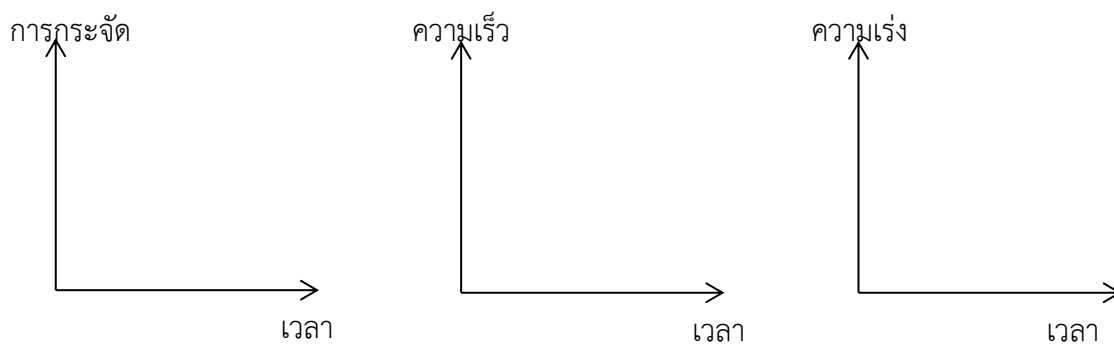


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 3

.....

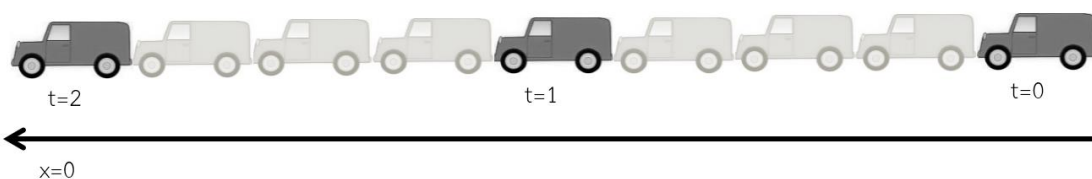
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 4 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที

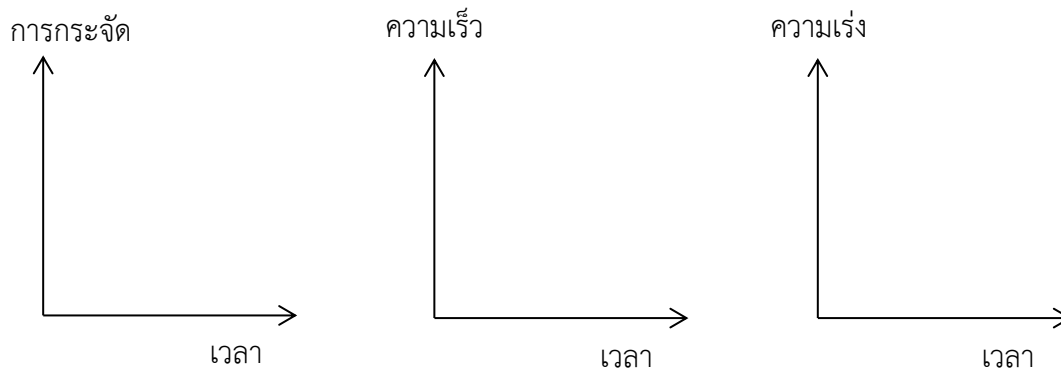


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

ร่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 4

.....

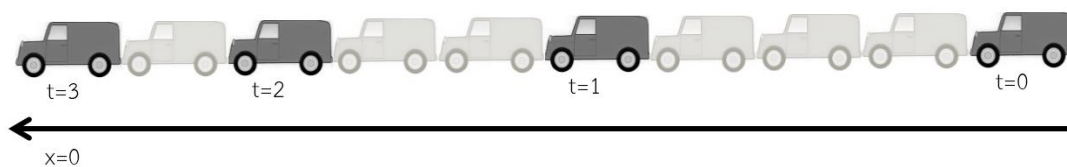
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5 รถกำลังเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย ใช้กล้องจับภาพรถทุกๆ 1 วินาที

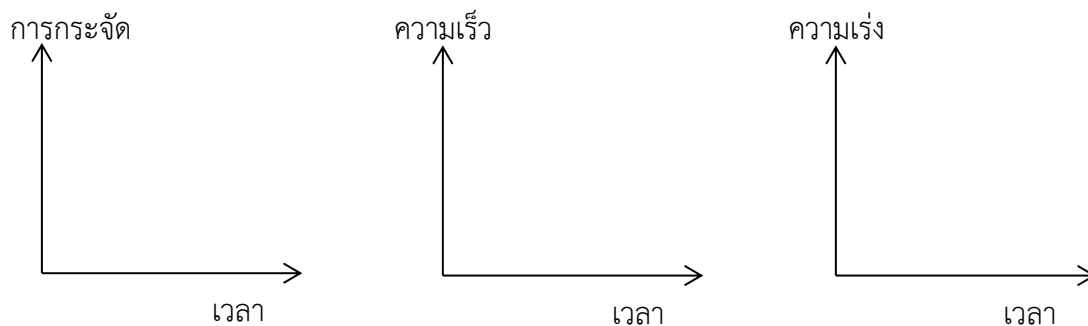


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 5

.....

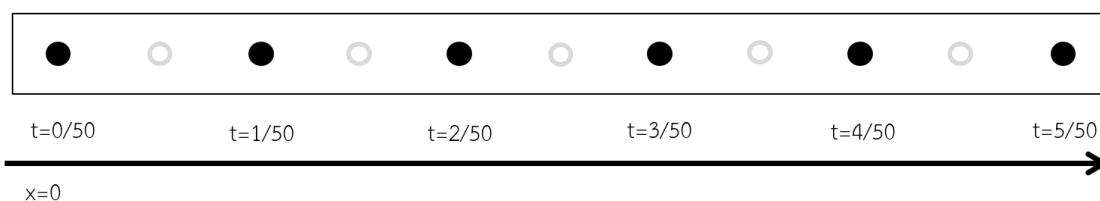
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 6 แถบกระดาษที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาทุกๆ $1/50$ วินาที

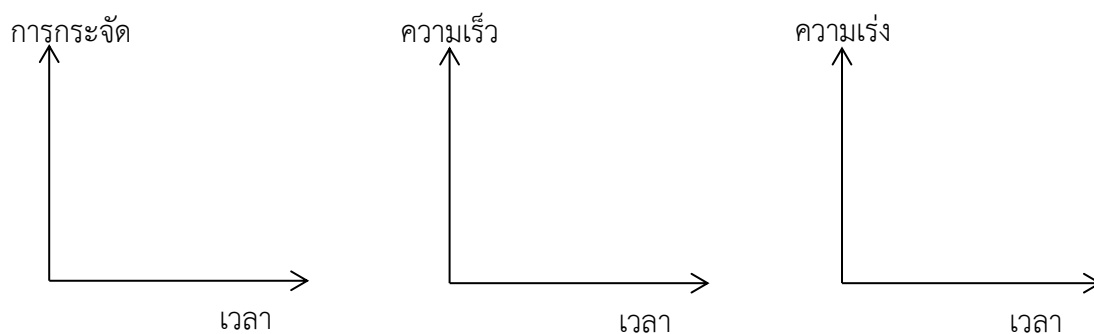


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 6

.....

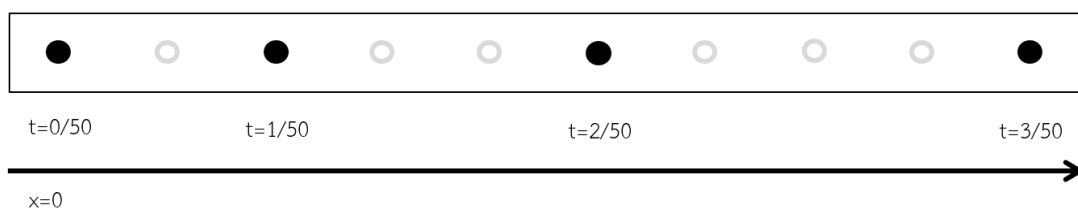
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 7 แถบกระดาษที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาเคาะทุกๆ $1/50$ วินาที

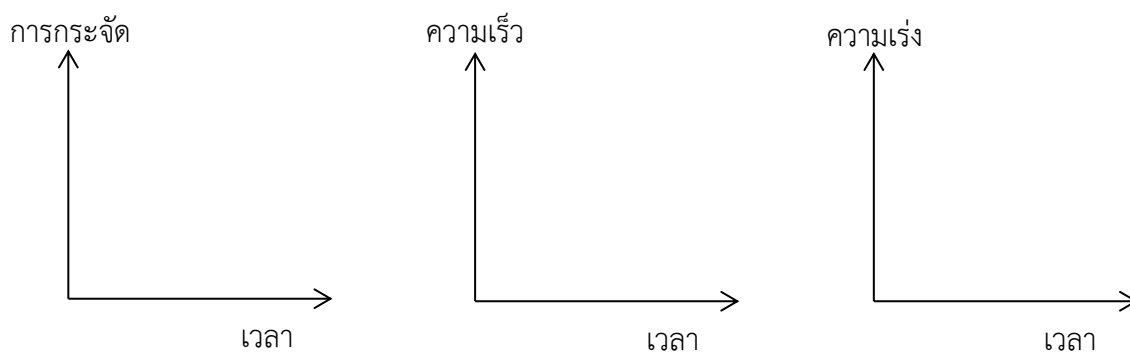


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 7

.....

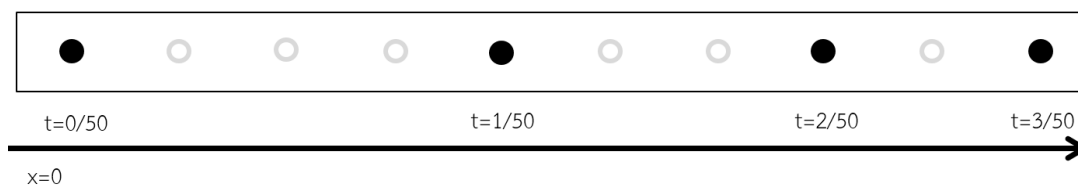
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 8 แถบกระดาษที่ผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลาทุกๆ $1/50$ วินาที

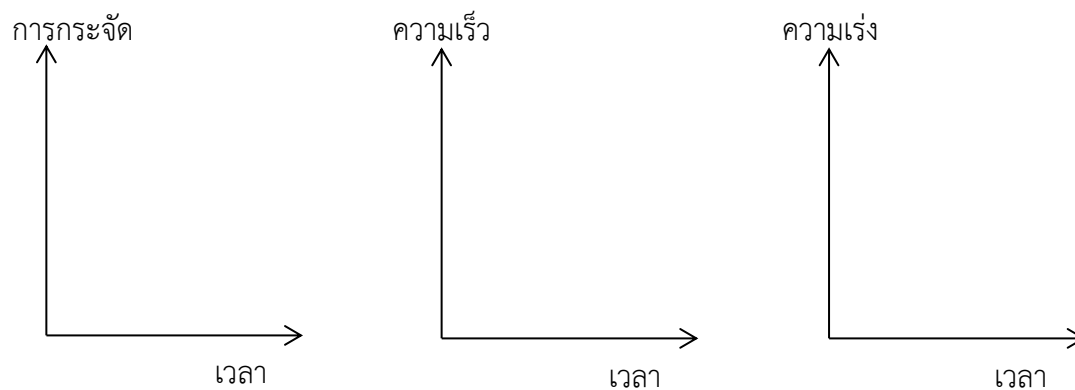


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 8

.....

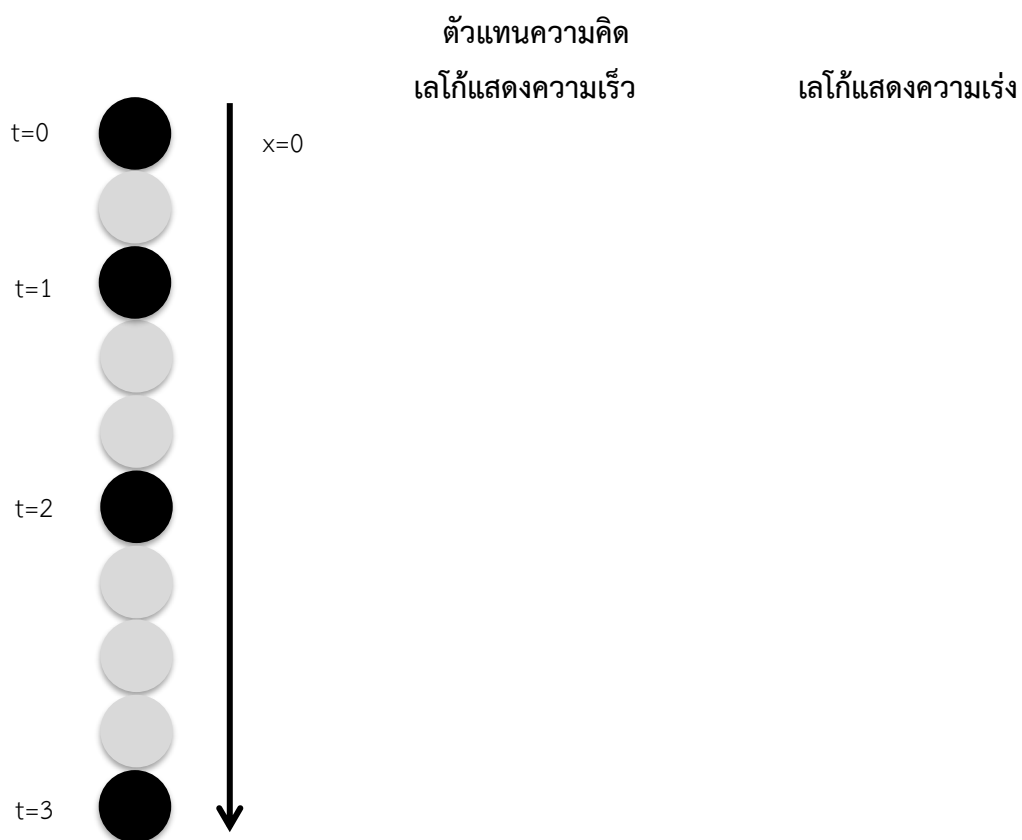
.....

.....

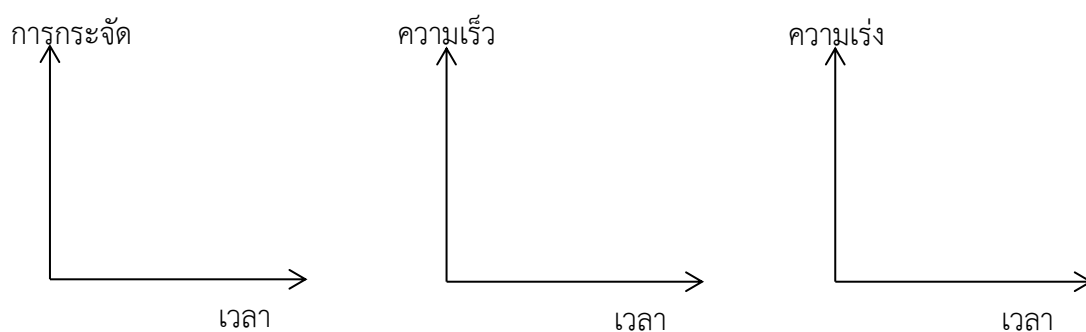
.....

.....

สถานการณ์ที่ 9 ปล่องลูกเหล็กทรงกลมตันให้ตกจากที่สูง ใช้กล้องจับภาพทุกๆ 1 วินาที



เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 9

.....

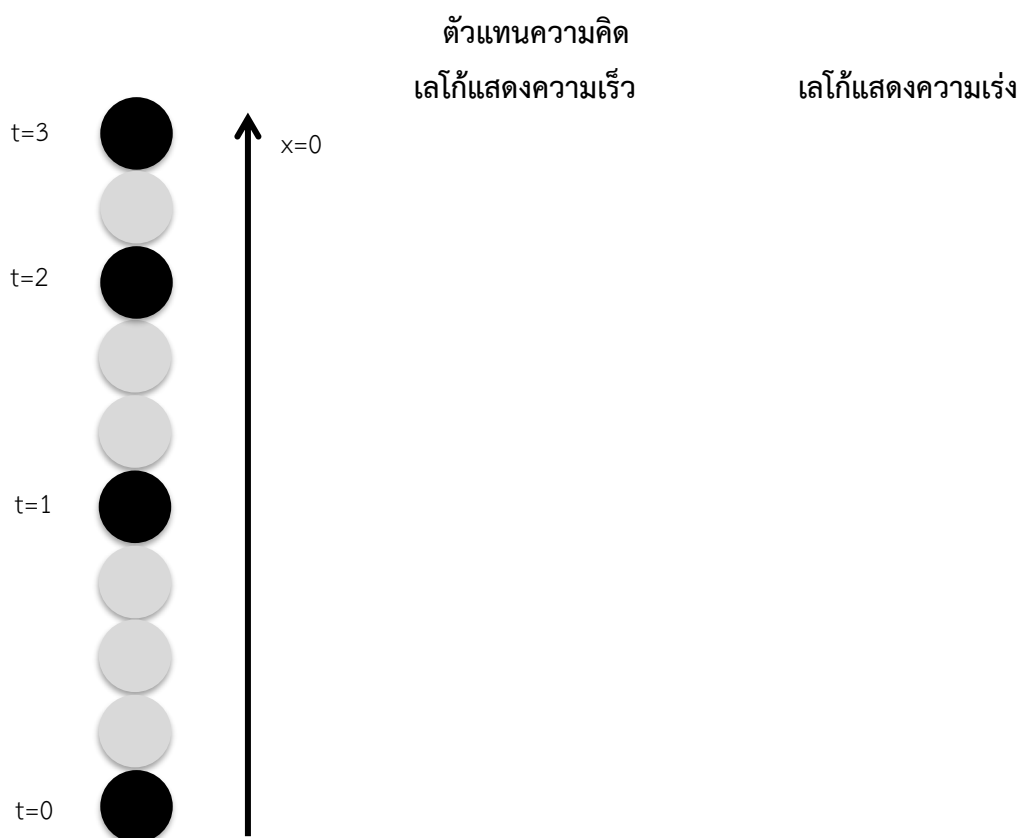
.....

.....

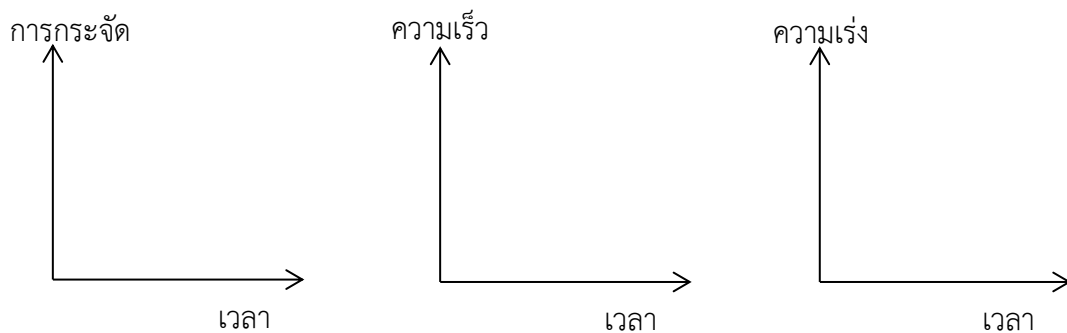
.....

.....

สถานการณ์ที่ 10 โยนลูกเหล็กทรงกลมตันขึ้นจากพื้นดิน ใช้กล้องจับภาพทุกๆ 1 วินาที



เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 10

.....

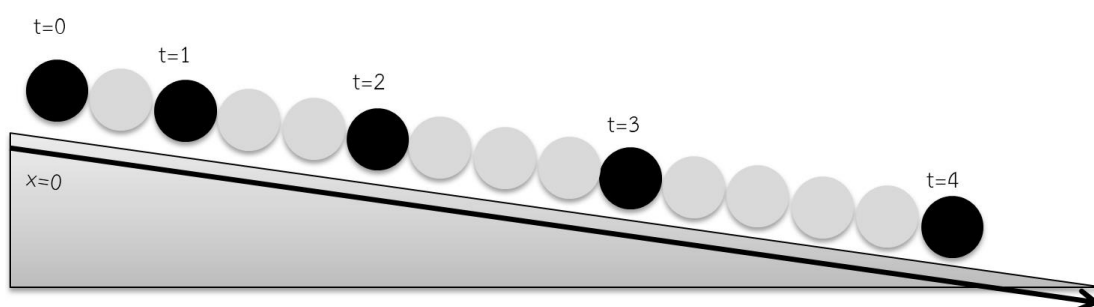
.....

.....

.....

.....

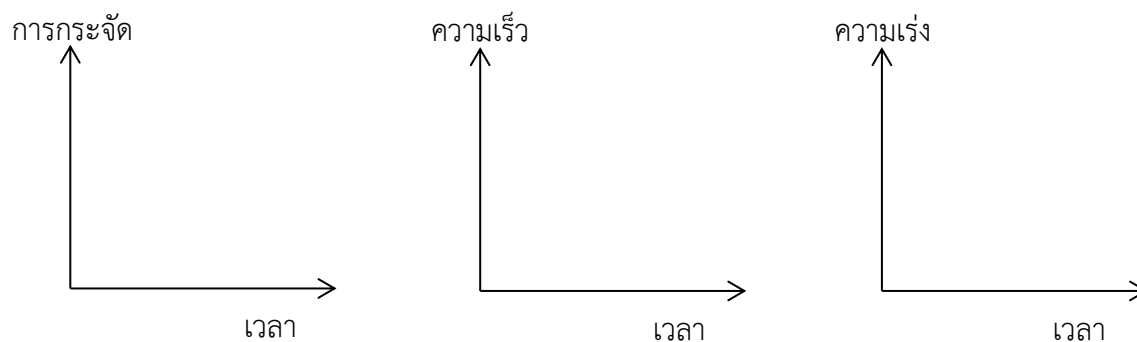
สถานการณ์ที่ 11 ปล่อยลูกเหล็กทรงกลมตันลงจากพื้นเอียง ใช้กล้องจับภาพทุกๆ 1 วินาที



ตัวแทนความคิด
ลูกเหล็กแสดงความเร็ว

ลูกเหล็กแสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 11

.....

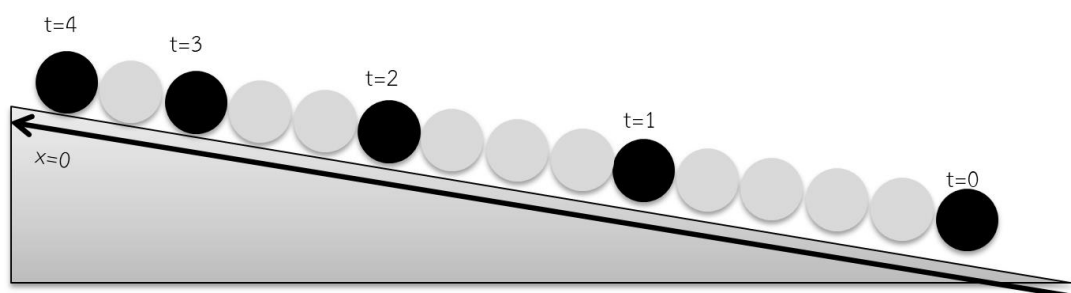
.....

.....

.....

.....

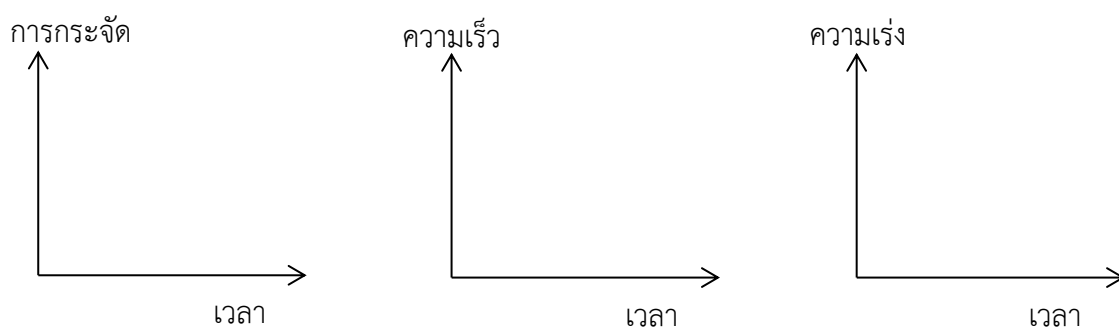
สถานการณ์ที่ 12 กลิ้งลูกเหล็กทรงกลมตันขึ้นพื้นเอียง ใช้กล้องจับภาพทุกๆ 1 วินาที



ตัวแทนความคิด
ลูกเหล็กแสดงความเร็ว

ลูกเหล็กแสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 12

.....

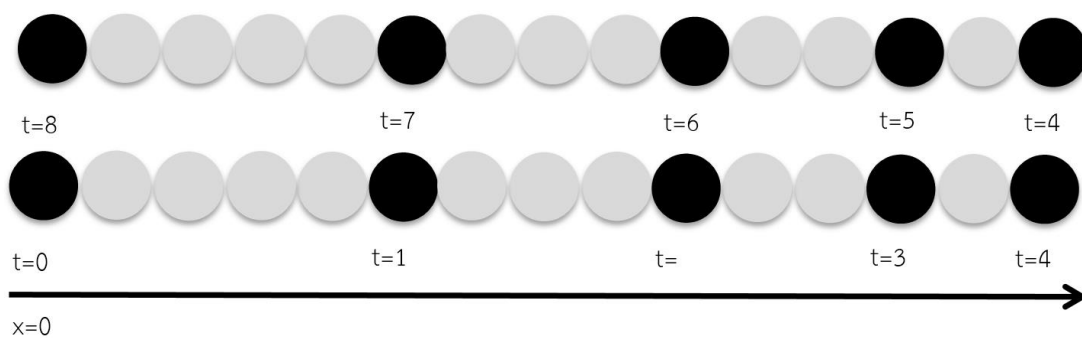
.....

.....

.....

.....

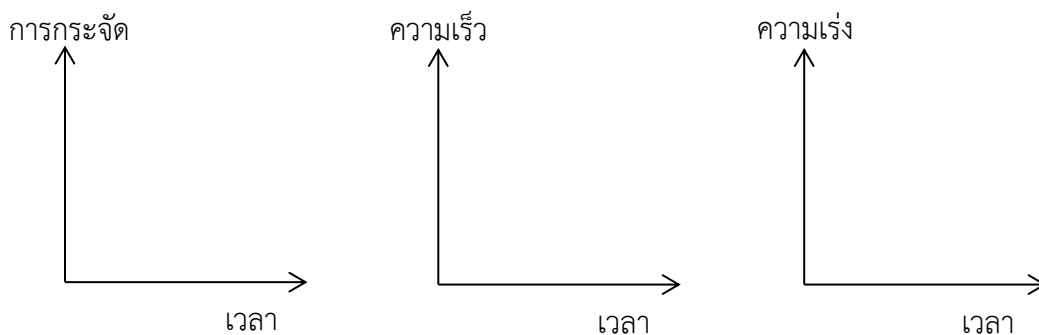
สถานการณ์ที่ 13 ลูกเหล็กทรงกลมตันเคลื่อนที่ไป-กลับ ใช้กล้องจับภาพทุกๆ 1 วินาที



ตัวแทนความคิด
เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 13

.....

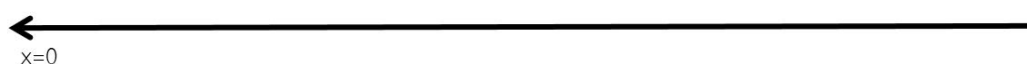
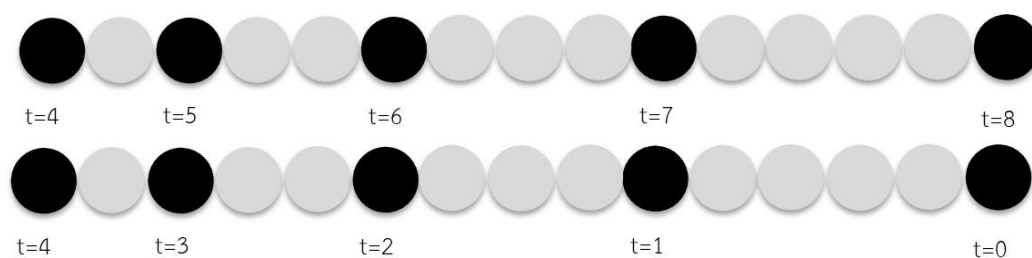
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 14 ลูกเหล็กทรงกลมตันเคลื่อนที่ไป-กลับ ใช้กล้องจับภาพทุกๆ 1 วินาที

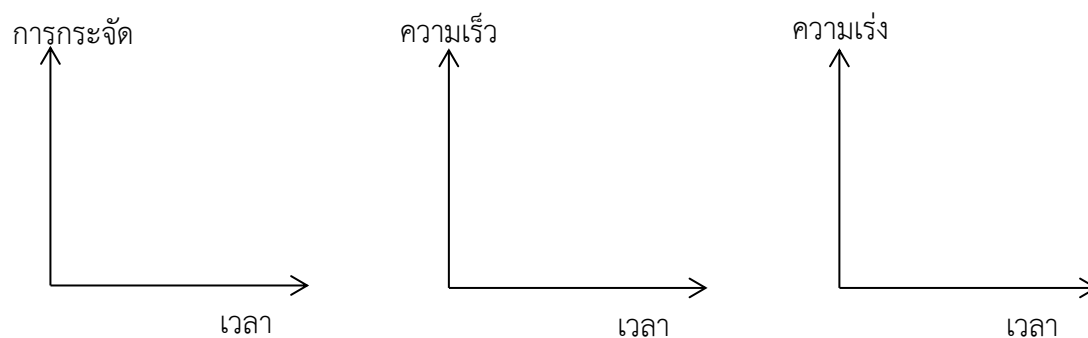


ตัวแทนความคิด

เลโก้แสดงความเร็ว

เลโก้แสดงความเร่ง

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา ความเร่งกับเวลา



อธิบายสถานการณ์ที่ 14

.....

.....

.....

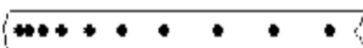
.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากรูปเป็นการรั่วของการหยดน้ำมันของรถยนต์ A และ B ข้อใดดังต่อไปนี้จริง

Car A 

Car B 

- ทั้งสองคันมีความเร็วคงที่
- ทั้งสองคันมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
- รถ A มีความเร่ง รถ B ไม่มีความเร่ง
- รถ B มีความเร่ง รถ A ไม่มีความเร่ง
- รถ A มีความเร่งที่สูงกว่ารถ B
- รถ B มีความเร่งที่สูงกว่ารถ A

2. วัตถุเคลื่อนที่จากขวาไปซ้าย เป็นการเคลื่อนที่ซึ่งแสดงโดยใช้แผนภาพของการหยดของน้ำมัน



วัตถุมีความเร็ว _____

และมีความเร่ง _____

- ไปทางขวา, ไปทางขวา
- ไปทางขวา, ไปทางซ้าย
- ไปทางซ้าย, ไปทางขวา
- ไปทางซ้าย, ไปทางซ้าย
- ไปทางขวา, ศูนย์
- ไปทางซ้าย, ศูนย์

3. รถของสมชายมีการรั่วไหลของน้ำมันและน้ำมันหยดบนถนนขณะที่เธอขับผ่านถนนสุรินทร์-ช่องจอม ซึ่งรอยน้ำมันที่ปรากฏบนถนนสุรินทร์-ช่องจอม สามารถอธิบายได้โดยคำอธิบายด้านล่าง ให้จับคู่เหตุการณ์กับแผนภาพพร้อมให้เหตุผลประกอบ

แผนภาพ A 

แผนภาพ B 

แผนภาพ C 

คำอธิบาย	แผนภาพ
1. สมชายขับด้วยความเร็วคงที่ แล้วจึงค่อยๆ ลดความเร็วลงเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นขับรถอย่างช้าๆ ที่ความเร็วคงที่	
2. สมชายลดความเร็วอย่างรวดเร็วจากความเร็วสูงจนช้าลง แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มความเร็วจนถึงความเร็วระดับปานกลาง	
3. สมชายขับด้วยความเร็วปานกลางและค่อยๆ เร่งความเร็วอย่างช้าๆ	

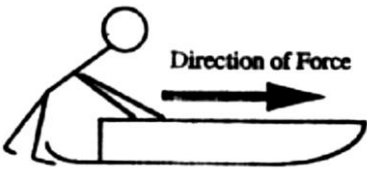
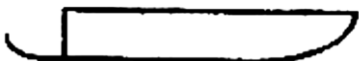
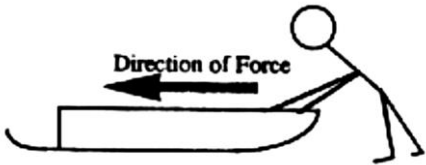
ภาคผนวก ข
แบบประเมินแนวคิด FMCE (ฉบับภาษาไทย)

แบบประเมินแนวคิดเรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่”
(Force and Motion Conceptual Evaluation, FMCE)

- คำชี้แจง:** 1. ตอบคำถามและเขียนแผนภาพความคิดข้อ 1–33 ในช่องว่างของกระดาษคำตอบ
อย่าลืมกรอกชื่อนักเรียนในกระดาษคำตอบ
2. ส่งกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบคืนทั้งคู่

ห้ามเขียนคำตอบหรือจดบันทึกสิ่งใดๆ ลงในกระดาษคำถาม

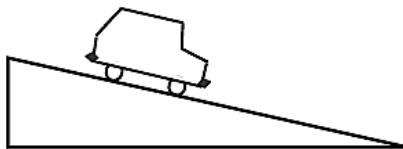
คำถามข้อ 1–7 เลื่อนน้ำแข็งเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งซึ่งแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิดคนใส่รองเท้าที่พื้นรองเท้ามีปุ่มแหลม ๆ สามารถยึบบนน้ำแข็งและออกแรงดันเลื่อนให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นน้ำแข็งได้ จงเลือกแรงหนึ่งแรง (จาก A ถึง G) ที่กระทำต่อเลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเลื่อนในแต่ละข้อ ใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ และเลือกได้เพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อ ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

	A. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น B. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่คงตัว C. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังลดลง
	D. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ
	E. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังลดลง F. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดคงตัว G. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น

- _____ 1. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- _____ 2. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว
- _____ 3. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

- _____ 4. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- _____ 5. เลื่อนถูกดันให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง จนกระทั่งมีความเร็วขนาดหนึ่ง ไปทางขวา แรงใดที่จะทำให้เลื่อนยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วนี้
- _____ 6. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอและมีความเร่งไปทางขวา
- _____ 7. เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

คำถามข้อ 8–10 รถของเล่นถูกผลักอย่างรวดเร็วให้เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง หลังจากปล่อยมือ รถเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงไปจนถึงตำแหน่งสูงสุดและเคลื่อนที่กลับลงมาอีก แรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด



ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อแสดงแรงสุทธิที่กระทำต่อรถในแต่ละกรณีที่บรรยายข้างล่าง ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

- A. แรงสุทธิคงตัว ทิศลงตามพื้นเอียง
 - B. แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น ทิศลงตามพื้นเอียง
 - C. แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังลดลง ทิศลงตามพื้นเอียง
 - D. แรงสุทธิเป็นศูนย์
 - E. แรงสุทธิคงตัว ทิศขึ้นตามพื้นเอียง
 - F. แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น ทิศขึ้นตามพื้นเอียง
 - G. แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังลดลง ทิศขึ้นตามพื้นเอียง
- _____ 8. รถกำลังเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงหลังจากปล่อยมือ
- _____ 9. รถอยู่ที่จุดสูงสุด
- _____ 10. รถกำลังเคลื่อนที่ลงพื้นเอียง

คำถามข้อ 11–13 โยนเหรียญๆ หนึ่งขึ้นไปตรงๆ หลังจากเหรียญหลุดมือ เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อบอกว่าแรงใดกำลังกระทำต่อเหรียญในแต่ละกรณีที่บรรยายข้างล่าง ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก ไม่ต้องคำนึงถึงผลเนื่องจากแรงต้านอากาศ

- A. แรงมีทิศลงและมีขนาดคงตัว

B. แรงมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น

C. แรงมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังลดลง

D. แรงเป็นศูนย์

E. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดคงตัว

F. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น

G. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดที่กำลังลดลง

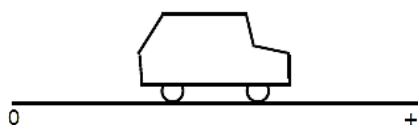
_____ 11. เหยี่ยูกำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากที่ถูกโยน

_____ 12. เหยี่ยูกำลังเคลื่อนที่ลง

_____ 13. เหยี่ยูกำลังเคลื่อนที่ลง

คำถามข้อ 14-21

รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ตามเส้นตรงในแนวระดับ (จุด 0 ในรูปคือจุดกำเนิดของแกนระยะทาง) กำหนดให้ทิศขวามือคือทิศบวก



ให้สมมติว่าแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด

ให้เลือกกราฟแรง-เวลา (จาก A ถึง H) หนึ่งกราฟสำหรับข้อความแต่ละข้อข้างล่าง ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถเป็นไปตามที่บรรยายคุณอาจใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

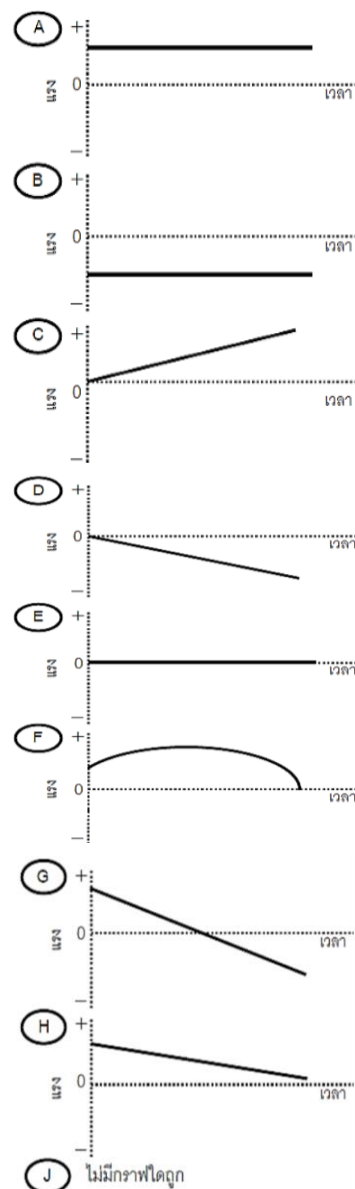
_____ 14. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา (หนีห่างจากจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว

_____ 15. รถอยู่นิ่ง

_____ 16. รถเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

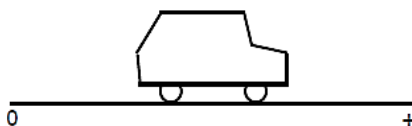
_____ 17. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว

_____ 18. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

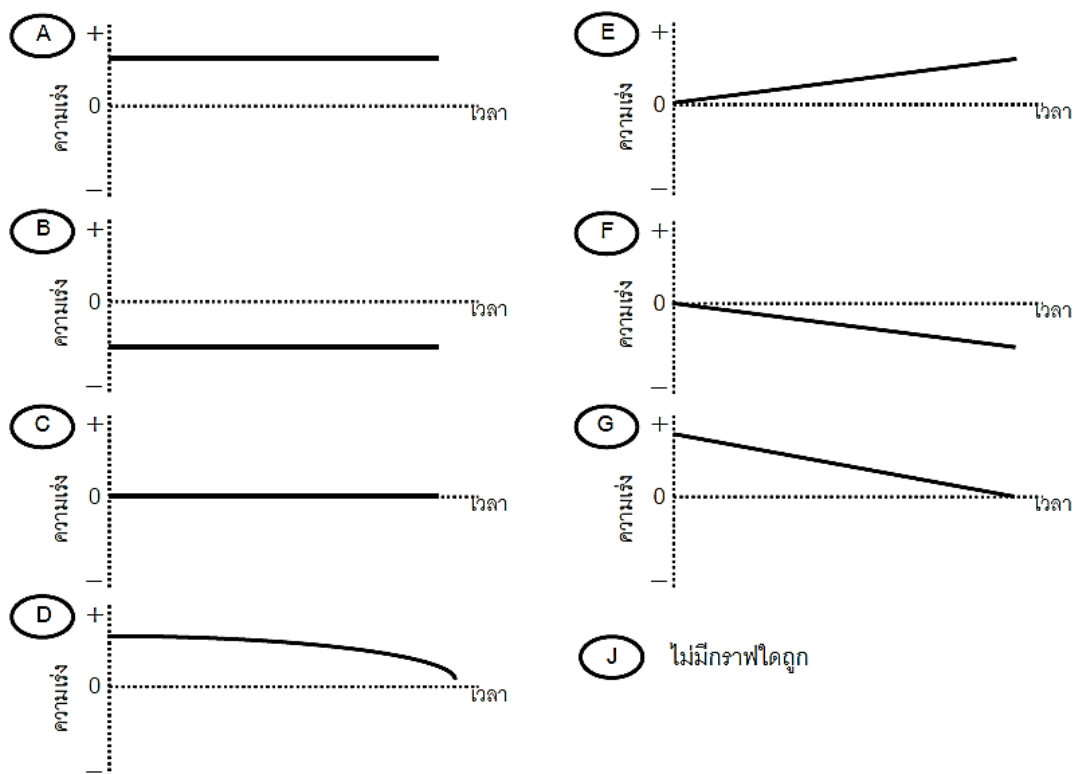


- _____ 19. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย
โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- _____ 20. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นแล้วเคลื่อนที่ช้าลง
- _____ 21. รถถูกผลักไปทางขวาแล้วปล่อย
กราฟใดบรรยายแรงที่กระทำหลังจากที่รถถูกปล่อย

คำถามข้อ 22–26 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ ตามเส้นตรงในแนวระดับ (จุด 0 ในรูปคือจุดกำเนิดของแกนระยะทาง) กำหนดให้ทิศขวามือคือทิศบวก



ข้อความข้างล่างบรรยายการเคลื่อนที่ของรถแบบต่างๆ ให้เลือกกราฟความเร่ง-เวลา (จาก A ถึง G) ที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของรถที่บรรยายในแต่ละข้อ คุณอาจใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก



- _____ 22. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา (หนีห่างจากจุดกำเนิด) โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ
- _____ 23. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ
- _____ 24. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว
- _____ 25. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ
- _____ 26. รถเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว

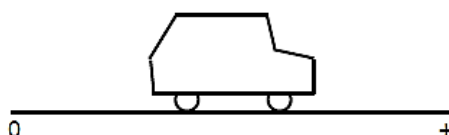
คำถามข้อ 27–29 โยนเหรียญขึ้นไปตรง ๆ หลังจากที่ยื่นเหรียญหลุดมือ

เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G)

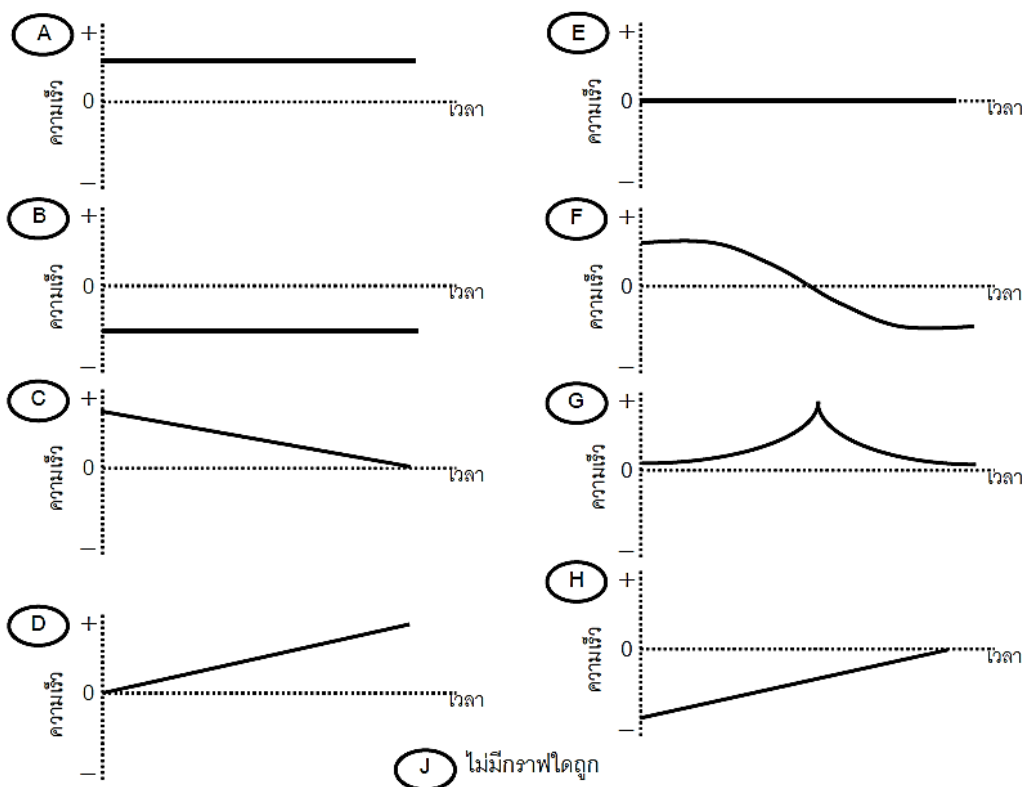
เพื่อบอกความเร่งของเหรียญในแต่ละกรณีที่บรรยายข้างล่าง โดยให้ใช้ทิศขึ้นเป็นทิศบวก ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

- A. ความเร่งมีทิศลบและมีขนาดคงตัว
- B. ความเร่งมีทิศลบและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- C. ความเร่งมีทิศลบและมีขนาดที่กำลังลดลง
- D. ความเร่งเป็นศูนย์
- E. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดคงตัว
- F. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- G. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดที่กำลังลดลง
- _____ 27. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากถูกโยน
- _____ 28. เหรียญอยู่ที่จุดสูงสุด
- _____ 29. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ลง

คำถามข้อ 30–33 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือซ้ายตามเส้นตรงในแนวระดับ (จุด 0) ในรูปคือจุดกำเนิดของแกนระยะทาง) กำหนดให้ทิศขวามือคือทิศบวก



เลือกกราฟความเร็ว-เวลา (A–H) ที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของรถที่บรรยายในแต่ละข้อข้างล่าง
 คุณอาจเลือกกราฟข้อใดข้อหนึ่งได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่เลือกข้อนั้นเลยก็ได้ ให้ตอบตัวเลือก J
 ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก



- _____ 30. รถกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา (ออกจากจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว
- _____ 31. รถมีการเคลื่อนที่ย้อนกลับทิศ
- _____ 32. รถกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว
- _____ 33. รถกำลังเพิ่ม อัตราเร็ว ด้วยอัตราสม่ำเสมอ

ภาคผนวก ค
คะแนนนักเรียน

ตารางที่ ค.1 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากแบบประเมิน
ความเข้าใจ FMCE 33 ข้อ

นักเรียน	คะแนน ก่อนเรียน (33 คะแนน)	ร้อยละ ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน (33 คะแนน)	ร้อยละ หลังเรียน	<g>
คนที่ 1	3	9.09	27	81.82	0.80
คนที่ 2	4	12.12	24	72.73	0.69
คนที่ 3	5	15.15	25	75.76	0.71
คนที่ 4	8	24.24	18	54.55	0.40
คนที่ 5	6	18.18	20	60.61	0.52
คนที่ 6	8	24.24	22	66.67	0.56
คนที่ 7	5	15.15	17	51.52	0.43
คนที่ 8	7	21.21	28	84.85	0.81
คนที่ 9	5	15.15	25	75.76	0.71
คนที่ 10	7	21.21	14	42.42	0.27
คนที่ 11	6	18.18	29	87.88	0.85
คนที่ 12	9	27.27	22	66.67	0.54
คนที่ 13	7	21.21	23	69.70	0.62
คนที่ 14	3	9.09	19	57.58	0.53
คนที่ 15	9	27.27	22	66.67	0.54
คนที่ 16	8	24.24	21	63.64	0.52
คนที่ 17	10	30.30	18	54.55	0.35
คนที่ 18	6	18.18	26	78.79	0.74
คนที่ 19	3	9.09	24	72.73	0.70
คนที่ 20	5	15.15	20	60.61	0.54
คนที่ 21	7	21.21	21	63.64	0.54
คนที่ 22	8	24.24	28	84.85	0.80
คนที่ 23	10	30.30	25	75.76	0.65
คนที่ 24	6	18.18	28	84.85	0.81
คนที่ 25	5	15.15	20	60.61	0.54

ตารางที่ ค.1 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากแบบประเมิน
ความเข้าใจ FMCE 33 ข้อ (ต่อ)

นักเรียน	คะแนน ก่อนเรียน (33 คะแนน)	ร้อยละ ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน (33 คะแนน)	ร้อยละ หลังเรียน	<g>
คนที่ 26	6	18.18	15	45.45	0.33
คนที่ 27	11	33.33	21	63.64	0.45
คนที่ 28	5	15.15	25	75.76	0.71
คนที่ 29	3	9.09	23	69.70	0.67
คนที่ 30	7	21.21	15	45.45	0.31
คนที่ 31	4	12.12	19	57.58	0.52
คนที่ 32	6	18.18	15	45.45	0.33
คนที่ 33	8	24.24	18	54.55	0.40
คนที่ 34	6	18.18	17	51.52	0.41
คนที่ 35	9	27.27	25	75.76	0.67
คนที่ 36	4	12.12	22	66.67	0.62

ตารางที่ ค.2 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของข้อสอบ FMCE แต่ละข้อของนักเรียน 36 คน

ข้อที่	คะแนน ก่อนเรียน (36 คะแนน)	ร้อยละ ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน (36 คะแนน)	ร้อยละ หลังเรียน	<g>
ข้อที่ 1	10	27.78	35	97.22	0.96
ข้อที่ 2	0	0.00	33	91.67	0.92
ข้อที่ 3	0	0.00	32	88.89	0.89
ข้อที่ 4	12	33.33	33	91.67	0.88
ข้อที่ 5	9	25.00	29	80.56	0.74
ข้อที่ 6	4	11.11	14	38.89	0.31
ข้อที่ 7	1	2.78	22	61.11	0.60
ข้อที่ 8	2	5.56	33	91.67	0.91
ข้อที่ 9	1	2.78	10	27.78	0.26
ข้อที่ 10	4	11.11	26	72.22	0.69
ข้อที่ 11	6	16.67	27	75.00	0.70
ข้อที่ 12	2	5.56	7	19.44	0.15
ข้อที่ 13	4	11.11	27	75.00	0.72
ข้อที่ 14	1	2.78	28	77.78	0.77
ข้อที่ 15	28	77.78	36	100.00	1.00
ข้อที่ 16	16	44.44	32	88.89	0.80
ข้อที่ 17	3	8.33	24	66.67	0.64
ข้อที่ 18	4	11.11	21	58.33	0.53
ข้อที่ 19	11	30.56	16	44.44	0.20
ข้อที่ 20	1	2.78	12	33.33	0.31
ข้อที่ 21	5	13.89	6	16.67	0.03
ข้อที่ 22	18	50.00	27	75.00	0.50
ข้อที่ 23	4	11.11	27	75.00	0.72
ข้อที่ 24	6	16.67	22	61.11	0.53
ข้อที่ 25	13	36.11	15	41.67	0.09
ข้อที่ 26	11	30.56	25	69.44	0.56

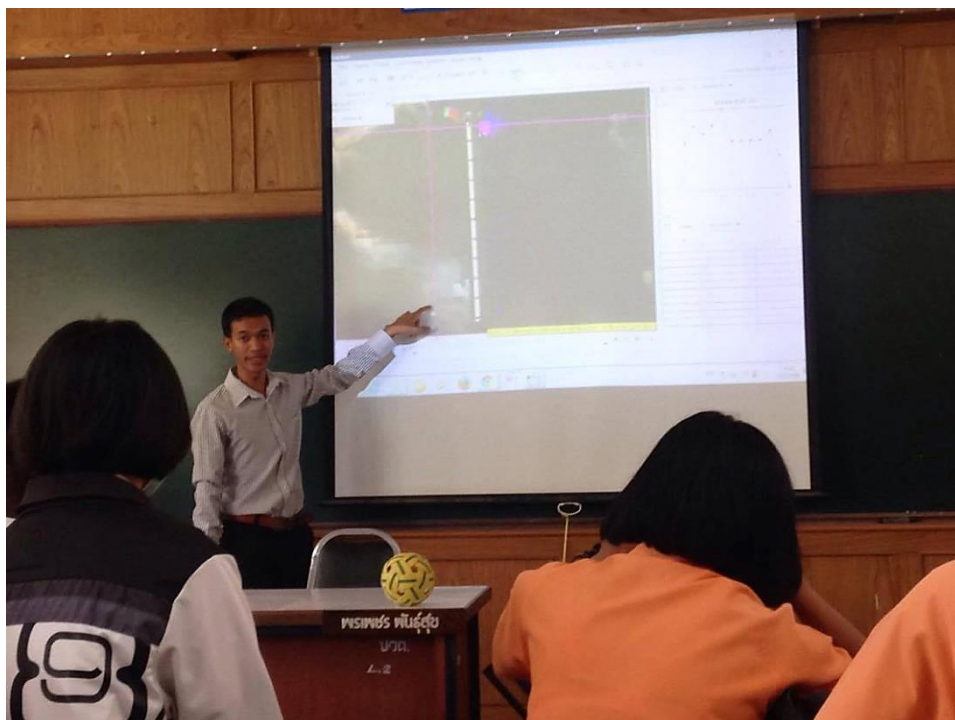
ตารางที่ ค.2 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของข้อสอบ FMCE แต่ละข้อของนักเรียน 36 คน
(ต่อ)

ข้อที่	คะแนน ก่อนเรียน (36 คะแนน)	ร้อยละ ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน (36 คะแนน)	ร้อยละ หลังเรียน	<g>
ข้อที่ 27	3	8.33	31	86.11	0.85
ข้อที่ 28	2	5.56	6	16.67	0.12
ข้อที่ 29	2	5.56	24	66.67	0.65
ข้อที่ 30	19	52.78	27	75.00	0.47
ข้อที่ 31	9	25.00	19	52.78	0.37
ข้อที่ 32	11	30.56	24	66.67	0.52
ข้อที่ 33	7	19.44	31	86.11	0.83

ตารางที่ ค.3 ร้อยละก่อนเรียนและหลังเรียนของข้อสอบ FMCE แต่ละกลุ่มคำถาม

กลุ่มคำถาม	ร้อยละ ก่อนเรียน	ร้อยละ หลังเรียน	<g>
แรงที่กระทำต่อเลื่อน (Force Sled)	14.29	78.57	0.75
การเคลื่อนที่กลับทิศทาง (Reversing Direction)	8.02	58.95	0.55
กราฟของแรง (Force Graphs)	23.96	60.76	0.48
กราฟของความเร่ง (Acceleration Graphs)	28.89	64.44	0.50
กราฟของความเร็ว (Velocity Graphs)	31.94	70.14	0.56

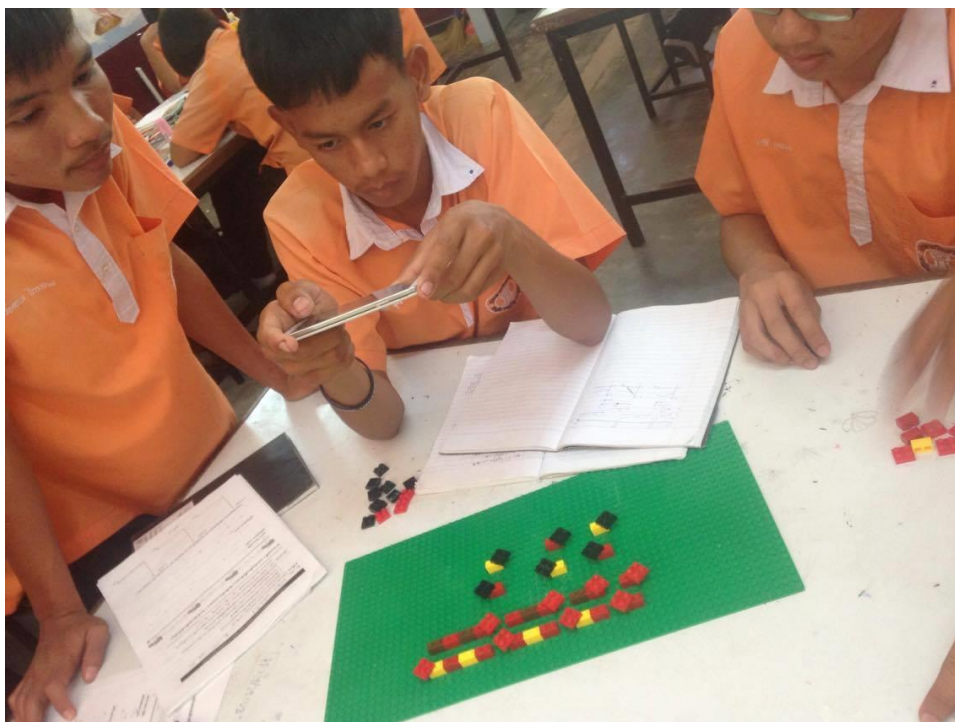
ภาคผนวก ง
ตัวอย่างรูปกิจกรรม



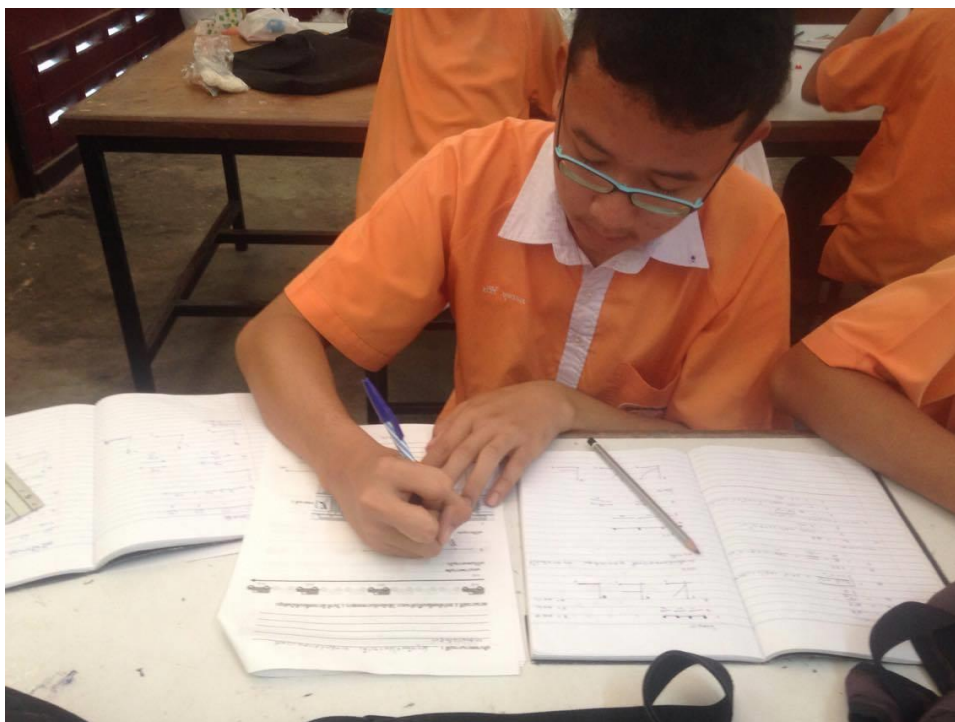
ภาพที่ ง.1 การจัดการเรียนการสอนของครู



ภาพที่ ง.2 นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดจากเลโก้



ภาพที่ ง.3 นักเรียนถ่ายภาพตัวแทนความคิดจากเลโก้



ภาพที่ ง.4 นักเรียนทำแบบทดสอบ FMCE

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายพิชิตพล เฟ่งพิศ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550–2553 มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ พ.ศ. 2554 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2555–ปัจจุบัน ครู โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ อีเมลล์ pichitpon@pwk.ac.th