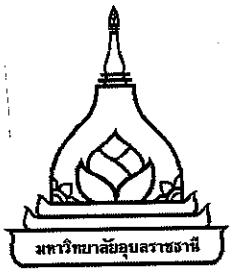


การเพิ่มพูนความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE)

ชลิตา ทักษิณกานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ENHANCING CONCEPTS OF MASS, FORCE, AND MOTION THROUGH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE)

CHALITA TAKSINKANON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

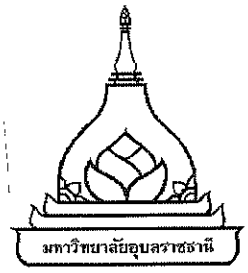
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2012

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การเพิ่มพูนความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE)

ผู้วิจัย นางสาวชลิตา ทักษิณกานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช)

..... กรรมการ

(ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง)

..... กรรมการ

(ดร.รุ่งทิวา จันทน์วัฒนวงษ์)

..... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ อินทรประเสริฐ)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาของ ผศ.ดร.อุดม ทิพราช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง ที่กรุณาให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการศึกษาและการวิจัย และขอกราบขอบพระคุณดร.รุ่งทิวา จันทน์วัฒนวงษ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ กลุ่ม PENThai มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้อนุเคราะห์แบบสำรวจ MPEX และแบบทดสอบ FMCE ฉบับภาษาไทย

ขอขอบพระคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ตั้งแต่ระดับปริญญาตรีจนถึงระดับปริญญาโท

ขอขอบคุณเพื่อนวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยเฉพาะวิชาเอกฟิสิกส์ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ สร้างแรงจูงใจและให้กำลังใจเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง คุณงามความดีอันใดที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่บิดามารดา ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้กับผู้วิจัย

ชลิตา

(นางสาวชลิตา ทักษิณกานนท์)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การเพิ่มพูนความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE)

โดย : ชลิตา ทักษิณกานนท์

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช

ศัพท์สำคัญ : ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE แบบสำรวจ MPEX normalized gain

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และสร้างเจตคติทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 41 คน เลือกแบบเจาะจง โดยใช้รูปแบบการวิจัยเป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสำรวจ Maryland Physics Expectations (MPEX) ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) แบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ประสิทธิภาพเท่ากับ 82.39/75.37 กิจกรรมการเรียนที่ใช้สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 และศึกษาเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 39.56 ของนักเรียนทั้งหมด มีความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในระดับกลาง

ABSTRACT

TITLE : ENHANCING CONCEPTS OF MASS, FORCE, AND MOTION THROUGH PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE)

BY : CHALITA TAKSINKANON

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

CHAIR : ASST.PROF. UDOM TIPPARACH, Ph.D.

KEYWORDS : PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE) ACTIVITY SETS / MARYLAND PHYSICS EXPECTATIONS (MPEX) / NORMALIZED GAIN

The purposes of this research were to design learning activities and construct in Physics on the topics of mass, force, and motion with the use of Predict-Observe-Explain (POE) method. Forty one grade 10 students of Nayiasuksa Ratchamangklapisek school, Ubon Ratchathani were selected purposively. The one group pretest-posttest design was used in this research. The research tools were Maryland Physics Expectations (MPEX), Predict-Observe-Explain (POE) activity sets, conceptual tests on the topics of mass, force, and laws of motion, and attitude towards Physics tests. The results showed that the efficiency of the tool was 82.39/75.37. The learning activities attracted students' attention. The average posttest score was higher than that of pretest with statistical significance of .05, and 39.56 % of the students has positive attitude in good level. Average normalized gain of learning achievement was 0.66 which was in a good level.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**จ**
สารบัญภาพ	**ฉ**
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ตัวแปรในการวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	7
2.2 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง	10
2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค POE	12
2.4 แบบสำรวจความคาดหวัง	14
2.5 แบบทดสอบแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่	17
2.6 ความก้าวหน้าทางการเรียน	17
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	19
3.2 แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย	19
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	22
4 ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผล	
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์	25
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์	28
4.3 การวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain(POE)	26
4.4 การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่	27
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	32
4.6 การวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนด้วยกิจกรรม POE	33
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)	36
5.2 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่	37
5.3 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE	39
5.4 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	**41**
ภาคผนวก	
ก ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	46
ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	58
ประวัติผู้วิจัย	**169**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กลุ่มของความคาดหวัง	15
2.2	แสดงความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญ	16
4.1	ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain(POE)	28
4.2	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน และ normalized gain แต่ละหัวข้อ	29
4.3	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และและระดับนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนของนักเรียน	31
4.4	ร้อยละของคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์แยกตามระดับความคิดเห็น	33
ก.1	คะแนนระหว่างเรียนด้วยชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)	47
ก.2	คะแนนจากแบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม POE	49
ก.3	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายรายข้อและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบ	51
ก.4	ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายบุคคล	53
ก.5	ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายหัวข้อ	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปิรามิดการเรียนรู้ แสดงร้อยละของการจดจำความรู้ที่ได้รับโดยวิธีการต่าง ๆ	8
2.2	วิวัฒนาการของแนวคิดเกี่ยวกับการสอน	9
3.1	แผนผังแสดงขั้นตอนในการวิจัย	19
3.2	แผนผังแสดงเนื้อหาเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่	21
4.1	ความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 และผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในสาขาวิชาฟิสิกส์ของสหรัฐอเมริกา	27
4.2	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE	30
4.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE	30
4.4	ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE	32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ของมนุษย์ เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ และเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552)

ผลการประเมิน PISA ชี้ให้เห็นว่าความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีแนวโน้มลดต่ำลงมาอย่างต่อเนื่องตามเวลา และการประเมินผลนานาชาติ TIMSS ก็ยืนยันทำนองเดียวกัน ไม่เพียงเฉพาะการประเมินผลนานาชาติเท่านั้นที่ชี้ให้เห็นถึงสภาวะถดถอยของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน การประเมินภายในประเทศ ที่รู้จักกันในนามของการประเมินผล O –NET ก็ระบุชัดถึงคะแนนที่ลดต่ำลงของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย นอกจากนี้การสำรวจด้านทรัพยากรการเรียนจาการรายงานของผู้บริหารโรงเรียนใน PISA 2006 ยังพบว่าทรัพยากรที่ขาดแคลนมากที่สุดคืออุปกรณ์วิทยาศาสตร์ รองลงมาคือวัสดุอุปกรณ์ในห้องสมุดแม้กระทั่งวัสดุการเรียนการสอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน นักเรียนที่ขาดทักษะกระบวนสืบเสาะหาความรู้อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายด้านดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จะส่งผลให้เกิดปัญหาในการเรียนรู้ตามมามากมาย เริ่มตั้งแต่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน ขาดความสนใจในการเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ลดลงส่งผลให้เกิดความรู้สึกท้อแท้ไม่ต้องการเรียน จนถึงเกิดปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำทั่วประเทศ เช่นเดียวกับนักเรียนโรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี

โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษกได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมา พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จากการวิเคราะห์สาเหตุโดยการสัมภาษณ์จากเพื่อนครู พบว่า ปัญหาที่พบในการสอนวิชาฟิสิกส์คือ นักเรียนขาดทักษะที่จำเป็นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ ทักษะการคำนวณ ทักษะการวัด การสังเกต และการแปรความหมายข้อมูล นักเรียนมีแนวคิดว่าวิชาฟิสิกส์เป็นเรื่องที่ไกลตัว และจากการสำรวจพบว่าอุปกรณ์สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่มีความพร้อมที่จะเรียนเนื้อหาฟิสิกส์ที่จำเป็น คือเรื่องมวล แรง และการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญเกี่ยวกับการเรียนกลศาสตร์ฟิสิกส์ และการสอบถามจากนักเรียนโดยใช้แบบสำรวจ Maryland Physics Expectations (MPEX) เพื่อให้พบปัญหาที่แท้จริงนั้น เมื่อเปรียบเทียบความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกับผู้เชี่ยวชาญในสหรัฐอเมริกา พบว่า ความเห็นของนักเรียนมีความแตกต่างจากความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ Concepts, Coherence, Independence, Math Link, Reality Link และ Effort ตามลำดับ วิเคราะห์ผลจากข้อมูลพบว่า ผลการตอบเป็นแบบไม่พึงปรารถนา (unfavorable) นักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ โดยที่นักเรียนคิดว่าเขาสามารถเรียนรู้จากครูผู้สอนในชั้นเรียนและอ่านในตำราเท่านั้น ให้ความสำคัญกับการจดจำเนื้อหา สูตร สมการ เพื่อที่จะนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหาแทนค่าปริมาณต่างๆให้ได้ตัวเลขออกมา เมื่อไม่สามารถทำได้สำเร็จทำให้มีแนวคิดว่านักเรียนเพียงไม่กี่คนที่มีความสามารถพิเศษสามารถเข้าใจฟิสิกส์ได้อย่างแท้จริง คือกลุ่มนักเรียนที่เก่งวิชาคณิตศาสตร์ กฎทางฟิสิกส์มีความสัมพันธ์เล็กน้อยในชีวิตจริง สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้เพียงบางเรื่องเท่านั้น ในขณะที่คำตอบที่พึงปรารถนา (favorable) ของผู้เชี่ยวชาญคือ ต้องแสวงหาความรู้จากการทดลอง การสังเกต การเชื่อมโยงกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การเข้าใจความหมายทางฟิสิกส์ของสมการมากกว่าการจดจำและแทนค่าในตัวแปร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพนั้นผู้สอนต้องเน้นกระบวนการให้นักเรียนเป็นผู้คิด ลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งการทำกิจกรรมภาคสนาม การสังเกตสำรวจ การทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยคำนึงถึงวุฒิภาวะ ประสบการณ์เดิมที่นักเรียนได้รับรู้มาแล้วก่อนเข้าสู่ห้องเรียน การเรียนรู้ของนักเรียนจึงจะเกิดขึ้นระหว่างที่นักเรียนโดยตรงในการทำกิจกรรมการเรียนเหล่านั้น

วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบทำนาย สังเกต และอธิบาย (Predict-Observe-Explain, POE) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์อย่างหนึ่งที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่บนพื้นฐานของความรู้เดิมโดยเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์และให้

นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง (น้ำค้าง จันเสริม,2551 ; อ้างอิงจาก White & Gunstone, 1992) และงานวิจัยของรุจิระ การิสุข (2554) พบว่าการใช้ชุดกิจกรรม POE มาช่วยสอนหรือนำมาประกอบการสอนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ช่วยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

จากที่มาและปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ซึ่งประกอบไปด้วย การกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนทำนาย (P) จากนั้นทำการทดลอง แสดง หรือสาธิตเพื่อให้นักเรียนสังเกต (O) สุดท้ายให้นักเรียนอภิปรายสรุปเพื่ออธิบาย (E) นำไปสู่การสรุปกฎ หลัก หรือทฤษฎี อุปกรณ์ประกอบด้วย สื่อการทดลอง และกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อสร้างบรรยากาศในการเรียนให้น่าสนใจ เพิ่มเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และจัดประสบการณ์ของกฎหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ให้เห็นได้จริงด้วยการเชื่อมโยงเนื้อหากับเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

1.2.2 เพื่อพัฒนาความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)

1.2.3 เพื่อเสริมสร้างเจตคติในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 .

1.3.2 นักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

1.3.3 นักเรียนจะมีเจตคติที่ดีเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรม POE เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 8 ชุดย่อย รวม 18 ชั่วโมง ระยะเวลาในการวิจัย 5 สัปดาห์ เพื่อเสริมสร้างเจตคติในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และเพิ่มความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 41 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้แบบสำรวจ Maryland Physics Expectations (MPEX) ในการศึกษาความคาดหวังของนักเรียน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE) หมายถึง การสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียน โดยผู้เรียนนั้นเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทำนายผล (Predict - P) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหากำหนด 2) ขั้นสังเกต (Observe - O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยการทำการทดลอง การสังเกตการทำ กิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น 3) ขั้นอธิบายผล (Explain - E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหา คำตอบว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

การเพิ่มพูนความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ หมายถึง การสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง การปรับปรุงความเข้าใจทางการเรียน และการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ให้ดีขึ้น โดยวัดได้จากการตอบแบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่

ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในรูปของสื่อผสม สำหรับใช้สอนโดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ แบ่งเป็น 8 ชุด ได้แก่ 1) แรง 2) มวล 3) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน 4) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน 5) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน 6) น้ำหนักและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน 7) แรงเสียดทาน 8) การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

เจตคติในการเรียนเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมซึ่งจะมีผลต่อความสำเร็จของเรียนเรื่องมวล แรง และการเคลื่อนที่

โดยแบ่งออกเป็น 5 คุณลักษณะได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ด้านการประเมินผล และด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

1.6 ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ คือ การเรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติในการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ของนักเรียน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาความเข้าใจการเรียนรู้ของนักเรียน เจตคติในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ และเนื้อหาอื่น ๆ ในลักษณะที่ใกล้เคียงกันให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และยังได้แนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาเกี่ยวกับกระบวนการคิดของนักเรียนต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ธรรมชาติ การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ตลอดจนการนำปรากฏการณ์ทางธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต การตั้งสมมติฐาน สำรวจตรวจสอบและการทดลอง การสรุป และนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิดและทฤษฎี เพื่อนำไปใช้หรืออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ดังนั้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะดังที่กล่าวมา เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่วัยเริ่มแรก ก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในโรงเรียนและเมื่อออกจากโรงเรียนไปประกอบอาชีพแล้ว

การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมีเป้าหมายสำคัญ ดังนี้ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545)

(1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในกลุ่มวิทยาศาสตร์

(2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

(3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

(4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิด จินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และความสามารถในการตัดสินใจ

(5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกันและกัน

(6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

(7) เพื่อให้เป็นคนมีเหตุผล ใจกว้าง รับฟังความเห็นของผู้อื่น ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา สนใจ และใฝ่รู้ในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 4) ได้ระบุเป้าหมายตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

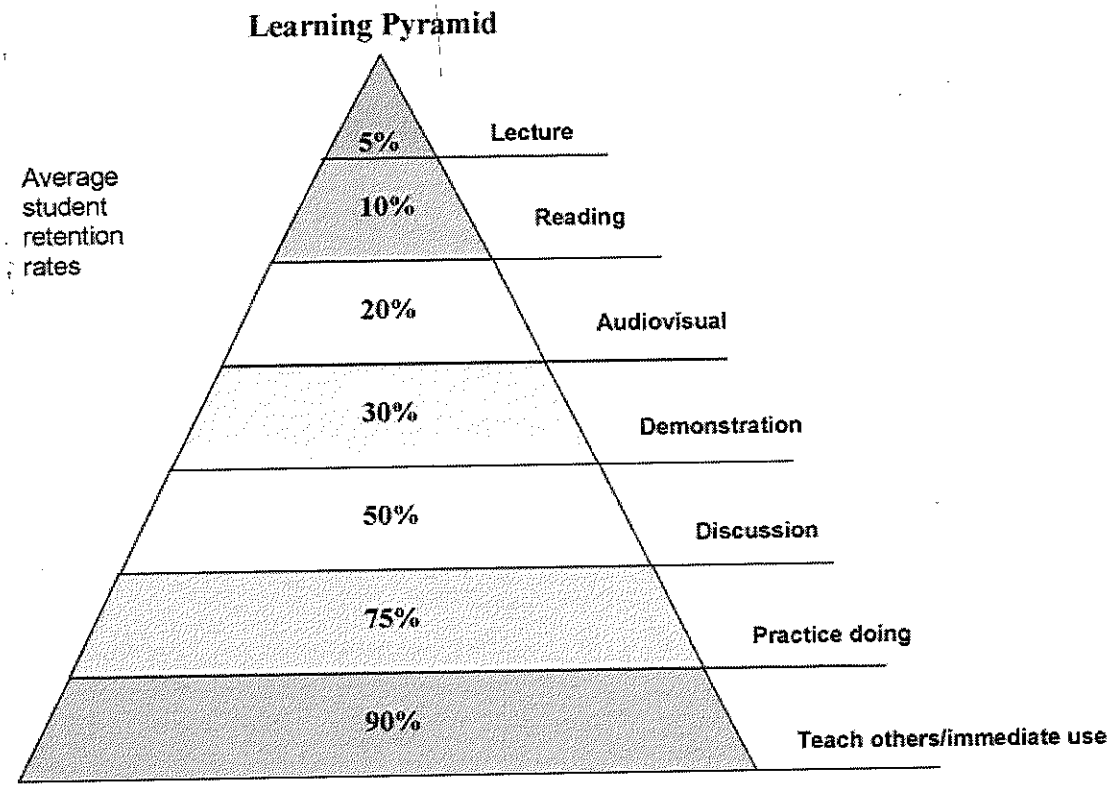
(1) เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

(2) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

(3) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

(4) เพื่อให้เป็นคนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

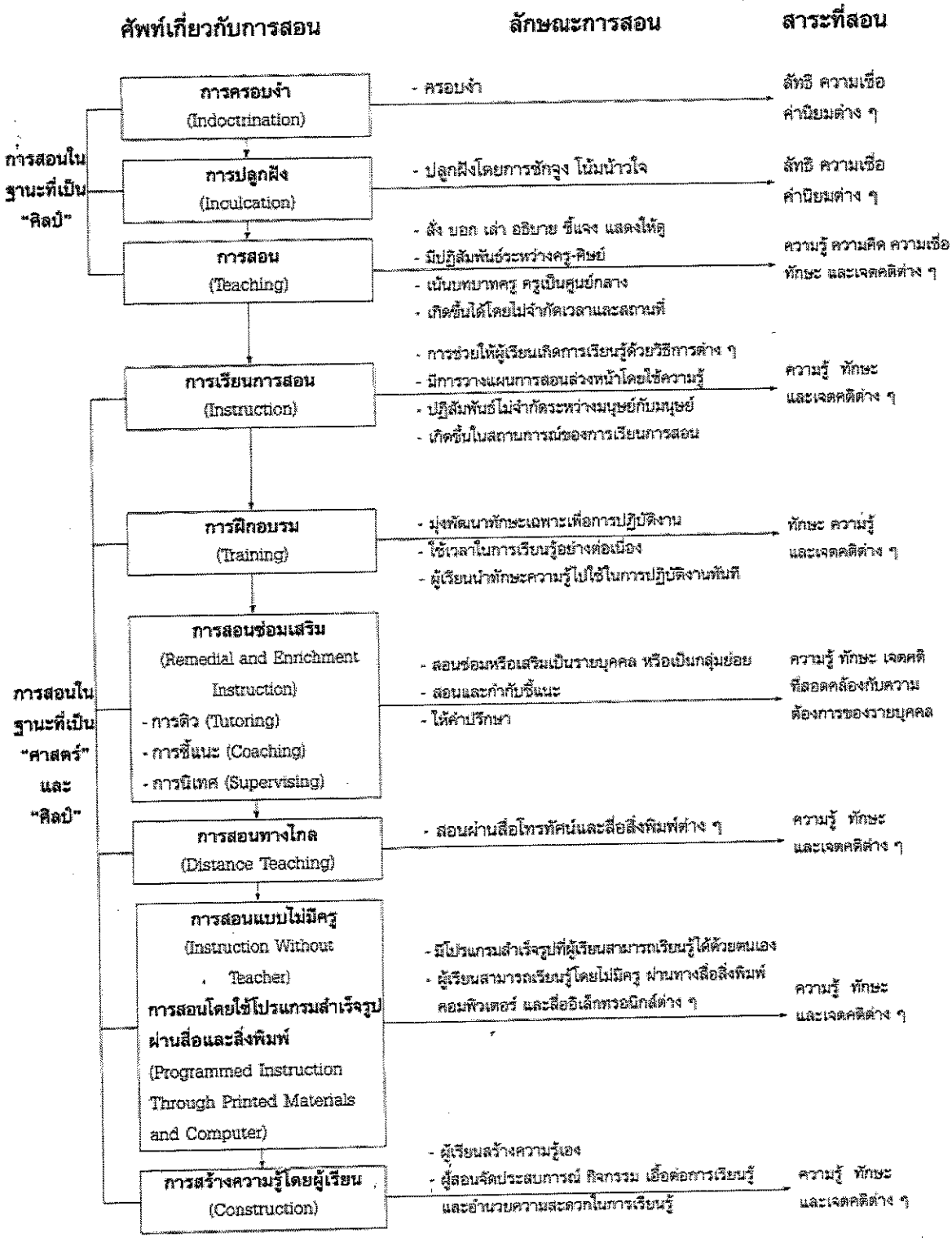
สำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รุจิระ การิสุข (2554) ได้กล่าวไว้ว่า ความแตกต่างระหว่างบุคคลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางความคิดของมนุษย์ที่สำคัญนั้น นอกจากความเชื่อ และทัศนคติแล้ว ปัจจุบันนี้ในบริบทของ การจัดการศึกษา นักจิตวิทยา นักการศึกษา และนักวิจัยกำลังให้ความสนใจ และให้ความสำคัญมากขึ้นทุกที ต่อสิ่งที่เรียกว่า รูปแบบการคิด (cognitive style) และ รูปแบบการเรียนรู้ (learning style) ในฐานะที่เป็นปัจจัยทางจิตวิทยาสำคัญ ที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ และเพิ่มสัมฤทธิผลทางการเรียนของผู้เรียนได้ โดยนักเรียนเข้าชั้นเรียนด้วยพื้นความรู้ระดับหนึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความพร้อมในการที่จะรับเอาความรู้ใหม่ ความเข้าใจใหม่ หากไม่มีพื้นความรู้ หรือมีพื้นความรู้แต่อาจไม่เข้าใจ หรืออาจเข้าใจผิด จึงเป็นหน้าที่ครูที่จะค้นหาและสร้างฐานความรู้ให้เพียงพอต่อการเข้าถึงเป้าหมายของสาระ (subject matter) นักเรียนแต่ละชนชาติ แต่ละถิ่นมีพื้นฐานทางวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน จะมีวิธีคิดและวิธีการเรียนรู้ที่ต่างกัน การสร้างแรงขับ (driving force) ให้นักเรียนอยากที่จะเรียนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นมากในการจัดกิจกรรมการเรียน โดยอาศัยความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนผนวกกับใช้ปิรามิดการเรียนรู้ (learning pyramid) ดังภาพที่ 2.1 (National Learning Laboratories, Bethel, Main, 2010) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่า การเรียนรู้ของมนุษย์มีหลายอย่างแต่การเรียนที่ได้ผลจริงและยั่งยืนนั้น ร้อยละ 5 เกิดจากการฟังปาฐกถาหรือบรรยาย (lecture) ร้อยละ 10 เกิดจากการอ่าน (reading) ร้อยละ 20 เกิดจากการได้ยิน ได้เห็น (audio-visual) ร้อยละ 30 เกิดจากการสาธิตให้ดู (demonstration) ร้อยละ 50 เกิดจากกลุ่มอภิปรายและถกปัญหา (discussion group) ร้อยละ 75 เกิดจากการเรียนโดยการลงมือทำจริง (practice by doing) และเรียนรู้ได้มากที่สุดร้อยละ 90 เมื่อได้สอนผู้อื่นและได้นำไปใช้ทันที (teach others และ immediate use)ความรู้คงทนที่จดจำได้นาน ๆ และคงเหลืออยู่อย่างถาวรของผู้เรียนเกิดจากการเรียนโดยวิธีนี้มากที่สุด



ภาพที่ 2.1 ปิรามิดการเรียนรู้ แสดงร้อยละของการจดจำความรู้ที่ได้รับโดยวิธีการต่าง ๆ (National Training Laboratories, 2010)

นอกจากนี้ทิศนา แขมมณี (2553) ได้กำหนดวิวัฒนาการแนวคิดเกี่ยวกับการสอนการสอนไว้ดังภาพที่ 2.2 โดยเริ่มจากการครอบงำ (indoctrination)จนกระทั่งนำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับการสอนในปัจจุบัน คือการสร้างความรู้โดยผู้เรียน (construction) และกล่าวถึงการสอนไว้ว่า การสอนที่จะได้ผลดีนั้น ผู้เป็นครูมืออาชีพจำเป็นต้องมีความสามารถในการออกแบบการเรียนการสอน (designing instruction) ที่ดีมีประสิทธิภาพ ความสามารถนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญของวิชาชีพ ครูจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหาสาระ และความคิดรวบยอดที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียน และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายได้โดยสะดวก รวมทั้งมีการวัดและประเมินผลที่เหมาะสม ตรงตามจุดมุ่งหมายด้วย ซึ่งการที่ครูจะสามารถทำสิ่งต่างๆ ดังกล่าวได้ดีจำเป็นต้องอาศัยศาสตร์ทางการสอน หรือข้อความรู้ทางการสอนเข้ามาช่วย ครูจำเป็นต้องมีกรอบความคิดที่กว้าง หรือมีมุมมองที่กว้างพอสมควร การศึกษาภาพรวม หรือศึกษาถึงบริบท (context) ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนจึงสำคัญ เนื่องจากสิ่งต่างๆไม่ได้อยู่อย่างโดดเดี่ยวเพียง

ลำพัง แต่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมซึ่งมีองค์ประกอบที่สัมพันธ์โยงใยกับสิ่งนั้นอยู่จำนวนมาก ดังนั้น การตระหนักถึงบริบททางการสอนจะช่วยให้ครูมีมุมมองเกี่ยวกับการสอนที่กว้างและยืดหยุ่นขึ้น



ภาพที่ 2.2 วิวัฒนาการของแนวคิดเกี่ยวกับการสอน (ทิศนา แขมมณี, 2553)

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง (Constructivism)

ทฤษฎี Constructivism เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการสร้างความรู้ โดยความเข้าใจใหม่จะถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานความเข้าใจและประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล (Donovan and Bransford, 2005) เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ ซึ่งความรู้เป็นสิ่งชั่วคราว มีการพัฒนา ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นภายในตัวคน โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม (สุภารัตน์ น้อยนาง, 2554 ; อ้างอิงจาก Fosnot, 1996) ส่วนการเรียนรู้ตามทฤษฎีถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตัวเอง ในการที่ต้องต่อสู้กับความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม

ซึ่งสรุปตามแนวคิดของ Constructivism ไว้ดังนี้

(1) บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว และแสวงหาเพื่อจะอธิบายสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านั้น

(2) ในการหาคำมาอธิบายบุคคลได้สร้างโมเดลหรือตัวแทนของวัตถุ ปรากฏการณ์และเหตุการณ์ที่เขาได้พบในสมองของเขา

(3) โมเดลที่เขาสร้างขึ้น อาจแปลกและแตกต่างจากโมเดลของผู้เชี่ยวชาญ

(4) บุคคลทุกคนสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เขารับรู้ ซึ่งความหมายที่สร้างขึ้นนี้อาจได้รับคำแนะนำจากบุคคลอื่นรอบตัว

(5) การสร้างความหมายนี้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

(6) ผู้เรียนต้องมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตัวเอง ครูเป็นแต่เพียงผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น

Constructivism คือ การสอนให้เด็กเรียนรู้เอง คิดเอง เด็กและครูจะเกิดการเรียนรู้จากการปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทั้ง 2 ฝ่าย โดยที่ต่างฝ่ายต่างเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ตามทฤษฎีการเรียนรู้ constructivism ผู้เรียนจะมีความสัมพันธ์กับผู้สอนดีกว่าการเรียนรู้รูปแบบเดิม เพราะมีการแลกเปลี่ยนกันระหว่างผู้เรียนและผู้ทำหน้าที่สอน ซึ่งจะเสนอในรูปสมการลูกศรสองทางดังนี้

$$O \longleftrightarrow S$$

จากสมการ O คือ ตัวนักเรียนหรือผู้เรียนที่เป็นตัวหลักที่มีสิ่งกระทำต่อตัว S คือ ครูหรือผู้สอนด้วย โดยมีลักษณะเป็นลูกศรสองทาง คือ ครูหรือผู้สอนและสิ่งแวดล้อมไม่ใช่สิ่งที่กระตุ้นหรือสิ่งที่กระทำต่อผู้เรียนเพียงอย่างเดียว แต่ผู้เรียนก็มีการกระทำต่อครูหรือผู้สอนด้วย นั่นคือผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครู มีการสัมพันธ์อย่างไม่อยู่นิ่งทั้งสองฝ่ายเพื่อที่จะให้เกิดการเรียนรู้ทฤษฎี Constructivism และเมื่อเราเรียนรู้ต่อไป ความรู้เดิมก็จะถูกปรับเปลี่ยนไป การปรับเปลี่ยนความรู้ต่าง

ๆ ถือว่าเป็นการรับความรู้เข้ามาและเกิดการปรับเปลี่ยนความรู้ขึ้น เด็กจะมีการคิดที่ลึกซึ้งกว่าการท่องจำธรรมดา เพียงแต่เขาจะต้องเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ใหม่ ๆ ที่ได้มา และสามารถที่จะสร้างความหมายใหม่ของความรู้ที่ได้รับมานั่นเอง

Jacobsen et al. (2002) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ว่ามุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนมีบทบาทในฐานะกระทำหรือเรียกว่าการเรียนเชิงรุก (active learning) โดยครูเป็นผู้สนับสนุนจัดแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนเป็นแรงขับ ซึ่งต่างจากการเรียนรู้ที่ผู้เรียนถูกกระทำ (passive learning) ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้รับความรู้จากการฟังการสอนของครู ครูมีบทบาทสำคัญ ในขณะที่การเรียนเชิงรุกยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนกำหนดทิศทางกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ตัวอย่างของกิจกรรมการเรียนเช่น การเรียนแบบเสาะแสวงหาความรู้ (investigation หรือ inquiry) การแก้ปัญหา (problem solving) การทำกิจกรรมกลุ่ม (group work) การเรียนแบบร่วมมือ (collaborative) การทำการทดลอง (experimental) หรือการแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show) ที่ผู้เรียนกระทำการแสดง จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงและทำให้มีความรู้คงทน จำได้นาน ในขณะที่การเรียนที่ผู้เรียนถูกกระทำหรือการเรียนเชิงรับ (passive learning) ถือว่าผู้เรียนมีหน้าที่รับโดยครูผู้สอนเป็นผู้ให้ความรู้และข้อมูลผ่านการบรรยายในชั้นเรียน บอกให้ผู้เรียนจดจำหลัก กฎ สูตร ความสัมพันธ์ การเรียนแบบนี้ครูส่วนใหญ่ชอบ สะดวกต่อการสอนและควบคุมชั้นเรียน ผลการเรียนเห็นผลชัดเจนเมื่อมีการทดสอบหลังเรียน อย่างไรก็ตามความรู้คงทนเหลือน้อยมาก ดังที่รัฐมนตรีกระทรวงการศึกษาของสิงคโปร์เคยกล่าวไว้ว่า “teach less, learn more” หรือสอนน้อยเรียนมาก หมายความว่าให้ครูบรรยายน้อย ๆ เท่าที่จำเป็น เวลาเรียนส่วนใหญ่เป็นเวลาที่นักเรียนทำกิจกรรมเรียนโดย การทดลอง การแก้ปัญหา การเสาะแสวงหาความรู้ การทำงานวิจัยรวมทั้งการอภิปรายกลุ่ม ซึ่งล้วนแต่เป็นการเรียนที่ผู้เรียนกระทำ (active learning)

โดยอาศัยการเรียนที่ผู้เรียนกระทำ (active learning) ปรัชญาพุทธศาสตร์ (Buddhism) ที่ยึดหลักแห่งการได้มาซึ่งความเชื่อโดยวิเคราะห์หาเหตุผลด้วยตนเอง ความสอดคล้องกับการเสาะแสวงหาความรู้ ผู้วิจัยจึงได้คิดกิจกรรมการเรียนรู้ จากทฤษฎีการเรียนรู้ที่อยู่บนรากฐานของพื้นความรู้และวัฒนธรรม (Cultural-Background Based Theory: CBBT) เข้ามาเสริมการเรียนที่ผู้เรียนกระทำ (active learning) ทฤษฎี CBBT เสนอว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นการต่อเติมความรู้จากความรู้พื้นฐานเดิม เช่น การที่จะเข้าใจกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน นักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแรงลัพธ์ที่มีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล และการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และการที่จะเข้าใจกฎข้องที่ 2 ของนิวตัน นักเรียนจะต้องเข้าใจพื้นฐานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ และการเคลื่อนที่ที่มีอัตราเร่งคงตัวในชั้น

มัธยมศึกษาตอนต้น เป็นต้น นอกจากนั้น วัฒนธรรม ความเป็นอยู่ความเชื่อ และเจตคติในการเรียน ก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนรู้

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค POE (Predict - Observe - Explain)

กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค POE (Predict - Observe - Explain) เป็นรูปแบบหนึ่งในวิธีการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่และอยู่บน พื้นฐานของความเชื่อเดิม น้ำค้าง จันเสริม (2551 ; อ้างอิงจาก White, R. & Gunstone, R.,1992) ได้กล่าวว่า วิธีการสอนแบบ POE เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและ อภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามี การเปลี่ยนแปลง หลังจากนักเรียนทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าว โดยให้นักเรียนลงมือทดลอง สังเกต หรือหาวิธีพิสูจน์ให้นักเรียนเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จากการสืบเสาะหาความรู้ ด้วยตัวนักเรียนเอง และขั้นสุดท้ายนักเรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการ ทำนายและการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้ ซึ่งวิธีการสอนแบบ POE ประกอบด้วย

(1) ขั้นตอนของการ Predict คือ จะเป็นการทำนายว่าผลที่จะเกิดจากการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ที่กำหนดให้จะเป็นอย่างไรบ้าง โดยที่นักเรียนจะต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำนายของนักเรียนประกอบด้วย

(2) ขั้นตอนของการ Observe เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องลงมือทดลอง/พิสูจน์หาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา

(3) ขั้นตอนของการ Explain เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะเกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจาก การคำนวณหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่าถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลอง กิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาไม่เป็นไปตามที่ทำนายผลไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเองนักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อน เพื่อหาคำตอบ

วิธีการ POE สามารถช่วยให้นักเรียนสำรวจและค้นหา (Explore) และหาเหตุผลมาอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนให้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอน Predict และการให้เหตุผลในกรณีที่ผลการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับคำทำนาย นักเรียนจะต้องสร้างและแก้ไขปรับปรุงความคิดใหม่ให้ถูกต้องตามความเป็นจริง หรือตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้อธิบายเทคนิค POE (Prediction - Observation - Explanation) มีขั้นตอนดังนี้

(1) การทำนาย (Prediction) ก่อนลงมือทำกิจกรรม ให้ผู้เรียนทำนายว่า จะเกิดอะไรขึ้นในกิจกรรมที่สังเกต พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (การเดาโดยไร้เหตุผลเป็นสิ่งที่ไม่มีความหมายหากจะใช้ POE)

(2) ขั้นสังเกต (Observation) ให้นักเรียนลงมือสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นโดยละเอียด และบันทึกผล (การสังเกตโดยไม่มีการบันทึกผล หรือการจดจำเพียงอย่างเดียวไม่จัดว่าเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

(3) ขั้นอธิบายผล (Explanation) ให้ผู้เรียนอธิบายความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้และสิ่งที่เกิดขึ้นจริง พร้อมทั้งให้เหตุผล จะทำให้ผู้สอนเข้าใจ

วนิชา ประยูรพันธ์ (2553 ; อ้างอิงจาก Wu & Tsai, 2005) สรุปเกี่ยวกับขั้นตอนการสอน POE ว่าเป็นยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวกับการทำนายผลการสาธิตและอภิปรายผลที่นักเรียนทำนาย กับการสังเกตการสาธิตและการอธิบายผลที่สอดคล้องตรงกันระหว่างการทำนายผลการ สังเกตอาจแสดงให้เห็นความรู้เดิม และการแปลความหมายใหม่กับสิ่งที่นักเรียนได้สังเกต เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการและเปลี่ยนและมีการเจรจาต่อรอง (negotiate) ในการแปลความหมายใหม่ของนักเรียน

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธี POE หมายถึง การสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียน โดยผู้เรียนนั้นเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นทำนายผล (Predict - P) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหากำหนด

(2) ขั้นสังเกต (Observe - O) เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยการทำการทดลอง การสังเกตการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น

(3) ขั้นอธิบายผล (Explain - E) เป็นขั้นตอนการอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการหา คำตอบว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ประโยชน์ของแต่ละขั้นตอนของเทคนิค POE อาจสรุป ได้คือ

(1) การที่ผู้เรียนทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นประกอบกับการให้เหตุผล จะทำให้ผู้สอนเข้าใจความคิดเดิมก่อนเรียนของผู้เรียน เป็นการสำรวจความรู้เดิมได้อีกทางหนึ่ง

(2) การสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นและจดบันทึก เป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(3) การอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นว่าแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้อย่างไร ทำให้ผู้เรียนตระหนักว่าตนเองมีความรู้เดิมอย่างไร และเรียนรู้อะไรเพิ่มจากการทำกิจกรรมบ้าง

เทคนิค POE ก็เหมือนกับเทคนิคอื่น ๆ ถ้าผู้สอนใช้เทคนิค POE อย่างสม่ำเสมอ ผู้เรียนจะมีความคุ้นเคยและเกิดการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้การใช้เทคนิค POE มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.4 แบบสำรวจ MPEX

แบบสำรวจ MPEX หรือ Maryland Physics Expectations (MPEX) เป็นแบบสำรวจหนึ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัดความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน สร้างขึ้นในปี ค. ศ. 1992 ที่ University of Washington การสร้างแบบสำรวจนี้เริ่มจากการพูดคุยกับนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์และการเรียนรู้ฟิสิกส์ โดยความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวจะนำมาจัดเป็นข้อความในลักษณะของแบบสอบถาม เพื่อสอบถามความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่ จากนั้นวิเคราะห์ และอภิปรายโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนฟิสิกส์ (Redish, et al., 1998) และภายหลังต่อมาได้นำมาดัดแปลงและใช้เป็นมาตรฐานการทดสอบความคาดหวังและเจตคติของนักเรียนที่แผนกการสอนวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ University of Maryland

หลังจากการทดลองใช้และพัฒนาแบบสำรวจแล้ว จึงได้แบบสำรวจ MPEX ที่ประกอบด้วยข้อความ 34 ข้อความ (ภาคผนวก ข) ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยใน 5 ระดับ ตั้งแต่เห็นด้วยที่สุดจนกระทั่งไม่เห็นด้วยที่สุด ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 15-20 นาที โดยแบบทดสอบ MPEX ได้ผ่านการทดสอบความถูกต้อง (validity) โดยการสัมภาษณ์นักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่มว่านักเรียนแปลความหมายแต่ละข้อความว่าอย่างไรและเพราะเหตุใดพวกเขาจึงเลือกคำตอบนั้นๆ

แบบสำรวจ MPEX ซึ่งมีทั้งหมด 34 ข้อความ ได้แบ่งกลุ่มของความคาดหวังดังกล่าวออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

(1) Independence เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับการเรียนรู้ฟิสิกส์ ว่าเป็นการเรียนรู้โดยการได้รับข้อมูลจากการอ่านหนังสือหรือจากผู้รู้ หรือเป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างความเข้าใจด้วยตัวเอง

(2) Coherence เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับโครงสร้างของความรู้ทางฟิสิกส์ หลักการทางฟิสิกส์ในเรื่องต่างๆ เช่น แสงและเสียง เป็นต้น ว่าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันหรือเป็นสิ่งที่ไม่ขึ้นต่อกัน

(3) Concepts เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ทางฟิสิกส์ ว่าเป็นเรื่องของสูตรหรือหลักการที่ซ่อนอยู่ภายในสูตร

(4) Reality Link เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกของความเป็นจริง

(5) Math Link เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับบทบาทของคณิตศาสตร์ในการเรียนฟิสิกส์ว่าคณิตศาสตร์เป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือคณิตศาสตร์ถูกใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์

(6) Effort เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจฟิสิกส์ว่านักเรียนคาดหวังที่จะคิดหรือพิจารณาอย่างละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่ทำหรือผลลัพธ์ที่ได้กลับมาหรือไม่

โดยความคาดหวังในแต่ละกลุ่มเหล่านี้จะกระจายอยู่ในแบบสำรวจ MPEX แต่ละข้อความซึ่งแต่ละกลุ่มของความคาดหวังไม่อาจแยกจากกันได้อย่างชัดเจน คือยังคงมีส่วนที่ซ้อนทับหรือเกี่ยวเนื่องกันอยู่ และความคาดหวังในแต่ละข้อความดังกล่าวจะพิจารณาร่วมกับความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วยความคาดหวังที่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ (favorable) และความคาดหวังที่ไม่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ (unfavorable) โดยแต่ละกลุ่มความคาดหวังประกอบด้วยแบบสำรวจ MPEX แต่ละข้อความ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 กลุ่มของความคาดหวัง

Dimension of student expectations	**MPEX items**
Independence	8, 13, 14, 17, 27
Coherence	12, 15, 16, 21, 29
Concepts	4, 14,19, 23,26, 27
Reality link	10, 18, 22, 25
Math link	2, 8,15,16,17, 20
Effort	3, 6, 7, 24, 31

ผลจากการนำแบบสำรวจ MPEX ไปสำรวจความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนฟิสิกส์และมีความคุ้นเคยกับนักเรียนนักศึกษาเป็นอย่างดี โดยความคาดหวังที่ได้เป็นความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความคาดหวังหรือความคิดเห็นของนักเรียนนักศึกษา

ตารางที่ 2.2 แสดงความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 34 ข้อความ โดย A แสดงความคาดหวังที่เห็นด้วยที่สุดและเห็นด้วย D แสดงความคาดหวังที่ไม่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยที่สุด

1	D	8	D	15	D	22	D	29	D
2	D	9	(D)	16	D	23	D	30	A
3	A	10	D	17	D	24	D	31	A
4	D	11	A	18	A	25	A	32	A
5	A	12	D	19	D	26	A	33	D
6	A	13	D	20	D	27	D	34	(A)
7	(A)	14	D	21	D	28	D		

แบบสำรวจ MPEX ถูกนำมาใช้สำรวจความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ อัมพร วัจนะ และคณะ (2550) ได้ทำการการเปรียบเทียบความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ระหว่างครูและนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 121 คน และความคาดหวังของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 143 คน ผลจากการสำรวจพบว่ามีเพียงร้อยละ 27 ของความคาดหวังของนักเรียนและร้อยละ 48 ของความคาดหวังของครูที่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ เช่นเดียวกับ กิตติยา อาภรศรี และอุดม ทิพราช (2555) ที่ศึกษาและเปรียบเทียบ ความคาดหวังของนักเรียนต่อกระบวนการเรียนรู้ทางฟิสิกส์กับผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสำรวจความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ของ University of Maryland และแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพนาศึกษา จังหวัดอำนาจเจริญ ปีการศึกษา 2554 ความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ โดยรวมมีค่าที่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญน้อยกว่าที่ไม่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นร้อยละ 25/37 โดยเฉพาะกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ทางฟิสิกส์ คิดเป็นร้อยละ 13/60 ยกเว้นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกของความเป็นจริงมีค่าสูงในทางที่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นร้อยละ 62/19 และยังได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเองอย่างมีความสุขและเกิดความเข้าใจในหลักการทางฟิสิกส์อย่างแท้จริง

2.5 แบบทดสอบแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่

Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) หมายถึง แบบทดสอบมาตรฐานที่ถูกออกแบบโดย Thornton and Sokoloff (1998) โดยมีคำถาม 43 ข้อ และแยกออกเป็น 6 กลุ่ม

คำถาม ได้แก่ การเคลื่อนที่ของเลื่อนบนพื้นลื่น การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง การโยนวัตถุขึ้นบนอากาศ กฎข้อที่สามของนิวตัน การแปลความหมายข้อมูลจากกราฟ และพลังงานซึ่งแบบทดสอบนี้เน้นความคิดรวบยอดในแต่ละเรื่องมากกว่าการคำนวณ

แบบทดสอบ FMCE ถูกใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 1 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2544 2545 และ 2546 พบว่า แบบทดสอบนี้สามารถตรวจสอบความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของนักศึกษาส่วนน้อยมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โชคศิลป์ ธนเฮือง, 2547) และ Umpol Jairuk (2007)ใช้แบบทดสอบ FMCE ก่อนและหลังการสอนภายหลังการสอนแบบ ILD เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนใน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแสดงผลประกอบการสาธิต พบว่า normalized gain เท่ากับ 0.3 ซึ่งสูงกว่า การสอนแบบบรรยาย ในปี 2546 ซึ่ง normalized gain เท่ากับ 0.1

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยคัดเลือกแบบทดสอบ FMCE จำนวน 22 ข้อ โดยตัดออกให้เหลือเพียง 5 กลุ่มคำถาม ได้แก่ กฎข้อที่หนึ่งและกฎข้อที่สองของนิวตัน รถเคลื่อนที่บนพื้นเอียง การโยนเหรียญ กราฟกฎข้อที่หนึ่งและกฎข้อที่สองของนิวตัน และกฎข้อที่สามของนิวตัน

2.6 Normalized gain

ในการจัดการเรียนรู้ กระบวนการวัดและประเมินผลมีความสำคัญมาก เพราะทำให้ทราบว่าการจัดการเรียนรู้นั้นบรรลุตามจุดประสงค์หรือไม่ การวิเคราะห์และประเมินผลนิยมใช้เทคนิคทางสำหรับงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาที่นำแบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) มาใช้ในการประเมินความเข้าใจในมโนมติส่วนใหญ่วิเคราะห์ด้วยการหาค่า normalized gain ซึ่ง R.R. Hake (1998) เป็นผู้เสนอวิธีวิเคราะห์ โดยหาค่าได้จากสมการ

$$\langle g \rangle = \frac{(\%\text{Post - test}) - (\%\text{Pre - test})}{100\% - (\%\text{Pre - test})}$$

เมื่อ <g> คือ ค่า normalized gain มีค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 1.00

%Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

%Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่า normalized gain นี้สามารถนำไปแบ่งระดับผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นต่อผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ออกเป็นสามระดับ คือ

"High gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.7 \leq \langle g \rangle \leq 1.0$

"Medium gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

"Low gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

การวิเคราะห์ด้วยการหาค่า normalized gain สามารถแบ่งออกเป็นสี่ประเภท โดยมีรายละเอียดและการแปลความหมายของแต่ละประเภท ดังนี้

(1) Class average normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจโดยดูจากคะแนนเฉลี่ยของทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งชั้น ค่าที่ได้จากการคำนวณจะหมายถึงความเข้าใจในมโนมติที่เปลี่ยนแปลงในภาพรวมทั้งชั้นเรียนว่ามีผลการเรียนเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

(2) Single student normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจในมโนมติของนักเรียนเป็นรายบุคคล หากนำค่า $\langle g \rangle$ ของนักเรียนแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ยกันทั้งชั้นควรได้ค่าเดียวกับ Class average normalized gain แต่พบว่าค่าที่ได้ไม่เท่ากัน โดยค่าที่ได้จากวิธีนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ ของค่า $\langle g \rangle$ ที่ได้จากวิธี Class average normalized gain

(3) Single test item normalized gain หมายถึง การพิจารณาความเข้าใจในมโนมติของนักเรียนในข้อสอบข้อนั้นๆ ที่กำลังพิจารณา เพื่อจะบอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในคำถามข้อนั้นมากเพียงใด ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปปรับปรุงการเรียนการสอนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้นได้

(4) Conceptual dimensional normalized gain เป็นการพิจารณาความเข้าใจในมโนมติโดยรวม เพื่อดูว่านักเรียนมีความเข้าใจในหัวข้อนั้นๆ เป็นอย่างไร ผลที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนในส่วนที่นักเรียนมีความเข้าใจผิด (Misconception) ทางฟิสิกส์ได้

การประเมินผลความเข้าใจในมโนมติโดยการหาค่า normalized gain นิยมใช้ในกลุ่มการวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษา ซึ่งการประเมินผลด้วยวิธีนี้เน้นที่ผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นเป็นหลัก โดยผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับผลสอบก่อนเรียนและกลุ่มนักเรียน แต่ขึ้นอยู่กับวิธีการสอนหรือการจัดกระบวนการเรียนการสอนมากกว่า

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

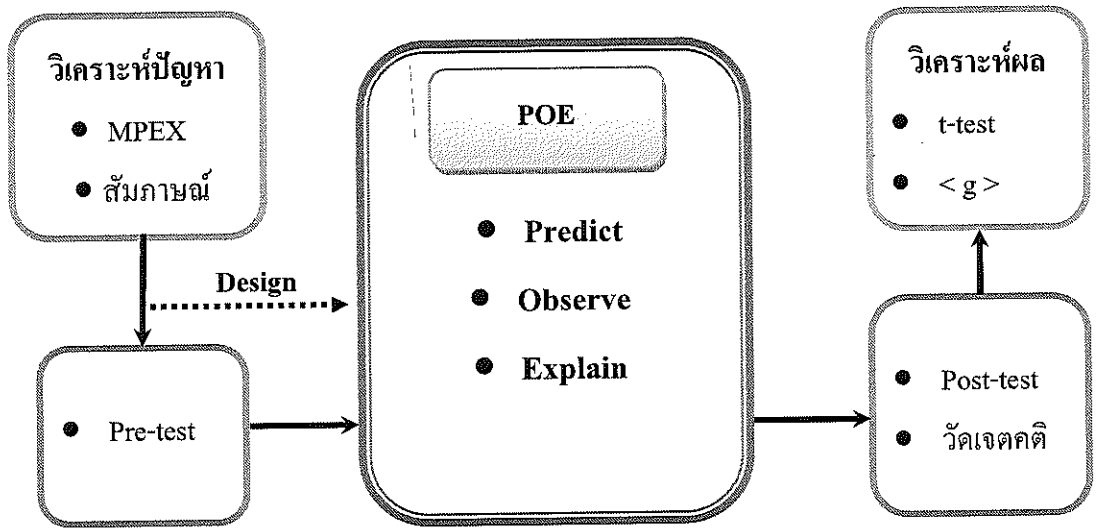
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 29 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 83 คน 2 ห้องเรียน โดยการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ประกอบไปด้วยนักเรียนชาย 14 คน และนักเรียนหญิง 27 คน รวม 41 คน เนื่องจากเป็นห้องที่มีผลการวิเคราะห์ความคาดหวังที่ไม่สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด ใช้ผลการสัมภาษณ์เบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคการเรียนวิชาฟิสิกส์จากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 4 คน

3.2 แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ one group pretest – posttest design เป็นการทดลองกลุ่มเดียว เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE) ทำการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การพัฒนาชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ความเข้าใจทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แบบสำรวจ MPEX มาวิเคราะห์และสรุปปัญหาการจัดการเรียนการสอน และใช้วิธีการสอนแบบ POE ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย หลังจากนั้นนำชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) มาใช้สอนกับกลุ่มตัวอย่าง ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน และให้ทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์



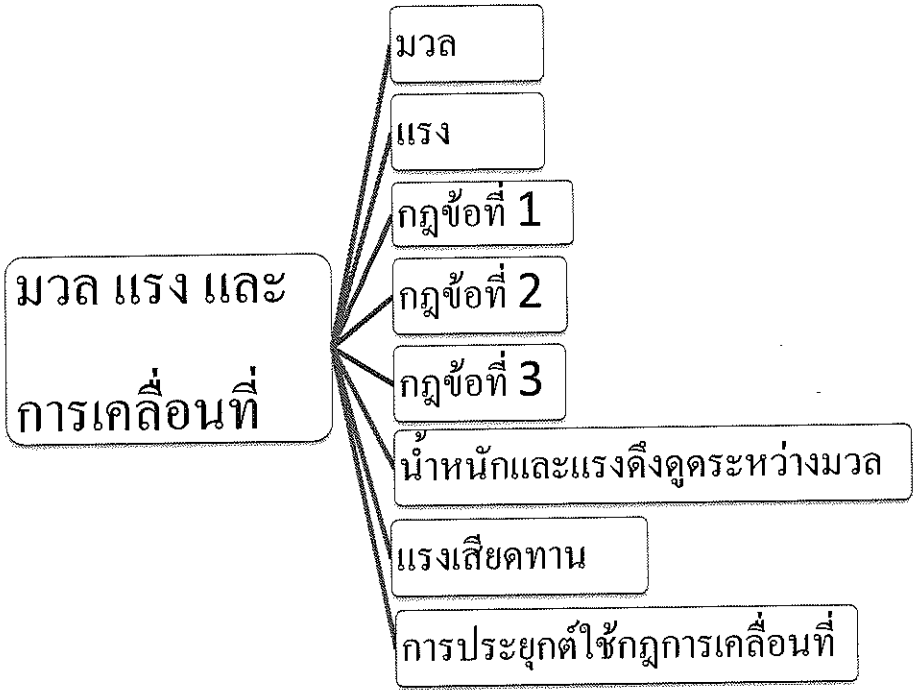
ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนในการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ผู้วิจัยทำการสำรวจและศึกษาปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ จากการสอบถามโดยการสัมภาษณ์เพื่อนครูที่สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 5 คน คำถามแบ่งออกเป็น 5 ด้านด้วยกัน คือ 1) เนื้อหาที่สำคัญในรายวิชาวิชาฟิสิกส์ 2) พื้นฐานที่สำคัญสำหรับวิชาฟิสิกส์ 3) สื่อวัสดุอุปกรณ์ 4) ปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์

3.3.2 แบบสำรวจความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ ผู้วิจัยทำการสำรวจความคาดหวังของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบสำรวจ MPEX ซึ่งประกอบด้วยข้อความ 34 ข้อความ ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยใน 5 ระดับ ตั้งแต่เห็นด้วยที่สุดจนกระทั่งไม่เห็นด้วยที่สุด ความคาดหวังที่สำรวจแบ่งออกเป็น 6 ด้าน คือ (1) ด้านกระบวนการเรียนรู้ (Independence) (2) ด้านโครงสร้างความรู้ (Coherence) (3) ด้านเนื้อหาความรู้ (Concepts) (4) ด้านการเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกของความเป็นจริง (Reality Link) (5) ด้านความเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในการเรียนฟิสิกส์ (Math Link) และ (6) ด้านพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจ (Effort) ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 15 – 20 นาที นำมาวิเคราะห์และสรุปปัญหาที่แท้จริง จึงพัฒนาชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ชุดกิจกรรมผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไข จึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.3.3 ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 ชุดย่อย ใช้เวลา 18 ชั่วโมง โดยไม่รวมการทำแบบสำรวจ MPEX มีเนื้อหาดังนี้



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงเนื้อหาเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่

3.3.4 แบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ แบบทดสอบ Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) แบบทดสอบมาตรฐานที่ถูกออกแบบโดย Thornton and Sokoloff (1998) ถูกแปลเป็นฉบับภาษาไทย โดยกลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษามหาวิทยาลัยมหิดล ผู้ทำวิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจสอบและปรับปรุงอีกครั้งอีกครั้ง โดยมีคำถาม 43 ข้อ และแยกออกเป็น 6 กลุ่มคำถาม ได้แก่ การเคลื่อนที่ของเลื่อนบนพื้นลื่น การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง การโยนวัตถุขึ้นบนอากาศ กฎข้อที่สามของนิวตัน การแปลความหมายข้อมูลจากกราฟ และพลังงาน ผู้วิจัยเลือกแบบทดสอบ FMCE จำนวน 22 ข้อ จัดทำขึ้นเพิ่มเติมอีก 20 ข้อ และเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามหลักการวัดและประเมินผล วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบคัดเลือกให้เหลือเพียง 8 ข้อ รวมทั้งหมด 30 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบนี้เน้นความคิดรวบยอดในแต่ละเรื่องมากกว่าการคำนวณ โดยแบบทดสอบแบ่งเป็น 7 เรื่อง คือ 1) แรงที่กระทำกับเรือน้ำแข็ง (Force Sled) 2) การเข็นรถบนพื้นเอียง (Cart Ramp) 3) การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss)

4) กราฟแรง (Force Graph) 5) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) 6) แรงเสียดทาน (friction) และ 7) กราฟความเร็ว (Velocity Graph)

3.3.5 แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด วัดเจตคติใน 5 คุณลักษณะได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ด้านการประเมินผล และด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ จำนวน 20 ข้อ นำแบบวัดเจตคติที่สร้างขึ้น เสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความชัดเจนด้านภาษาและความถูกต้อง ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนนำแบบวัดเจตคติที่ได้ไปใช้ในการวิจัยต่อไป แปลความหมายของแบบวัดเจตคติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยคิดเป็นร้อยละ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม 2555 โดยใช้ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) มาใช้สอนกับกลุ่มตัวอย่าง เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม (กลุ่มละ 6 - 7 คน) โดยคละเด็กเก่ง ปานกลาง อ่อน จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) หลังจากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนและแบบทดสอบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์ผลโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft office Excel ใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ t - test แบบ dependent ที่ระดับนัยสำคัญ .05

วิเคราะห์ประเมินผลความก้าวหน้าของนักเรียน โดยใช้ normalized gain โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้ (Hake, 1998)

$$\langle g \rangle = \frac{(\%\text{posttest} - \%\text{pretest})}{(100 - \%\text{pretest})}$$

โดยที่ $\langle g \rangle$ คือ ค่า normalized gain

% posttest คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% pretest คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ที่ช่วง 0.0 ถึง 1.0 การประเมินเช่นนี้ทำให้สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นสามระดับ คือ

"High gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.7 \leq \langle g \rangle \leq 1.0$

"Medium gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

"Low gain" เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

การหาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) โดยวิเคราะห์จากผลรวมคะแนนนักเรียนที่ได้จากทำแบบฝึกหัดย่อยและคะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน ใช้สูตรคำนวณหาค่า E_1 / E_2 (กรมวิชาการ, 2545: 63 - 64) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ ผลรวมคะแนนนักเรียนที่ได้จากการทำการทดสอบย่อย

A คือ คะแนนเต็มของการทำแบบฝึกหัดและการทดสอบย่อย

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum Y$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทดสอบภายหลังการเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยคำนวณจากสูตร KR-20 (Kuder Richardson) เนื่องจากข้อสอบที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 197 - 199)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} คือ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k คือ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่ง ๆ = R/N
เมื่อ R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้น ๆ และ
N แทนจำนวนผู้สอบ

q คือ สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่ง ๆ = 1 - p

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนน

ผลคะแนนที่ได้นำมาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ t - test dependent ด้วยโปรแกรม Excel ที่ระดับนัยสำคัญ .05

บทที่ 4
ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผล

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการพัฒนาชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เพื่อพัฒนาความเข้าใจและศึกษาเจตคติในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล และนำผลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ นำเสนอผลการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่าง คือครูผู้สอนฟิสิกส์จำนวน 4 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้าน สรุปได้ดังนี้

4.1.1 เนื้อหาที่จำเป็นของรายวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกเนื้อหาล้วนแล้วแต่มีความจำเป็น แต่ต้องเข้าใจ เรื่อง มวล แรงและการเคลื่อนที่เป็นอย่างดี เพราะเป็นพื้นฐานที่จะเรียนทุกหัวข้อในบทอื่นๆต่อไป

4.1.2 ทักษะที่สำคัญในการเรียนรายวิชาฟิสิกส์คือ ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการวัด ทักษะการสังเกต ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา

4.1.3 สื่อวัสดุ อุปกรณ์ ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก ค่อนข้างขาดแคลนอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณ

4.1.4 ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ได้แก่

4.1.4.1 นักเรียนไม่ให้ความสนใจเพราะคิดว่าเป็นเรื่องที่ไกลตัว

4.1.4.2 สื่อวัสดุอุปกรณ์ไม่พร้อมสำหรับจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.4.3 นักเรียนไม่เข้าใจคณิตศาสตร์พื้นฐาน ขาดทักษะการคำนวณ

4.1.4.5 นักเรียนขาดทักษะการวัด การสังเกต และการแปรความหมายข้อมูล

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้สรุปได้ว่าปัญหาที่พบในการสอนวิชาฟิสิกส์คือ นักเรียนขาดทักษะที่จำเป็นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ ทักษะการคำนวณ ทักษะการวัด การสังเกต และการ

แปรความหมายข้อมูล นักเรียนมีแนวคิดว่าวิชาฟิสิกส์เป็นเรื่องที่ไกลตัว อุปกรณ์สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่มีความพร้อม และเนื้อหาที่มีความสำคัญคือ เรื่อง มวล แรงและการเคลื่อนที่

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก จำนวน 41 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ผู้วิจัยสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนโดยการสัมภาษณ์เพื่อนครู และสำรวจคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนโดยใช้แบบสำรวจ MPEX ที่แสดงความเห็น 5 ระดับตั้งแต่ไม่เห็นด้วยมากที่สุดจนถึงเห็นด้วยมากที่สุด ความคาดหวังของผู้เรียนที่สำรวจแบ่งเป็น 6 ด้าน คือ 1) ด้านกระบวนการเรียนรู้ 2) ด้านโครงสร้างความรู้ 3) ด้านเนื้อหาความรู้ 4) ด้านการเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกของความเป็นจริง 5) ด้านความเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในการเรียนฟิสิกส์ และ 6) ด้านพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ ผลของความคาดหวังดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญในสหรัฐอเมริกาแสดงได้ดังกราฟ 4.1 เมื่อ

(1) Independence คือ ด้านกระบวนการเรียนรู้ เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับการเรียนรู้ฟิสิกส์ ว่าเป็นการเรียนรู้โดยการได้รับข้อมูลจากการอ่านหนังสือหรือจากผู้รู้ หรือเป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างความเข้าใจด้วยตัวเอง

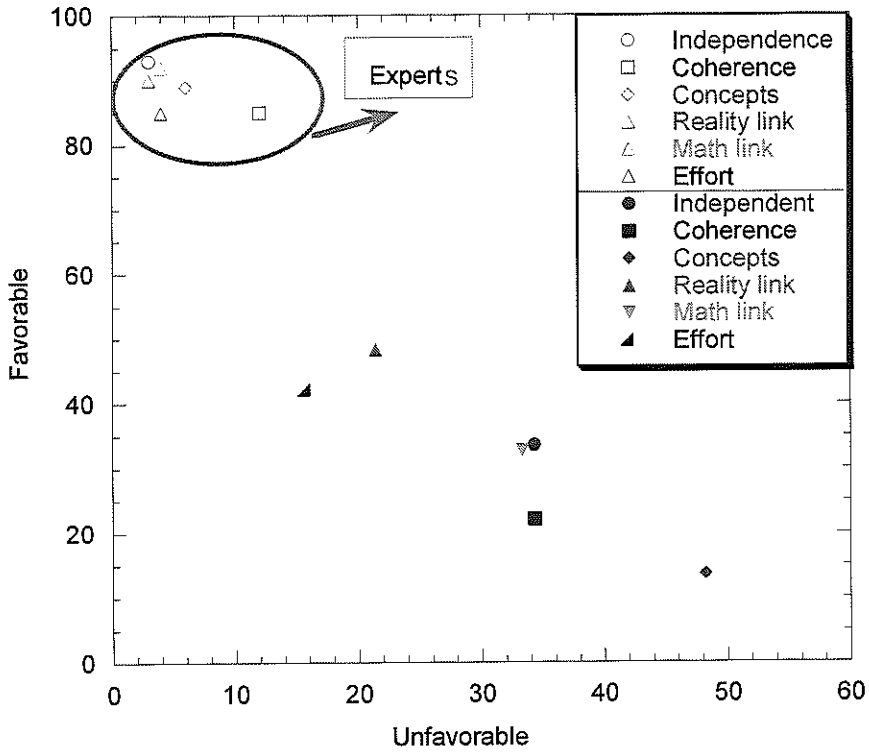
(2) Coherence คือ ด้านโครงสร้างความรู้ เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับโครงสร้างของความรู้ทางฟิสิกส์ หลักการทางฟิสิกส์ในเรื่องต่างๆ เช่น แสงและเสียง เป็นต้น ว่าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันหรือเป็นสิ่งที่ไม่ขึ้นต่อกัน

(3) Concepts คือ ด้านเนื้อหาความรู้ เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ทางฟิสิกส์ ว่าเป็นเรื่องของสูตรหรือหลักการความหมายทางฟิสิกส์ที่ซ่อนอยู่ภายในสูตร

(4) Reality Link คือด้านการเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกของความเป็นจริง เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกของความเป็นจริง

(5) Math Link คือ ด้านความเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในการเรียนฟิสิกส์ เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับบทบาทของคณิตศาสตร์ในการเรียนฟิสิกส์ว่าคณิตศาสตร์เป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือคณิตศาสตร์ถูกใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์

(6) Effort คือ ด้านพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ เป็นกลุ่มความคาดหวังเกี่ยวกับพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจฟิสิกส์ว่านักเรียนคาดหวังที่จะคิดหรือพิจารณาอย่างละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่ทำหรือผลลัพธ์ที่ได้กลับมาหรือไม่



ภาพที่ 4.1 ความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 และผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในสาขาวิชาฟิสิกส์ของสหรัฐอเมริกา

จากกราฟส่วนความเห็นที่แตกต่างจากความคาดหวังของผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ Concepts, Coherence, Independence, Math Link, Reality Link และ Effort ตามลำดับ วิเคราะห์ผลจากข้อมูลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความคาดหวัง และเจตคติ ต่อวิชาฟิสิกส์เป็นแบบไม่พึงปรารถนา (Unfavorable) คือ ส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ คิดว่าเขาสามารถเรียนรู้จากครูผู้สอนในชั้นเรียนและอ่านในตำราเท่านั้น โดยให้ความสำคัญกับการจดจำเนื้อหา สูตร สมการ เพื่อที่จะนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหาแทนค่าปริมาณต่างๆ ให้ได้ตัวเลขออกมา ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการพิสูจน์สูตรไม่คาดหวังที่จะเข้าใจสมการอย่างลึกซึ้ง เพียงแต่ใช้สมการที่ได้มาเท่านั้น กฎทางฟิสิกส์มีความสัมพันธ์เล็กน้อยในชีวิตจริง ความรู้ทางฟิสิกส์ประกอบด้วยความรู้ย่อย ๆ หลายเรื่อง แต่ละเรื่องนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ได้หนึ่งเรื่อง

เท่านั้น ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน และมีแนวคิดว่านักเรียนเพียงไม่กี่คนที่มีความสามารถพิเศษสามารถเข้าใจฟิสิกส์ได้อย่างแท้จริง

4.3 การวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain(POE)

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain(POE)

ชุดกิจกรรมย่อย	จำนวนนักเรียน 41 คน			
ระหว่างเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ
1. แรง	25	20.34	2.62	80.88
2. มวล	5	4.51	0.76	82.93
3. กฎข้อที่ 1	20	17.34	1.46	85.12
4. กฎข้อที่ 2	20	17.00	1.27	81.34
5. กฎข้อที่ 3	10	9.17	1.07	79.02
6. น้ำหนักแรงและแรงดึงดูดระหว่างมวล	5	4.32	0.66	84.88
7. แรงเสียดทาน	5	4.10	0.69	86.34
8. การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่	10	8.83	0.90	82.68
โดยรวม	100	20.91	1.22	**82.39**
post-test	30	22.61	2.93	**75.37**

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 82.39/75.37 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่ตั้งไว้ โดยที่ ค่า 82.39 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) หาได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของกิจกรรมย่อยระหว่างเรียน และค่า 75.37 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) หาได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความเข้าใจหลังการเรียน (post-test)

4.4 การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่

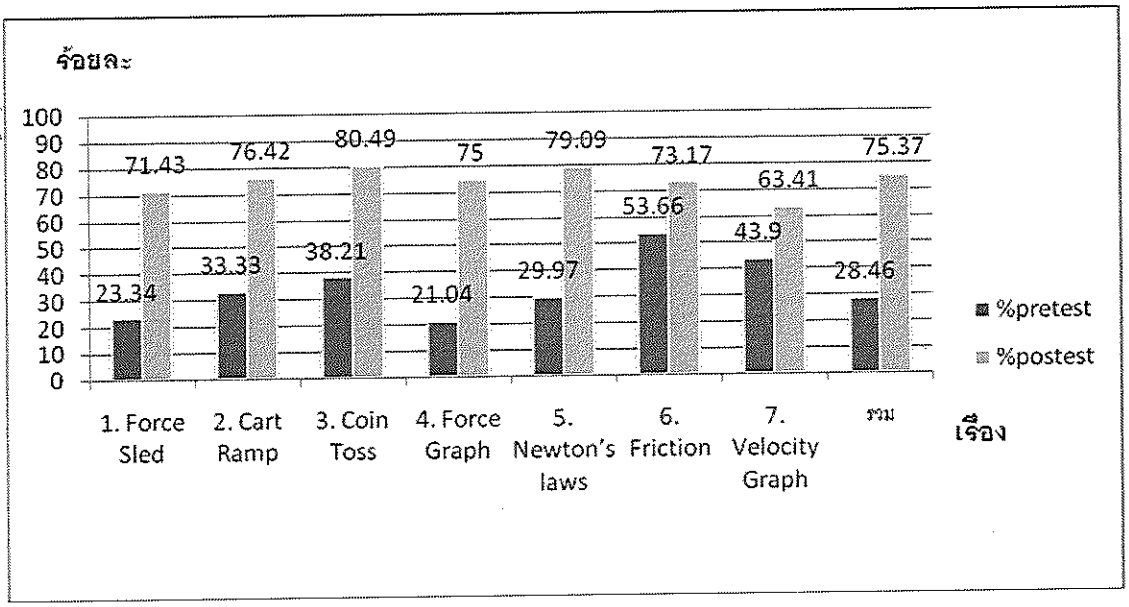
การวัดความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ แบบ POE ใช้แบบทดสอบความเข้าใจจำนวน 30 ข้อ แบ่งออกเป็น แบ่งเป็น 7 หัวข้อ คือ 1) แรงที่กระทำกับเรือน้ำแข็ง (Force Sled) 2) การเข็นรถบนพื้นเอียง (Cart Ramp) 3) การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) 4) กราฟแรง (Force Graph) 5) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) 6) แรงเสียดทาน (friction) และ 7) กราฟความเร็ว (Velocity Graph)

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน และ normalized gain แต่ละหัวข้อ

เรื่อง	ร้อยละคะแนนเฉลี่ยสอบก่อนเรียน	ร้อยละคะแนนเฉลี่ยสอบหลังเรียน	<g>
1. Force Sled	23.34	71.43	0.63
2. Cart Ramp	33.33	76.42	0.65
3. Coin Toss	38.21	80.49	0.68
4. Force Graph	21.04	75.00	0.68
5. Newton's laws	29.97	79.09	0.70
6. Friction	53.66	73.17	0.42
7. Velocity Graph	43.90	63.41	0.35
รวม	**28.46**	**75.37**	**0.66**

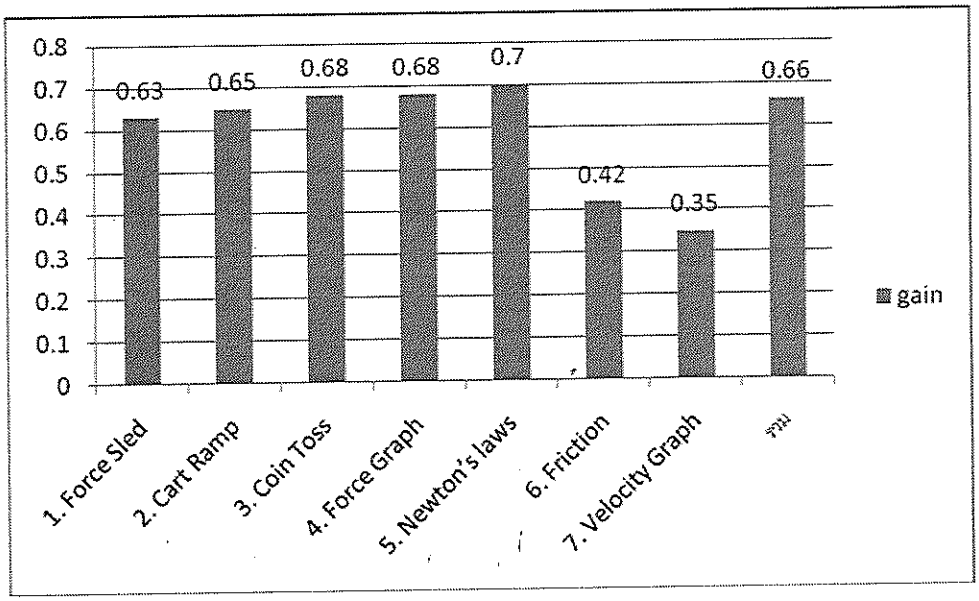
จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 2.2 อธิบายได้ว่าการศึกษาความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE 7 หัวข้อ ได้แก่ 1) แรงที่กระทำกับเรือน้ำแข็ง (Force Sled) 2) การเข็นรถบนพื้นเอียง(Cart Ramp) 3) การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) 4) กราฟแรง (Force Graph) 5) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) 6) แรงเสียดทาน (friction) และ 7) กราฟความเร็ว (Velocity Graph) คะแนนก่อนเรียนของนักเรียนนอกเหนือจากเรื่อง แรงเสียดทาน (friction) เมื่อแยกพิจารณาตามหัวข้อแล้วต่ำกว่าร้อยละ 50 ทุกหัวข้อ และคะแนนก่อนเรียนโดยรวมต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะ เรื่อง กราฟแรง (Force Graph) มีคะแนนต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 21.04 หลังจากเรียนด้วยกิจกรรม POE พบว่า นอกเหนือจากเรื่องกราฟความเร็ว (Velocity Graph) แล้วนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 70 ทุกหัวข้อ

โดยเฉพาะเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss)นักเรียนได้คะแนนสอบหลังเรียนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 80.49 โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 75.37



ภาพที่ 4.2 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain, < g >) ได้ผลดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบPOE

พิจารณาจากภาพ 4.3 พบว่านักเรียนมีพัฒนาการโดยรวมอยู่ในระดับ Medium gain <g> = 0.66 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE สามารถเพิ่มความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ให้สูงขึ้นได้ เมื่อพิจารณาแต่ละหัวข้อพบว่า เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) มีพัฒนาการอยู่ในระดับ High gain <g> เท่ากับ 0.70 ส่วนเรื่องแรงที่กระทำกับเรือน้ำแข็ง (Force Sled) การเข็นรถบนพื้นเอียง(Cart Ramp) การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) กราฟแรง (Force Graph) แรงเสียดทาน (friction) และกราฟความเร็ว (Velocity Graph) มีการพัฒนาเท่ากับ 0.63, 0.65, 0.68, 0.68, 0.42 และ 0.35 ตามลำดับ อยู่ในระดับ Medium gain

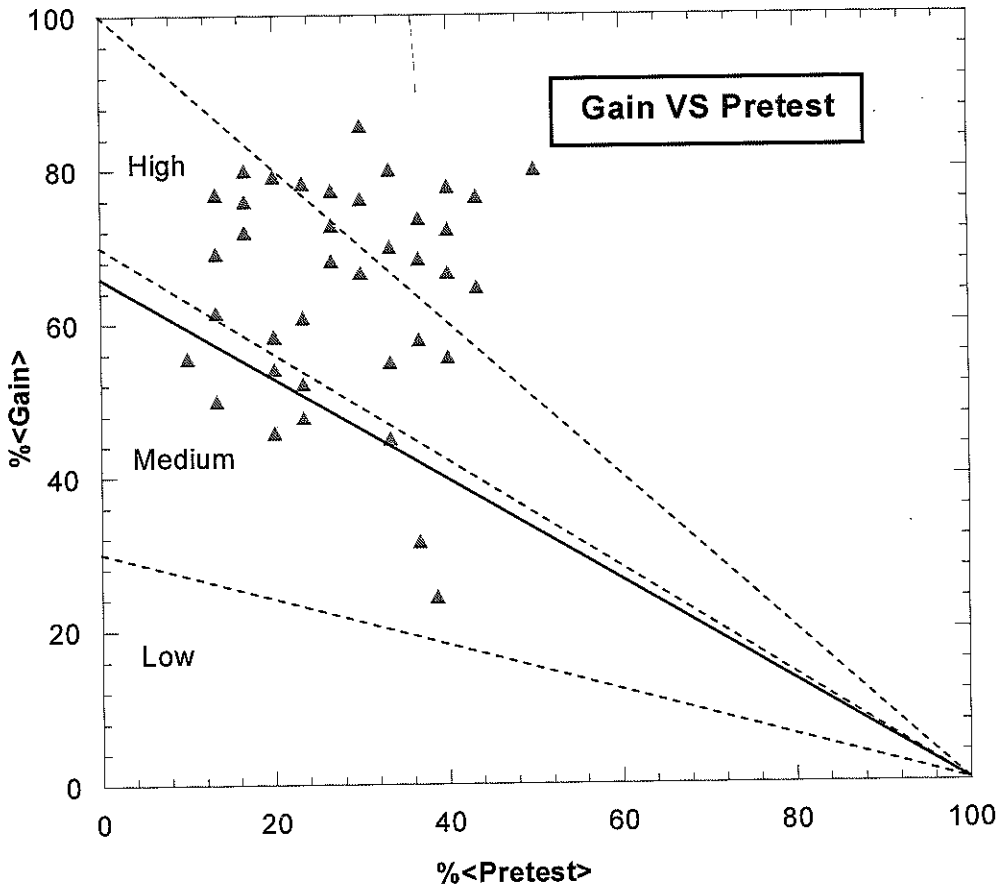
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนของนักเรียน

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD	t-test
ก่อนเรียน	41	30	8.54	3.00	28.33*
หลังเรียน	41	30	22.61	2.93	

*t .05, 40 = 1.68

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 8.54 คะแนน และ 22.61 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล ผลดังภาพที่ 4.4 อธิบายได้ว่า แกน Y คือ ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (%<Gain>) ส่วนแกน X คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละของคะแนนสอบก่อนเรียน (%<Pre – test>) กราฟประคือ กราฟที่แสดงการแบ่งช่วงของระดับค่า normalized gain ที่ได้แบ่งเป็นสามระดับ คือ High, Medium และ Low gain โดยกราฟเส้นทึบเป็นค่าเฉลี่ยของ normalized gain ของนักเรียนจำนวน 41 คน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.66 หลังการสอนแบบ POE จากผลการสำรวจพัฒนาการรายบุคคล (Single student normalized gain) พบว่ามีนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ High gain จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 46.34 นักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ Medium gain จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 53.66 และไม่มีนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ Low gain โดยพัฒนาการทั้งชั้นเรียน (Class normalized gain) อยู่ในระดับ Medium gain (<<g>> = 0.66)



ภาพที่ 4.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลหลังเรียนด้วยกิจกรรม POE

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ระหว่างการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนให้ความร่วมมือกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม รู้จักการทำงานเป็นกลุ่มสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เมื่อถามปัญหานักเรียนสามารถตอบและแสดงความคิดเห็นมีความกล้าแสดงออก

หลังการสอนเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ด้วยคำถามที่ว่า "หากนักเรียนจะก้าวลงจากรถที่กำลังชะลอช้าๆ ให้ปลอดภัยควรปฏิบัติอย่างไร เพราะเหตุใด" นักเรียนคนหนึ่งเล่าประสบการณ์ "ตอนเป็นเด็กผมเคยกระโดดลงรถประจำทางก่อนรถจอด ในช่วงที่รถกำลังชะลอในตอนนั้นผมคิดว่ารถเคลื่อนที่ช้ามากๆ ไม่น่าจะเป็นอันตราย แต่ปรากฏว่าผมก็ล้มหัวเข่าแตก" และตอบคำถามว่า "ดังนั้นข้อนี้ผมคิดว่าจะก้าวลงอย่างช้าๆและโน้มตัวมาทางด้านหลังที่ตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถสักเล็กน้อยเพราะต้องคำนึงถึงความเฉื่อยที่จะพุ่งไปด้านหน้า" นักเรียนอีกคนหนึ่งตอบว่า "ก้าวลงจากรถอย่างช้าๆและเอนตัวมาทางซ้ายเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อลง

จากรถประจำทางรถซึ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จะทำให้เรามีความเฉื่อยมาทางขวามือ" นักเรียนคนหนึ่งตอบว่า "ค่อยๆก้าวลงจากรถเพราะเราอาจจะเซเนื่องจากยังคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิม แต่ทางที่ดีควรรอให้รถหยุดเสียก่อนแล้วจึงลง"

หลังการเรียนเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันมีคำถามว่า "หากนักเรียนนั่งอยู่บนเรือยนต์โดยสารที่กำลังแล่นไปยังแม่น้ำเพื่อข้ามไปยังฝั่งตรงข้ามด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่ง ทันใดนั้นเครื่องเรือเกิดขัดข้องและดับลงลักษณะการเคลื่อนที่ของเราจะเป็นอย่างไรต่อไป" นักเรียนคนหนึ่งตอบว่า "เราจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมสักระยะและจะค่อยๆหยุดเนื่องจากมีแรงจากน้ำที่ต้านการเคลื่อนที่" นักเรียนอีกคนหนึ่งตอบว่า "น่าจะคล้ายกันกับนั่งรถไปแล้วรถเสียและเครื่องไม่ทำงานแต่ก็ยังจะเคลื่อนที่ต่อเพราะความเฉื่อย เรือก็เช่นเดียวกันน่าจะเคลื่อนที่ต่อด้วยความเฉื่อยเราซึ่งอยู่บนเรือก็จะมีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนเรือ และต่อมาก็จะหยุดเพราะมีแรงเสียดทานที่ต้านการเคลื่อนที่"

นักเรียนคนหนึ่งกล่าวระหว่างเรียนว่า "บทนี้มีการทดลองเยอะดีค่ะ ทำให้ไม่รู้สึกง่วงง่วงเลย" นักเรียนอีกคนกล่าวว่า "เรื่องนี้เข้าใจง่ายนะคะเพราะเราพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน"

เมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนในแต่ละเรื่องและในหัวข้ออื่นๆ และพฤติกรรมของนักเรียนที่ให้ความสนใจมากขึ้น เช่น หยิบโทรศัพท์มาบันทึกกิจกรรม พูดคุยซักถาม เล่าประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน แสดงให้เห็นว่าการสอนโดยวิธี POE ทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียนมากขึ้นและนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้าสู่ชีวิตประจำวันได้

4.6 การวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนด้วยกิจกรรม POE

ตารางที่ 4.4 ร้อยละของคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์แยกตามระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหา วัตถุประสงค์ สอดคล้องกับกิจกรรม	26.92	42.31	30.75	-	-
2. การจัดลำดับเนื้อหาเป็นระบบ มีขั้นตอนชัดเจนและเข้าใจง่าย	23.07	34.62	42.31	-	-
3. เนื้อหาเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	7.69	42.31	50.00	-	-
ค่าเฉลี่ย	**19.23**	**39.75**	**38.46**	-	-

ตารางที่ 4.4 ร้อยละของคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์แยกตามระดับความคิดเห็น (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)				
	5	4	3	2	1
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้					
4. ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	23.08	46.15	30.77	-	-
5. เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมมีความเหมาะสม	11.54	46.15	42.31	-	-
6. กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ สามารถมองเรื่องที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น	26.92	34.62	38.46	-	-
7. การได้คาดเดาเหตุการณ์ล่วงหน้าทำให้รู้สึกท้าทาย	23.08	50.00	26.92	-	-
8. สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ได้	30.77	30.77	38.46		
9. ฝึกการคิดวิเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ได้ใหม่ด้วยตนเอง	23.07	57.69	19.23		
ค่าเฉลี่ย	**23.08**	**44.23**	**32.69**	-	-
ด้านความใฝ่รู้ใฝ่เรียน					
10. วิชาฟิสิกส์เป็นเรื่องที่อยู่รอบตัว นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	46.15	46.15	7.7	-	-
11. วิชาฟิสิกส์ช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติมากขึ้น	42.13	38.46	19.23	-	-
12. วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่น่าสนใจอย่างยิ่ง	19.23	46.15	34.62		
13. การได้ทดลองทางฟิสิกส์สนุกสนานมากกว่าการเรียนแบบอธิบายเพียงอย่างเดียว	42.31	30.77	26.92		
14. นักเรียนมีความมั่นใจ กระตือรือร้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์	19.23	42.31	38.46		
ค่าเฉลี่ย	**33.81**	**40.77**	**25.39**	-	-
ด้านการประเมินผล					
15. นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล	34.62	19.23	46.15	-	-
16. มีเกณฑ์ในการประเมินผลที่ชัดเจน เหมาะสม และเป็นธรรม	26.92	50.00	23.08	-	-
ค่าเฉลี่ย	**30.77**	**34.62**	**34.62**	-	-

ตารางที่ 4.4 ร้อยละของคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์แยกตามระดับความคิดเห็น (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)				
	5	4	3	2	1
ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์					
17. นักเรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรม	30.77	26.92	42.31	-	-
18.สามารถแสดงความคิดเห็นของตนเอง	34.62	38.46	29.92	-	-
19. สามารถรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งของผู้อื่นได้	34.62	42.31	23.08		
20. นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองสูงขึ้น กล้าอธิบายและถ่ายทอดสู่ผู้อื่น	19.23	46.15	34.62	-	-
ค่าเฉลี่ย	**29.81**	**38.46**	**32.48**	-	-
โดยรวม	**27.34**	**39.56**	**33.24**	-	-

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังจากเรียนแบบ POE ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 39.56 ของนักเรียนทั้งหมด นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 27.43 ของนักเรียนทั้งหมด และนักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 33.24 ของนักเรียนทั้งหมด พิจารณาจากในแต่ละด้านพบว่า นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี มากที่สุดคือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 44.23 และเจตคติของนักเรียนในระดับดี 4 ด้านเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ด้านเนื้อหา ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และด้านการประเมินผลคิดเป็นร้อยละ 40.77, 39.75, 34.62 และ 38.46 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

เมื่อผู้วิจัยสำรวจความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ปัญหาเพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน จึงนำกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ และปรับเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก หลังจากดำเนินการวิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)

ผลการวิจัยพบว่า ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.39/75.37 หมายถึง นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดย่อยหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE คิดเป็นร้อยละ 82.39 และได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 75.37 แสดงว่าชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ การที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ เพราะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากอาจารย์ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนฟิสิกส์ สืบค้นความรู้เพิ่มเติมและใช้สื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย และทุกขั้นตอนในการสร้างได้รับคำแนะนำจากคณะที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยเลือกกิจกรรมที่น่าสนใจสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ และเหมาะสมกับผู้เรียน โดยจากเริ่มต้นที่นักเรียนไม่ให้ความสนใจ ไม่มีทักษะการพยากรณ์ไม่กล้าคาดเดาเหตุการณ์ใช้เวลาในการทำนายนานเนื่องจากกลัวว่าคำตอบจะไม่ถูกต้อง และในกิจกรรมที่ 3 นักเรียนเริ่มกล้าแสดงออกกล้าแสดงความคิดเห็นและผลการทำนายเริ่มใกล้เคียงกับการสังเกตมากยิ่งขึ้น ในขั้นตอนการสังเกตนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง สามารถวัด และบันทึกผลข้อมูล การแปรความหมายข้อมูลได้อย่างแม่นยำ แสดงให้เห็นว่าชุดการจัดกิจกรรมนำไปสู่กระบวนการคิดที่มีระบบยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนากรณ์ กลางมะฌี (2553) ที่พบว่ากระบวนการ POE สามารถพัฒนา เมตาคอกนิชัน หรือ กระบวนการเรียนรู้ ได้เห็นชัดเจนและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

5.2 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 8.54 คะแนน และ 22.61 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดีกว่าการสอนแบบเดิม ๆ ที่สอนทฤษฎี กฎ หลักการ แล้วเน้นคำนวณ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) กระตุ้นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จินตนาการ ได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิมโดยเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง ฝึกให้พิจารณาจากผล วิเคราะห์ เปรียบเทียบ สิ่งที่ทำนายไว้ และสามารถสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ จึงทำให้นักเรียนรู้สึกภาคภูมิใจในตนเอง สนุกกับการเรียนวิชาฟิสิกส์ ขณะที่นักเรียนดำเนินการสำรวจหาคำตอบ ทั้งนักเรียนและครูจะมีการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันสังเกต ทำให้เกิดข้อสงสัย มีการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหาและคิดหาคำตอบล่วงหน้าด้วยตัวเอง ผู้วิจัยให้นักเรียนมีอิสระทางความคิดโดยไม่ชี้แนะหรือเฉลยคำตอบก่อนเมื่อนักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นแล้วยังคงใช้คำถามกระตุ้นให้คิดหาสาเหตุของปัญหา โดยนักเรียนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนำมาอธิบายขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจากการหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่าถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลองกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาไม่เป็นไปตามที่ทำนายผลไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเอง นักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อน เพื่อหาคำตอบ

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี normalized gain, <g> พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการโดยรวมอยู่ในระดับ Medium gain <g> = 0.70 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) สามารถเพิ่มความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ให้สูงขึ้นได้ จากผลการสำรวจพัฒนาการรายบุคคล (Single student normalized gain) พบว่ามีนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ High gain จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 46.34 นักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ Medium gain จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 53.66 และไม่มีนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ low gain การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นกิจกรรมที่ท้าทาย และเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนไม่เกิดความเครียด และสนใจที่จะหาคำตอบของเหตุการณ์ที่พบเห็นอยู่แล้วว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น การเอาใจใส่ในการเรียนเพิ่มมากขึ้น และมีความสุขในการเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนมีศักยภาพในการเรียนรู้สูงสุด เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้สูงขึ้นได้

เมื่อพิจารณาแต่ละหัวข้อพบว่า เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) มีพัฒนาการอยู่ในระดับ High gain <g> เท่ากับ 0.70 เรื่องแรงที่กระทำกับเรือน้ำแข็ง (Force Sled) การเข็นรถบนพื้นเอียง(Cart Ramp) การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) กราฟแรง (Force Graph) แรงเสียดทาน (friction) และกราฟความเร็ว (Velocity Graph) มีการพัฒนาเท่ากับ 0.63, 0.65, 0.68, 0.68, 0.42 และ 0.35 ตามลำดับ อยู่ในระดับ Medium gain

อภิปรายผลได้ว่า นักเรียนมีความคิดที่หลากหลายและนักเรียนส่วนใหญ่จะใช้ประสบการณ์และความรู้เดิมของตนเองเพื่ออธิบายและคาดเดาสิ่งที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการแก้ไขปัญหาของนักเรียนนักเรียนได้ทดลองค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง นักเรียนรู้จักคิดวางแผนแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของเหตุการณ์ที่กำหนดให้และประยุกต์ใช้ความรู้อธิบายเหตุการณ์อื่นได้ เช่นเดียวกับณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ที่ใช้กิจกรรม POE ศึกษาตัวแทนความคิดเรื่องแสงของนักเรียน และพบว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธี POE พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดที่ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงแสดงสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาคซึ่งสอดคล้องตามตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์มากกว่าร้อยละ 90 โดยเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) นักเรียนมีผลการประเมินพัฒนาการสูงสุด อาจเนื่องมาจากหัวข้อนี้มีชุดกิจกรรม 3 ชุด คือ กฎข้อที่ 1, 2 และ 3 และมีกิจกรรมย่อยที่น่าสนใจหลายกิจกรรมเช่น ไข่ดิบไข่สุก สั่งเชือกให้ขาด เหรียญคาราเต้ นักเรียนมีความตั้งใจ สนใจ ตื่นเต้นที่จะได้เห็นผลการทำกิจกรรม ว่าจะตรงกับที่ได้ทำนายไว้หรือไม่ ประกอบกับการอธิบายเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดี ลำดับถัดมาคือ การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) กราฟแรง (Force Graph) สำหรับกราฟแรง (Force Graph) มีความสอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน(Newton's laws) ในทำนองเดียวกันจึงมีความเข้าใจในเรื่องกราฟแรงได้ง่ายยิ่งขึ้น ส่วนการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) ความคิดรวบยอดหลักคือ วัตถุที่ตกภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกเมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ มีแรงเพียงแรงเดียวมากระทำคือแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งดึงดูดวัตถุให้ตกลงสู่พื้นโลกเสมอ ปรากฏชัดเจนในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนเข้าใจได้โดยง่าย ในลำดับสุดท้ายคือเรื่องกราฟความเร็ว (Velocity Graph) มีผลการประเมินพัฒนาการอันดับต่ำสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นการบูรณาการความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันสู่เรื่องกราฟระหว่างความเร็วกับเวลา

ซึ่งหากนักเรียนมีความคิดรวบยอดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งผิดก็ไม่สามารถตอบแบบทดสอบข้อนี้ได้ อย่างไรก็ตามพัฒนาการของนักเรียนก็อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ

5.3 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังจากเรียนแบบ POE ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 39.56 ของนักเรียนทั้งหมด นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 27.43 ของนักเรียนทั้งหมด และนักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 33.24 ของนักเรียนทั้งหมด พิจารณาจากในแต่ละด้านพบว่า นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี มากที่สุดคือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 44.23 และเจตคติของนักเรียนในระดับดี 4 ด้านเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ด้านเนื้อหา ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และด้านการประเมินผลคิดเป็นร้อยละ 40.77, 39.75, 34.62 และ 38.46 ตามลำดับ

ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง บทบาทที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้ต้องเปลี่ยนไปเป็นผู้ซึ่งเอื้อความรู้ การให้นักเรียนได้กำหนดจุดมุ่งหมายเอง หาความรู้ด้วยตนเอง ให้รู้จักวิเคราะห์ รู้จักประเมิน รู้จักประยุกต์ รู้จักสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและท้ายที่สุดให้รู้จักประเมินสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเองเป็นอย่างไร การแสวงหาความรู้เองสิ่งที่นักเรียนได้ คือความรู้ใหม่ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2552) และความรู้ใหม่ที่ได้มาด้วยตนเองสร้างความภาคภูมิใจและส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ดีได้ สังเกตจากนักเรียนที่ไม่สนใจเรียน ชอบนั่งอยู่หลังห้องและแอบเล่นโทรศัพท์ เปลี่ยนมานั่งอยู่ด้านหน้าและสนใจซักถามเกี่ยวกับกิจกรรมและนำโทรศัพท์ขึ้นมาบันทึกในระหว่างการทำกิจกรรมแทน นักเรียนไม่แสดงอาการง่วง แต่ตรงข้ามมีความกระตือรือร้นและให้ความสนใจ ในระหว่างเรียนนักเรียนพูดคุยถึงเหตุการณ์ที่ผ่านมาจากประสบการณ์ของแต่ละคนที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับเรื่องที่เรียน แสดงให้เห็นว่าการสอนโดยวิธี POE ทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียนมากขึ้นและนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้าสู่ชีวิตประจำวันได้ นั่นคือฟิสิกส์ไม่ใช่เรื่องที่ไกลตัวอีกต่อไป สอดคล้องกับงานวิจัยของรุจิระ การิสุข (2554) ซึ่งใช้ชุดกิจกรรม POE มาช่วยสอนหรือนำมาประกอบการสอนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ พบว่าชุดกิจกรรม POE ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

นอกจากนี้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคำนวณ และพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ที่มีขั้นตอนการพิจารณาโจทย์ที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อน และใช้

คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ นักเรียนได้นำความรู้คณิตศาสตร์ไปบูรณาการกับวิชาฟิสิกส์ที่กำลังเรียน สามารถทำการทดลองเพื่อตรวจสอบคำตอบและพิสูจน์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย และบูรณาการคณิตศาสตร์กับวิชาฟิสิกส์ เช่น การแก้สมการ เป็นต้น ทำให้ตระหนักถึงการนำคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีความรู้คงทนดีขึ้น นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (ชลิตา ทักษิณกานนท์ และอุดม ทิพราช,2555)

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การสอนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหา ในรายวิชาทั้งหมด เป็นเพียงกิจกรรมเพื่อเสริมความสนใจใฝ่รู้ใฝ่เรียน ในกิจกรรมการเรียนการสอนจำเป็นที่ครูต้องใช้วิธีการสอนหลาย ๆ วิธีผสมผสานกัน โดยครูควรจัดอุปกรณ์ประกอบการสอน เช่น การทดลอง การสาธิต เพื่อประกอบความเข้าใจ

5.4.2 ควรได้มีการศึกษาความคงทนของความรู้และพฤติกรรมใฝ่รู้ใฝ่เรียนในระยะยาว

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

เมื่อผู้วิจัยสำรวจความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ปัญหาเพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน จึงนำกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ และปรับเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก หลังจากดำเนินการวิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)

ผลการวิจัยพบว่า ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.39/75.37 หมายถึง นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดย่อยหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE คิดเป็นร้อยละ 82.39 และได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบความเข้าใจหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 75.37 แสดงว่าชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ การที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ เพราะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากอาจารย์ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนฟิสิกส์ สืบค้นความรู้เพิ่มเติมและใช้สื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย และทุกขั้นตอนในการสร้างได้รับคำแนะนำจากคณะที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยเลือกกิจกรรมที่น่าสนใจสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ และเหมาะสมกับผู้เรียน โดยจากเริ่มต้นที่นักเรียนไม่ให้ความสนใจ ไม่มีทักษะการพยากรณ์ไม่กล้าคาดเดาเหตุการณ์ใช้เวลาในการทำนายนานเนื่องจากกลัวว่าคำตอบจะไม่ถูกต้อง และในกิจกรรมที่ 3 นักเรียนเริ่มกล้าแสดงออกกล้าแสดงความคิดเห็นและผลการทำนายเริ่มใกล้เคียงกับการสังเกตมากยิ่งขึ้น ในขั้นตอนการสังเกตนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง สามารถวัด และบันทึกผลข้อมูล การแปรความหมายข้อมูลได้อย่างแม่นยำ แสดงให้เห็นว่าชุดการจัดกิจกรรมนำไปสู่กระบวนการคิดที่มีระบบยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนากรณ์ กลางมะฌี (2553) ที่พบว่ากระบวนการ POE สามารถพัฒนา เมตาคอกนิชัน หรือ กระบวนการเรียนรู้ ได้เห็นชัดเจนและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

5.2 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 8.54 คะแนน และ 22.61 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การที่ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดีกว่าการสอนแบบเดิม ๆ ที่สอนทฤษฎี กฎ หลักการ แล้วเน้นคำนวณ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) กระตุ้นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จินตนาการ ได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิมโดยเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง ฝึกให้พิจารณาจากผล วิเคราะห์ เปรียบเทียบ สิ่งที่ทำนายไว้ และสามารถสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ จึงทำให้นักเรียนรู้สึกภาคภูมิใจในตนเอง สนุกกับการเรียนวิชาฟิสิกส์ ขณะที่นักเรียนดำเนินการสำรวจหาคำตอบ ทั้งนักเรียนและครูจะมีการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันสังเกต ทำให้เกิดข้อสงสัย มีการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหาและคิดหาคำตอบล่วงหน้าด้วยตัวเอง ผู้วิจัยให้นักเรียนมีอิสระทางความคิดโดยไม่ชี้แนะหรือเฉลยคำตอบก่อนเมื่อนักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นแล้วยังคงใช้คำถามกระตุ้นให้คิดหาสาเหตุของปัญหา โดยนักเรียนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนำมาอธิบายขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างสิ่งที่ทำนายและผลจากการหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่าถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลองกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาไม่เป็นไปตามที่ทำนายผลไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเอง นักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อน เพื่อหาคำตอบ

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี normalized gain, <g> พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการโดยรวมอยู่ในระดับ Medium gain <g> = 0.70 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) สามารถเพิ่มความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ให้สูงขึ้นได้ จากผลการสำรวจพัฒนาการรายบุคคล (Single student normalized gain) พบว่ามีนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ High gain จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 46.34 นักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ Medium gain จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 53.66 และไม่มีนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในระดับ low gain การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นกิจกรรมที่ท้าทาย และเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนไม่เกิดความเครียด และสนใจที่จะหาคำตอบของเหตุการณ์ที่พบเห็นอยู่แล้วว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น การเอาใจใส่ในการเรียนเพิ่มมากขึ้น และมีความสุขในการเรียนมากขึ้น ทำให้นักเรียนมีศักยภาพในการเรียนรู้สูงสุด เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้สูงขึ้นได้

เมื่อพิจารณาแต่ละหัวข้อพบว่า เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) มีพัฒนาการอยู่ในระดับ High gain <g> เท่ากับ 0.70 เรื่องแรงที่กระทำกับเรือน้ำแข็ง (Force Sled) การเข็นรถบนพื้นเอียง(Cart Ramp) การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) กราฟแรง (Force Graph) แรงเสียดทาน (friction) และกราฟความเร็ว (Velocity Graph) มีการพัฒนาเท่ากับ 0.63, 0.65, 0.68, 0.68, 0.42 และ 0.35 ตามลำดับ อยู่ในระดับ Medium gain

อภิปรายผลได้ว่า นักเรียนมีความคิดที่หลากหลายและนักเรียนส่วนใหญ่จะใช้ประสบการณ์และความรู้เดิมของตนเองเพื่ออธิบายและคาดเดาสิ่งที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการแก้ไขปัญหาของนักเรียนนักเรียนได้ทดลองค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง นักเรียนรู้จักคิดวางแผนแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของเหตุการณ์ที่กำหนดให้และประยุกต์ใช้ความรู้อธิบายเหตุการณ์อื่นได้ เช่นเดียวกับณราภรณ์ บุญกิจ (2553) ที่ใช้กิจกรรม POE ศึกษาตัวแทนความคิดเรื่องแสงของนักเรียน และพบว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธี POE พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีตัวแทนความคิดที่ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงแสดงสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาคซึ่งสอดคล้องตามตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์มากกว่าร้อยละ 90 โดยเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws) นักเรียนมีผลการประเมินพัฒนาการสูงสุด อาจเนื่องมาจากหัวข้อนี้มีชุดกิจกรรม 3 ชุด คือ กฎข้อที่ 1, 2 และ 3 และมีกิจกรรมย่อยที่น่าสนใจหลายกิจกรรมเช่น ไข่ดิบไข่สุก สั่งเชือกให้ขาด เหรียญคาราเต้ นักเรียนมีความตั้งใจ สนใจ ตื่นเต้นที่จะได้เห็นผลการทำกิจกรรม ว่าจะตรงกับที่ได้ทำนายไว้หรือไม่ ประกอบกับการอธิบายเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดี ลำดับถัดมาคือ การเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) กราฟแรง (Force Graph) สำหรับกราฟแรง (Force Graph) มีความสอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน(Newton's laws) ในทำนองเดียวกันจึงมีความเข้าใจในเรื่องกราฟแรงได้ง่ายยิ่งขึ้น ส่วนการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Coin Toss) ความคิดรวบยอดหลักคือ วัตถุที่ตกภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกเมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ มีแรงเพียงแรงเดียวมากระทำคือแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งดึงดูดวัตถุให้ตกลงสู่พื้นโลกเสมอ ปรากฏชัดเจนในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนเข้าใจได้โดยง่าย ในลำดับสุดท้ายคือเรื่องกราฟความเร็ว (Velocity Graph) มีผลการประเมินพัฒนาการอันดับต่ำสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นการบูรณาการความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันสู่เรื่องกราฟระหว่างความเร็วกับเวลา

ซึ่งหากนักเรียนมีความคิดรวบยอดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งผิดก็ไม่สามารถตอบแบบทดสอบข้อนี้ได้ อย่างไรก็ตามพัฒนาการของนักเรียนก็อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ

5.3 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังจากเรียนแบบ POE ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 39.56 ของนักเรียนทั้งหมด นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 27.43 ของนักเรียนทั้งหมด และนักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 33.24 ของนักเรียนทั้งหมด พิจารณาจากในแต่ละด้านพบว่า นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับดี มากที่สุดคือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 44.23 และเจตคติของนักเรียนในระดับดี 4 ด้านเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ด้านเนื้อหา ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และด้านการประเมินผลคิดเป็นร้อยละ 40.77, 39.75, 34.62 และ 38.46 ตามลำดับ

ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง บทบาทที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้ต้องเปลี่ยนไปเป็นผู้ซึ่งเอื้อความรู้ การให้นักเรียนได้กำหนดจุดมุ่งหมายเอง หาความรู้ด้วยตนเอง ให้รู้จักวิเคราะห์ รู้จักประเมิน รู้จักประยุกต์ รู้จักสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและท้ายที่สุดให้รู้จักประเมินสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเองเป็นอย่างไร การแสวงหาความรู้เองสิ่งที่นักเรียนได้ คือความรู้ใหม่ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2552) และความรู้ใหม่ที่ได้มาด้วยตนเองสร้างความภาคภูมิใจและส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ดีได้ สังเกตจากนักเรียนที่ไม่สนใจเรียน ชอบนั่งอยู่หลังห้องและแอบเล่นโทรศัพท์ เปลี่ยนมานั่งอยู่ด้านหน้าและสนใจซักถามเกี่ยวกับกิจกรรมและนำโทรศัพท์ขึ้นมาบันทึกในระหว่างการทำกิจกรรมแทน นักเรียนไม่แสดงอาการง่วง แต่ตรงข้ามมีความกระตือรือร้นและให้ความสนใจ ในระหว่างเรียนนักเรียนพูดคุยถึงเหตุการณ์ที่ผ่านมาจากประสบการณ์ของแต่ละคนที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับเรื่องที่เรียน แสดงให้เห็นว่าการสอนโดยวิธี POE ทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียนมากขึ้นและนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้าสู่ชีวิตประจำวันได้ นั่นคือฟิสิกส์ไม่ใช่เรื่องที่ไกลตัวอีกต่อไป สอดคล้องกับงานวิจัยของรุจิระ การิสุข (2554) ซึ่งใช้ชุดกิจกรรม POE มาช่วยสอนหรือนำมาประกอบการสอนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ พบว่าชุดกิจกรรม POE ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

นอกจากนี้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคำนวณ และพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ที่มีขั้นตอนการพิจารณาโจทย์ที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อน และใช้

คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ นักเรียนได้นำความรู้คณิตศาสตร์ไปบูรณาการกับวิชาฟิสิกส์ที่กำลังเรียน สามารถทำการทดลองเพื่อตรวจสอบคำตอบและพิสูจน์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย และบูรณาการคณิตศาสตร์กับวิชาฟิสิกส์ เช่น การแก้สมการ เป็นต้น ทำให้ตระหนักถึงการนำคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีความรู้คงทนดีขึ้น นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (ชลิตา ทักษิณกานนท์ และอุดม ทิพราช,2555)

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การสอนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหา ในรายวิชาทั้งหมด เป็นเพียงกิจกรรมเพื่อเสริมความสนใจใฝ่รู้ใฝ่เรียน ในกิจกรรมการเรียนการสอนจำเป็นที่ครูต้องใช้วิธีการสอนหลาย ๆ วิธีผสมผสานกัน โดยครูควรจัดอุปกรณ์ประกอบการสอน เช่น การทดลอง การสาธิต เพื่อประกอบความเข้าใจ

5.4.2 ควรได้มีการศึกษาความคงทนของความรู้และพฤติกรรมใฝ่รู้ใฝ่เรียนในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ. คู่มือการจัดการเรียนรู้และกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.

กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

กิตติยา อาภรศรี และ อุดม ทิพราช. "การศึกษาความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์และแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์อันสอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 โรงเรียนพนาศึกษา", ใน การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 4. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2555.

ชลิตา ทักษิณกานนท์ และอุดม ทิพราช. "การบูรณาการการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ในโรงเรียน", ในการประชุมเชิงวิชาการระดับชาติ Siam Physics Congress 2012 (SPC2012). พระนครศรีอยุธยา : สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2555.

โชคศิลป์ ธนเฮือง และคณะ. "การศึกษาความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของนักศึกษาในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่โดยแบบทดสอบแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์มาตรฐาน", ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 (วทท. 29). น.1006, 2547.

ณราภรณ์ บุญกิจ. ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการใช้วิธีการสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

ทิศนา แขมมณี. ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

น้ำค้าง จันทร์เสริม. ผลการจัดการเรียนการสอนเรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. "การวิจัยทางการศึกษา : ทิศทางมหาวิทยาลัยมหิดล", ใน เวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้จะเริ่มต้นอย่างไรวิจัยทางการศึกษา (Educational Research). กองพัฒนาคุณภาพ. น.8. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

มนัสนันท์ เรืองวรกานต์. การเพิ่มพูนความเข้าใจ เรื่อง ความดันบรรยากาศและพลศาสตร์ของของไหลโดยใช้การแสดงทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

รัตนากรณ์ กลางมะณี. การพัฒนาเมตาคอกนิชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและความดันโดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

รุจิระ การิสุข. การพัฒนาความเข้าใจเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2538.

วนิชา ประยูรพันธ์. รูปแบบการทำความเข้าใจบนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2540.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

_____. กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร (Pedagogical Content Knowledge : PCK) เอกสารพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว, 2552.

_____. การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย : การพัฒนาการและภาวะถดถอย. กรุงเทพฯ : บริษัทแอดวานส์พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด, 2555.

สุภารัตน์ น้อยนาง. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการเรียนเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง โดยใช้การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมและการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อัมพร วจนะ และคณะ. "การเปรียบเทียบความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ระหว่างครูและนักเรียน", ใน 33rd Congress on Science and technology of Thailand, ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2550.

National Training Laboratories. "The Learning Pyramid", http://bkpd.wikispaces.com/04++The+Learning+Pyramid. 13 November, 2012.

Donovan, M. Suzanne and Bransford, John D. How Students Learn: Science in The Classroom, The National Academic Press: Washing Dc, 2005.

Hake , R.R. "Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses", Am. J. Phys. 66(1): 64–74, 1998.

Jacobsen, David A. and et al. Methods for Teaching Promoting Student Learning. 6th Ed. London: Pearson Education, 2002.

Redish, E. F and et al. "Student expectations in introductory physics", The American Journal of Physics. 66(3): 212-224, 1998.

Thornton, K. Ronald & Sokoloff, R. David. "Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula", Am. J. Phys. 66(4), 1998.

Umpol Jairuk. The Use of Interactive Lecture Demonstrations in Force and Motion to teach high school – level Physics. The degree of Master of science and technology Education. Bangkok: Mahidol University, 2007.

White, R. and Gunstone, R. Probing understanding. London: The Falmer press, 1992.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)

1.1 ผลการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

ตารางที่ ก.1 คะแนนระหว่างเรียนด้วยชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)

คนที่	Force (25)	mass (5)	1st (20)	2nd (20)	3rd (10)	$W+F_G$ (5)	Friction (5)	apply (10)	total (100)
1	21	4	18	17	6	3	5	8	82
2	18	4	18	18	8	4	4	9	83
3	19	5	17	16	6	3	4	8	78
4	17	4	15	16	7	4	5	7	75
5	22	4	16	17	6	4	4	8	81
6	23	5	15	14	5	4	4	9	79
7	20	3	16	17	8	3	5	8	80
8	17	5	17	15	8	4	3	8	77
9	19	4	16	18	8	4	5	9	83
10	22	4	15	15	9	3	4	9	81
11	24	5	18	17	8	3	5	9	89
12	21	5	19	18	7	4	3	8	85
13	18	4	18	16	8	4	5	9	82
14	16	3	19	15	9	4	4	8	78
15	15	5	17	16	8	5	5	8	79
16	21	3	16	16	8	5	4	7	80
17	20	4	18	14	8	4	5	8	81
18	15	5	19	15	8	5	4	9	80
19	15	5	15	17	9	4	4	8	77
20	16	3	18	15	9	5	5	10	81

ตารางที่ ก.1 คะแนนระหว่างเรียนด้วยชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) (ต่อ)

คนที่	Force (25)	mass (5)	1st (20)	2nd (20)	3rd (10)	$W+F_G$ (5)	Friction (5)	apply (10)	total (100)
21	23	5	18	16	9	4	5	9	89
22	22	4	17	18	8	5	3	9	86
23	22	5	17	19	9	4	5	7	88
24	18	4	19	15	8	5	3	9	81
25	21	3	16	15	9	4	4	9	81
26	23	5	18	16	8	4	4	9	87
27	19	3	19	14	9	5	4	9	82
28	23	5	14	15	8	4	5	9	83
29	22	4	15	17	9	5	5	8	85
30	24	5	19	18	9	4	4	9	92
31	23	4	18	17	9	5	4	8	88
32	22	3	18	16	9	5	5	9	87
33	19	4	17	16	7	4	3	7	77
34	20	3	15	17	9	5	5	7	81
35	21	5	18	16	8	4	4	6	82
36	20	3	16	15	7	5	5	8	79
37	22	4	15	16	7	5	4	7	80
38	20	4	16	17	7	4	4	7	79
39	19	4	16	16	6	4	5	8	78
40	23	4	18	18	7	5	5	8	88
41	24	5	19	18	9	5	4	10	94
total	829	170	698	667	324	174	177	339	$\Sigma X = 3378$
$\overline{X}$	20.22	4.15	17.02	16.27	7.90	4.24	4.32	8.27	82.39
SD	2.62	0.76	1.46	1.27	1.07	0.66	0.69	0.90	4.36
%	80.88	82.93	85.12	81.34	79.02	84.88	86.34	82.68	82.39

ตารางที่ ก.2 คะแนนจากแบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม POE

คนที่	เต็ม	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คนที่	เต็ม	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	30	5	24	22	30	7	19
2	30	6	20	23	30	5	25
3	30	3	18	24	30	7	18
4	30	7	25	25	30	13	26
5	30	4	22	26	30	4	24
6	30	10	24	27	30	12	26
7	30	7	21	28	30	8	25
8	30	9	23	29	30	13	24
9	30	10	26	30	30	10	19
10	30	6	19	31	30	9	27
11	30	4	17	32	30	9	23
12	30	11	25	33	30	10	21
13	30	10	24	34	30	8	24
14	30	11	25	35	30	11	17
15	30	5	23	36	30	12	22
16	30	12	24	37	30	6	25
17	30	12	25	38	30	4	20
18	30	11	22	39	30	10	19
19	30	11	24	40	30	6	17
20	30	9	25	41	30	15	27
21	30	8	23	**รวมคะแนน $\sum Y =$**			**927**
				เฉลี่ย			**22.61**
				SD			**2.93**

จากตารางที่ ก.1 สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ได้ดังนี้

จากสมการ

$$E_1 = \frac{\sum X/N}{A} \times 100$$

จะได้

$$E_1 = \frac{3,378/41}{100} \times 100$$

$$E_1 = 82.39$$

ดังนั้นชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 82.39 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน 75 ที่ตั้งไว้

1.2 การหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

จากตารางที่ ก.2 สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ได้ดังนี้

จากสมการ

$$E_2 = \frac{\sum Y/N}{B} \times 100$$

$$E_2 = \frac{927/41}{30} \times 100$$

$$E_2 = 75.37$$

ดังนั้นชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบ่บ Predict-Observe-Explain (POE) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 75.37 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน 75 ที่ตั้งไว้

แสดงว่าชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 82.39/75.37 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่ตั้งไว้

1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายรายข้อและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบ

ตารางที่ ก.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายรายข้อและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบ

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก		Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.60	ใช้ได้	0.52	*	0.0006	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.78	ใช้ได้	0.50	*	0.0010	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.38	ใช้ได้	0.39	*	0.0132	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.60	ใช้ได้	0.52	*	0.0006	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.60	ใช้ได้	0.34	*	0.0312	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.45	ใช้ได้	0.64	*	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.75	ใช้ได้	0.46	*	0.0029	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.50	ใช้ได้	0.73	*	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.55	ใช้ได้	0.46	*	0.0028	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.43	ใช้ได้	0.45	*	0.0039	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.48	ใช้ได้	0.37	*	0.0172	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.45	ใช้ได้	0.39	*	0.0119	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.53	ใช้ได้	0.47	*	0.0025	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.53	ใช้ได้	0.52	*	0.0006	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.50	ใช้ได้	0.50	*	0.0009	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.43	ใช้ได้	0.56	*	0.0002	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.55	ใช้ได้	0.46	*	0.0028	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.63	ใช้ได้	0.63	*	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.40	ใช้ได้	0.39	*	0.0141	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.55	ใช้ได้	0.06		0.7307	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

จากตารางที่ ก.3 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก จำนวน

40 คน ที่เคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว และนำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft office Excel พบว่า ค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.38 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.06 – 0.73 และแบบทดสอบความเข้าใจทางการเรียนมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.87

จากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบ 8 ข้อ และแบบทดสอบ FMCE 22 ข้อ รวมเป็น 30 ข้อ

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที การทดสอบความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE

Paired Samples Test จากแบบทดสอบความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation
Pair 1	Pre-test	8.54	41	3.00
	Posttest	22.61	41	2.93

Paired Samples Test

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)	Sig. (1-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Posttest - Pretest	14.07	3.18	0.50	28.3272	40	0.0000	0.0000

3. ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนด้วยกิจกรรม POE

ตารางที่ ก.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายบุคคล

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	<g>	ระดับ	คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	<g>	ระดับ
1	5	24	0.76	**High**	22	7	19	0.52	**Medium**
2	6	20	0.58	**Medium**	23	5	25	0.80	**High**
3	3	18	0.56	**Medium**	24	7	18	0.48	**Medium**
4	7	25	0.78	**High**	25	13	26	0.76	**High**
5	4	22	0.69	**Medium**	26	4	24	0.77	**High**
6	10	24	0.70	**High**	27	12	26	0.78	**High**
7	7	21	0.61	**Medium**	28	8	25	0.77	**High**
8	9	23	0.67	**Medium**	29	13	24	0.65	**Medium**
9	10	26	0.80	**High**	30	10	19	0.45	**Medium**
10	6	19	0.54	**Medium**	31	9	27	0.86	**High**
11	4	17	0.50	**Medium**	32	9	23	0.67	**Medium**
12	11	25	0.74	**High**	33	10	21	0.55	**Medium**
13	10	24	0.70	**High**	34	8	24	0.73	**High**
14	11	25	0.74	**High**	35	11	17	0.32	**Medium**
15	5	23	0.72	**High**	36	12	22	0.56	**Medium**
16	12	24	0.67	**Medium**	37	6	25	0.79	**High**
17	12	25	0.72	**High**	38	4	20	0.62	**Medium**
18	11	22	0.58	**Medium**	39	10	19	0.45	**Medium**
19	11	24	0.68	**Medium**	40	6	17	0.46	**Medium**
20	9	25	0.76	**High**	41	15	27	0.80	**High**
21	8	23	0.68	**Medium**	**SD**			0.12	
					เฉลี่ย			0.64	**Medium**

ตารางที่ ก.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายหัวข้อ

คนที่	pretest	Force Sled (7)	Cart Ramp (3)	Coin Toss (3)	Force Graph (8)	Newton's laws (7)	Friction (1)	Velocity Graph (1)	Total (30)
1	5	1	1	0	1	2	0	0	5
2	6	0	0	1	2	1	1	1	6
3	3	1	0	0	0	1	0	1	3
4	7	2	0	1	3	1	0	0	7
5	4	0	0	1	1	2	0	0	4
6	10	3	1	0	1	3	1	1	10
7	7	2	0	0	2	1	1	1	7
8	9	2	1	1	2	2	1	0	9
9	10	1	1	1	4	3	0	0	10
10	6	2	0	0	2	0	1	1	6
11	4	1	0	1	0	0	1	1	4
12	11	2	2	1	3	2	0	1	11
13	10	1	2	0	2	4	1	0	10
14	11	3	2	1	3	2	0	1	12
15	5	1	0	1	1	1	1	0	5
16	12	3	1	2	2	4	0	0	12
17	12	3	2	1	1	3	1	1	12
18	11	0	1	3	2	4	0	1	11
19	11	2	0	2	3	3	0	1	11
20	9	0	1	3	2	2	1	0	9
21	8	2	1	1	1	3	0	0	8
22	7	3	0	0	0	2	1	1	7
23	5	1	0	0	1	2	0	1	5
24	7	1	1	2	1	1	1	0	7
25	13	2	2	1	3	4	1	0	13

ตารางที่ ก.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายหัวข้อ (ต่อ)

คนที่	Pretest	Force Sled (7)	Cart Ramp (3)	Coin Toss (3)	Force Graph (8)	Newton's laws (7)	Friction (1)	Velocity Graph (1)	Total (30)
26	4	1	0	0	1	1	0	0	3
27	12	3	2	3	0	3	1	0	12
28	8	2	1	1	1	2	1	0	8
29	13	3	1	3	2	3	1	0	13
30	10	2	1	1	2	2	1	1	10
31	9	3	1	0	1	3	0	1	9
32	9	2	2	1	3	1	0	0	9
33	10	1	1	2	2	3	1	0	10
34	8	0	1	2	3	2	0	0	8
35	11	3	2	0	1	3	1	1	11
36	12	3	0	3	2	4	0	0	12
37	6	0	2	1	1	1	1	0	6
38	4	1	0	0	1	1	0	1	4
39	10	2	2	1	2	2	1	0	10
40	6	0	3	2	0	0	0	1	6
41	15	2	3	3	4	2	1	0	15
Mean		**1.63**	**1.00**	**1.15**	**1.68**	**2.10**	**0.54**	**0.44**	**8.54**
%pretest		**23.34**	**33.33**	**38.21**	**21.04**	**29.97**	**53.66**	**43.90**	**28.46**

ตารางที่ ก.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายหัวข้อ (ต่อ)

คนที่	Posttest	Force Sled (7)	Cart Ramp (3)	Coin Toss (3)	Force Graph (8)	Newton's laws (7)	Friction (1)	Velocity Graph (1)	Total (30)
1	24	5	3	3	6	5	1	1	24
2	20	3	2	1	7	6	1	0	20
3	18	3	1	3	5	4	1	1	18
4	25	6	3	1	7	6	1	1	25
5	22	6	0	3	6	6	0	1	22
6	24	3	3	3	7	7	1	0	24
7	21	4	3	3	5	5	0	1	21
8	23	5	1	3	6	6	1	1	23
9	26	6	3	3	8	5	1	0	26
10	19	4	2	1	6	6	0	0	19
11	17	2	3	3	3	4	1	1	17
12	25	5	2	3	7	6	1	1	25
13	24	6	3	3	4	6	1	1	24
14	25	7	2	2	7	6	1	0	25
15	23	7	3	3	5	5	0	0	23
16	24	6	2	1	6	7	1	1	24
17	25	6	3	3	7	5	0	1	25
18	22	4	1	2	6	7	1	1	22
19	24	6	2	2	7	6	0	1	24
20	25	5	3	3	7	6	1	0	25
21	23	4	2	3	6	6	1	1	23
22	19	3	3	3	5	4	1	0	19
23	25	5	3	3	6	6	1	1	25
24	18	5	2	1	5	4	1	0	18
25	26	6	3	3	7	5	1	1	26

ตารางที่ ก.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิชาฟิสิกส์รายหัวข้อ (ต่อ)

คนที่	Posttest	Force Sled (7)	Cart Ramp (3)	Coin Toss (3)	Force Graph (8)	Newton's laws (7)	Friction (1)	Velocity Graph (1)	Total (30)
26	24	6	1	2	7	6	1	1	24
27	26	5	3	3	6	7	1	1	26
28	25	6	3	3	5	7	1	0	25
29	24	7	3	3	4	6	1	0	24
30	19	4	2	2	5	4	1	1	19
31	27	6	3	3	7	6	1	1	27
32	23	6	1	2	7	6	0	1	23
33	21	5	1	1	8	5	0	1	21
34	24	4	3	3	7	5	1	1	24
35	17	4	1	1	5	6	0	0	17
36	22	6	3	3	4	5	1	0	22
37	25	5	3	3	6	6	1	1	25
38	20	5	2	1	7	4	0	1	20
39	19	6	3	3	4	3	0	0	19
40	17	3	1	1	6	5	1	0	17
41	27	5	3	3	7	7	1	1	27
Mean		**5.00**	**2.29**	**2.41**	**6.00**	**5.54**	**0.73**	**0.63**	**22.61**
%Posttest		**71.43**	**76.42**	**80.49**	**75.00**	**79.09**	**73.17**	**63.41**	**75.37**
(%post-%pre)/ (100-%pre)		**0.63**	**0.65**	**0.68**	**0.68**	**0.70**	**0.42**	**0.35**	**0.66**
ระดับ		**Medium**	**Medium**	**Medium**	**Medium**	**High**	**Medium**	**Medium**	**Medium**

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์

1. ในความคิดเห็นของท่าน ท่านคิดว่าเนื้อหาที่จำเป็นของฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คือเรื่องใดเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2. พื้นฐานความรู้หรือทักษะที่จำเป็นในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ได้แก่

.....

.....

.....

.....

3. ท่านคิดว่าสื่อวัสดุ อุปกรณ์ ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนของท่านมีความพร้อมและเหมาะสมหรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

4. ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ได้แก่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

แบบสำรวจความคาดหวังรายวิชาฟิสิกส์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

โรงเรียน.....

อายุ.....ปี เพศ ชาย ☐ หญิง ☐

แบบสำรวจนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจดังกล่าว
จะถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการวิจัย
โดยข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกนำไปเปิดเผยหรือเผยแพร่

ข้าพเจ้า ☐ ยินยอม ☐ ไม่ยินยอม ให้นำข้อมูลในแบบสำรวจนี้ไปใช้ในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)

<u>คำชี้แจง</u> : แบบสำรวจชุดนี้มี 34 ข้อ กรุณาวงกลมล้อมรอบระดับความคิดเห็นระหว่าง 1 ถึง 5
ที่ตรงตามความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาฟิสิกส์มากที่สุด

1 : ไม่เห็นด้วยที่สุด 2 : ไม่เห็นด้วย 3 : ปานกลาง 4 : เห็นด้วย 5 : เห็นด้วยที่สุด

1.	ทุกสิ่งที่ข้าพเจ้าจำเป็นต้องทำเพื่อเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทั้งหมดในวิชานี้ คือ การอ่านหนังสือเรียนทำโจทย์ปัญหามากๆ และตั้งใจเรียนในห้อง	**1 2 3 4 5**
2.	ทุกสิ่งที่ข้าพเจ้าเรียนรู้จากการหาที่มาของสมการหรือการพิสูจน์สูตรเพื่อที่ว่าสูตรที่ได้มาถูกต้อง และสามารถนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้	**1 2 3 4 5**
3.	ข้าพเจ้าอ่านทบทวนสมุดจดบันทึกอย่างละเอียดเพื่อเตรียมตัวสอบวิชานี้	**1 2 3 4 5**
4.	การแก้โจทย์ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ คือ การจับปัญหานั้นเข้ากับข้อเท็จจริงหรือสมการจากนั้นแทนค่าต่างๆ เพื่อให้ได้ตัวเลขออกมา	**1 2 3 4 5**
5.	การเรียนฟิสิกส์ทำให้ข้าพเจ้าเปลี่ยนความคิดบางอย่างเกี่ยวกับสิ่งต่างๆรอบตัว ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น	**1 2 3 4 5**
6.	ข้าพเจ้าให้เวลากับการทำความเข้าใจ การพิสูจน์ต่างๆ ทั้งในห้องเรียนและในหนังสือ	**1 2 3 4 5**
7.	ข้าพเจ้าอ่านหนังสืออย่างละเอียดและฝึกทำตัวอย่างในหนังสือจำนวนมาก	**1 2 3 4 5**
8.	ในวิชานี้ ข้าพเจ้าไม่คาดหวังที่จะเข้าใจสมการอย่างลึกซึ้ง เพียงแต่ใช้สมการที่ได้มาเท่านั้น	**1 2 3 4 5**
9.	วิธีที่ดีที่สุดในการเรียนฟิสิกส์สำหรับข้าพเจ้า คือ การแก้โจทย์ปัญหาให้ได้จำนวนมาก ซึ่งดีกว่าการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างละเอียดแต่ได้จำนวนน้อย	**1 2 3 4 5**
10.	กฎทางฟิสิกส์มีความสัมพันธ์เล็กน้อยกับสิ่งที่ข้าพเจ้าประสบพบมาในชีวิตจริง	**1 2 3 4 5**

11.	ข้าพเจ้าจำเป็นต้องเข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เป็นอย่างดี เพื่อที่จะประสบความสำเร็จในอาชีพ การได้เกรดที่ดีอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ	1 2 3 4 5
12.	ความรู้ในวิชาฟิสิกส์ประกอบด้วยความรู้ย่อยหลายๆ เรื่อง ซึ่งความรู้แต่ละเรื่องนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เฉพาะหนึ่งเรื่องเท่านั้น	1 2 3 4 5
13.	เกรดของข้าพเจ้าในวิชานี้ ขึ้นกับความสามารถในการจำเนื้อหาเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ความเข้าใจที่ลึกซึ้งหรือสร้างสรรเท่าใดนัก มีต่อหน้าหลัง	1 2 3 4 5
14.	การเรียนฟิสิกส์ คือ การได้รับความรู้จาก กฎ หลักการ และสมการซึ่งได้จากห้องเรียนและในหนังสือ	1 2 3 4 5
15.	ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ถ้าผลการคำนวณแตกต่างจากที่คาดไว้ ข้าพเจ้าก็จะเชื่อในสิ่งที่ได้จากการคำนวณ	1 2 3 4 5
16.	การพิสูจน์ที่มาหรือพิสูจน์สมการในห้องเรียนหรือในหนังสือ ไม่ค่อยเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาหรือทักษะที่ข้าพเจ้าจำเป็นต้องมีเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชานี้	1 2 3 4 5
17.	คนที่มีสมบัติพิเศษเพียงไม่กี่คนเท่านั้น ที่จะสามารถเข้าใจฟิสิกส์ได้อย่างแท้จริง	1 2 3 4 5
18.	เพื่อเข้าใจวิชาฟิสิกส์ บางครั้งข้าพเจ้าเชื่อมโยงประสบการณ์เข้ากับหัวข้อฟิสิกส์ที่กำลังเรียนอยู่	1 2 3 4 5
19.	สิ่งสำคัญที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ หาสมการที่ถูกต้องมาใช้ในการแก้ปัญหา	1 2 3 4 5
20.	ถ้าข้าพเจ้าจำสมการที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเวลาสอบไม่ได้ ข้าพเจ้าไม่สามารถหาหรือพิสูจน์สมการนั้นได้เลย	1 2 3 4 5
21.	ถ้าข้าพเจ้ามี 2 วิธี ในการแก้โจทย์ปัญหาข้อเดียว และแต่ละวิธีให้คำตอบที่แตกต่างกัน ข้าพเจ้าจะไม่กังวลใจกับสิ่งเหล่านั้น แต่จะเลือกคำตอบที่ดูเหมาะสมที่สุด	1 2 3 4 5
22.	ฟิสิกส์เป็นวิชาที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง บางครั้งถ้าคิดถึงความสัมพันธ์นี้ได้ก็จะช่วยให้เข้าใจเนื้อหา แต่ไม่จำเป็นสำหรับข้าพเจ้าที่จะต้องทำในการเรียนวิชานี้	1 2 3 4 5
23.	ทักษะหลักที่ข้าพเจ้าได้จากการเรียนวิชานี้ คือ การเรียนรู้ว่าจะแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างไร	1 2 3 4 5
24.	ผลการสอบไม่ได้นำทางหรือแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาวิชานี้ เพราะว่าความรู้หรือทักษะที่ใช้ในการสอบนั้น ข้าพเจ้าได้เรียนมาหมดแล้วก่อนสอบ	1 2 3 4 5
25.	การเรียนวิชาฟิสิกส์ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน	1 2 3 4 5
26.	เมื่อข้าพเจ้าแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทุกข้อทั้งในข้อสอบและการบ้าน ข้าพเจ้าจะนึกถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเหล่านั้นอย่างชัดแจ้งเสมอ	1 2 3 4 5
27.	"ความเข้าใจวิชาฟิสิกส์" คือ ความสามารถในการนึกทบทวนบางอย่างที่ข้าพเจ้าได้อ่านหรือได้เห็นมาแล้ว	1 2 3 4 5

28.	การใช้เวลานานๆ (ครึ่งชั่วโมงหรือมากกว่านั้น) ในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นการเสียเวลา ถ้าข้าพเจ้าไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ข้าพเจ้าจะถามคนอื่นที่รู้มากกว่า	**1 2 3 4 5**
29.	ปัญหาสำคัญในวิชานี้ คือ การจดจำข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นต้องรู้	**1 2 3 4 5**
30.	ทักษะหลักที่ข้าพเจ้าได้จากการเรียนวิชานี้ คือ เรียนรู้ที่จะใช้เหตุผลได้อย่างเหมาะสมเกี่ยวกับสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้น	**1 2 3 4 5**
31.	ข้าพเจ้าเรียนรู้ว่าจะต้องทำอย่างไรให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น จากความผิดพลาดที่ข้าพเจ้าทำในการบ้านและข้อสอบ	**1 2 3 4 5**
32.	ในการใช้สมการหนึ่งเพื่อแก้โจทย์ปัญหา (โดยเฉพาะปัญหาที่ไม่เคยเห็นมาก่อน) ข้าพเจ้าจำต้องรู้มากกว่าความหมายของแต่ละเทอมที่อยู่ในสมการนั้น	**1 2 3 4 5**
33.	คิดว่าคงจะผ่านวิชานี้ได้ (ได้เกรด 2 หรือ มากกว่า) โดยไม่ต้องเข้าใจเนื้อหาฟิสิกส์อย่างลึกซึ้ง	**1 2 3 4 5**
34.	การเรียนรู้ฟิสิกส์จำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้มาจากห้องเรียนหรือหนังสือเรียน มาคิดใหม่ จัดโครงสร้างใหม่และจัดระเบียบใหม่อีกครั้งหนึ่ง เป็นอย่างมาก	**1 2 3 4 5**

แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการเรียน
โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POEเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่

คำชี้แจง 1. แบบวัดเจตคตินี้สร้างขึ้นเพื่อสำรวจเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ในวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบสอบถาม

2. ข้อมูลที่ได้รับจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : ให้เลือกหรือเติมคำในช่องว่างที่ตรงตามความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวนักเรียน

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ตอนที่ 2 เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การแสดงทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : ให้เติมเครื่องหมาย ✓ ในช่องว่างที่ตรงตามความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวนักเรียน

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 หมายถึงเห็นด้วยมาก 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
2 หมายถึง เห็นด้วยบ้าง 1 หมายถึงไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	เนื้อหา วัตถุประสงค์ สอดคล้องกับกิจกรรม					
2.	การจัดลำดับเนื้อหาเป็นระบบ มีขั้นตอนชัดเจนและเข้าใจง่าย					
3.	เนื้อหาเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน					
4.	ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
5.	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมมีความเหมาะสม					
6.	กิจกรรมกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ สามารถมองเรื่องที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น					
7.	การได้คาดเดาเหตุการณ์ล่วงหน้าทำให้รู้สึกท้าทาย					
8.	สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ได้					
9.	ฝึกการคิดวิเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง					
10.	วิชาฟิสิกส์เป็นเรื่องที่อยู่รอบตัว นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
11.	วิชาฟิสิกส์ช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติมากขึ้น					
12.	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่น่าสนใจอย่างยิ่ง					
13.	การได้ทดลองทางฟิสิกส์สนุกสนานมากกว่าการเรียนแบบอธิบายเพียงอย่างเดียว					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
14.	นักเรียนมีความมั่นใจ กระตือรือร้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์					
15.	นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล					
16.	มีเกณฑ์ในการประเมินผลที่ชัดเจน เหมาะสม และเป็นธรรม					
17.	นักเรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรม					
18.	สามารถแสดงความคิดเห็นของตนเอง					
19.	สามารถรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งของผู้อื่นได้					
20.	นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองสูงขึ้น กล้าอธิบายและถ่ายทอดสู่ผู้อื่น					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

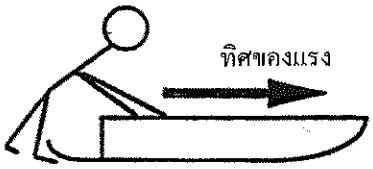
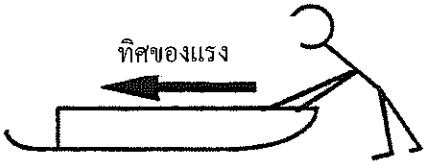
.....

.....

แบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่

คำถามข้อ 1 – 7 เรือน้ำแข็งเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งซึ่งแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด คนใส่รองเท้าที่พื้นรองเท้ามีปุ่มแหลม ๆ สามารถยืนบนน้ำแข็งและออกแรงดันเรือให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นน้ำแข็งได้ จงเลือกแรงหนึ่งแรง (จาก **A** ถึง **G**) **ที่กระทำต่อเรือน้ำแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเรือน้ำแข็งในแต่ละข้อ**

ใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ และเลือกได้เพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อ ให้ตอบตัวเลือก **J** ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

	**A.** แรงมีทิศไปทาง**ขวา**และมีขนาดที่กำลัง**เพิ่มขึ้น** **B.** แรงมีทิศไปทาง**ขวา**และมีขนาดที่**คงตัว** **C.** แรงมีทิศไปทาง**ขวา**และมีขนาดที่กำลัง**ลดลง**
	D. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ
	**E.** แรงมีทิศไปทาง**ซ้าย**และมีขนาดที่กำลัง**ลดลง** **F.** แรงมีทิศไปทาง**ซ้าย**และมีขนาด**คงตัว** **G.** แรงมีทิศไปทาง**ซ้าย**และมีขนาดที่กำลัง**เพิ่มขึ้น**

_____ 1. เรือน้ำแข็งกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ(ความเร่งคงตัว)

_____ 2. เรือน้ำแข็งกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว

_____ 3. เรือน้ำแข็งกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

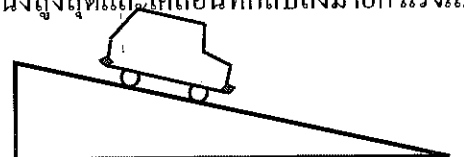
_____ 4. เรือน้ำแข็งกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ(ความเร่งคงตัว)

_____ 5. เรือน้ำแข็งถูกดันให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง จนกระทั่งมีความเร็วขนาดหนึ่ง ไปทางขวา แรงใดที่จะทำให้ เลื่อนยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วนี้

_____ 6. เรือน้ำแข็งกำลังเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอและมีความเร่งไปทางขวา

_____ 7.เรือน้ำแข็งกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

คำถามข้อ 8 – 10 รถของเล่นถูกผลักอย่างเร็วให้เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง หลังจากที่ปล่อยมือ รถเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงไปจนถึงตำแหน่งสูงสุดและเคลื่อนที่กลับลงมาอีก *แรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด*



ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก **A** ถึง **G**) เพื่อแสดง**แรงสุทธิ**ที่กระทำต่อรถในแต่ละกรณีที่บรรยายข้างล่าง ให้ตอบตัวเลือก **J** ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

(A) แรงสุทธิ**คงตัว** ทิศ**ลง**ตามพื้นเอียง

(B) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลัง**เพิ่มขึ้น** ทิศ**ลง**ตามพื้นเอียง

(C) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลัง**ลดลง** ทิศ**ลง**ตามพื้นเอียง

(D) แรงสุทธิเป็นศูนย์

(E) แรงสุทธิ**คงตัว** ทิศ**ขึ้น**ตามพื้นเอียง

(F) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลัง**เพิ่มขึ้น** ทิศ**ขึ้น**ตามพื้นเอียง

(G) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลัง**ลดลง** ทิศ**ขึ้น**ตามพื้นเอียง

_____8. รถกำลังเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงหลังจากปล่อยมือ

_____9. รถอยู่ที่จุดสูงสุด

_____10. รถกำลังเคลื่อนที่ลงพื้นเอียง

คำถามข้อ 11 – 13 โยนเหรียญ ๆ หนึ่งขึ้นไปตรง ๆ หลังจากที่เหรียญหลุดมือ เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก **A** ถึง **G**) เพื่อบอกว่า**แรง**ใดกำลังกระทำต่อเหรียญในแต่ละกรณีที่บรรยายข้างล่าง ให้ตอบตัวเลือก **J** ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก **ไม่ต้องคำนึงถึงผลเนื่องจากแรงต้านอากาศ**

A. แรงมีทิศ**ลง**และมีขนาด**คงตัว**

B. แรงมีทิศ**ลง**และมีขนาดที่กำลัง**เพิ่มขึ้น**

C. แรงมีทิศ**ลง**และมีขนาดที่กำลัง**ลดลง**

D. แรงเป็นศูนย์

E. แรงมีทิศ**ขึ้น**และมีขนาด**คงตัว**

F. แรงมีทิศ**ขึ้น**และมีขนาดที่กำลัง**เพิ่มขึ้น**

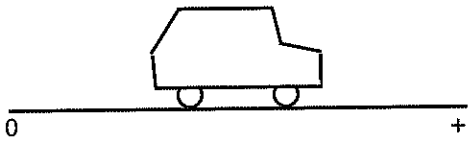
G. แรงมีทิศ**ขึ้น**และมีขนาดที่กำลัง**ลดลง**

_____11. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากที่ถูกโยน

_____12. เหรียญอยู่ที่จุดสูงสุด

_____13. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ลง

คำถามข้อ 14 – 21 รถของเล่นคันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือทางซ้ายได้ ตามเส้นตรงในแนวระดับ (จุด o ในรูปคือจุดกำเนิดของแกนระยะทาง) กำหนดให้ทิศขวามือคือทิศบวก



<u>ให้สมมติว่าแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด</u>

ให้เลือกกราฟ**แรง-เวลา** (จาก **A** ถึง **H**) <u>หนึ่งกราฟ</u> สำหรับข้อความแต่ละข้อข้างล่าง ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถเป็นไปตามที่บรรยาย

คุณอาจใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้

ให้ตอบตัวเลือก **J** ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

_____14. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา (หนีห่างจากจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว

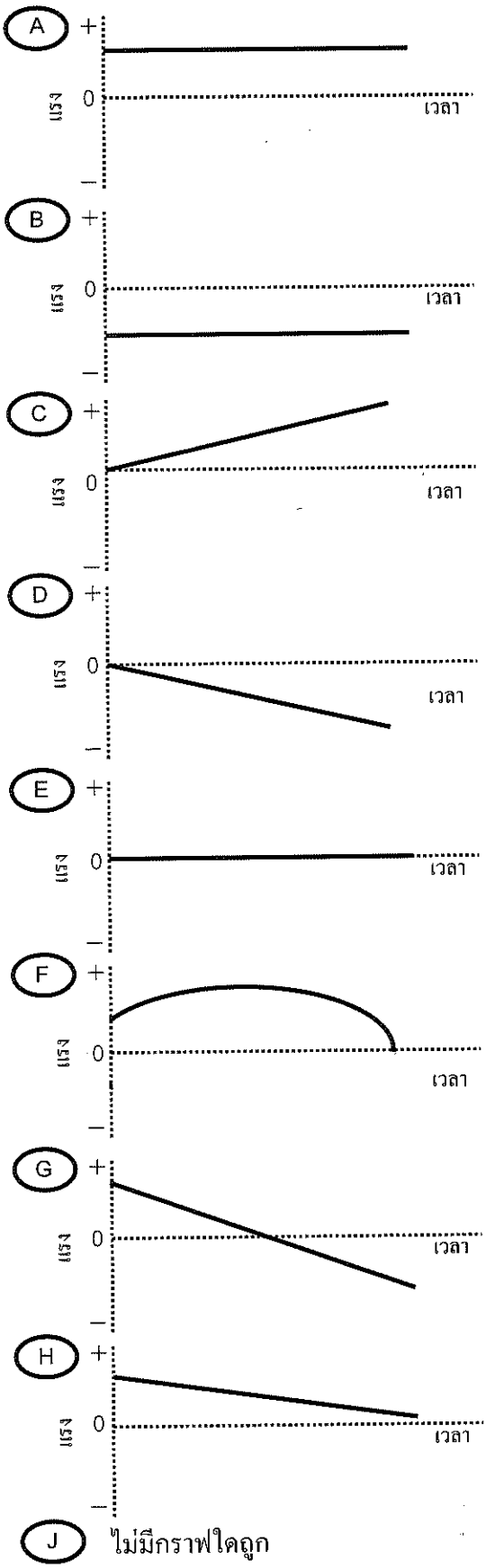
_____15. รถอยู่นิ่ง

_____16. รถเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

_____17. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (เข้าหาจุดกำเนิด) ด้วยความเร็วคงตัว

_____18. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

_____19. รถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)



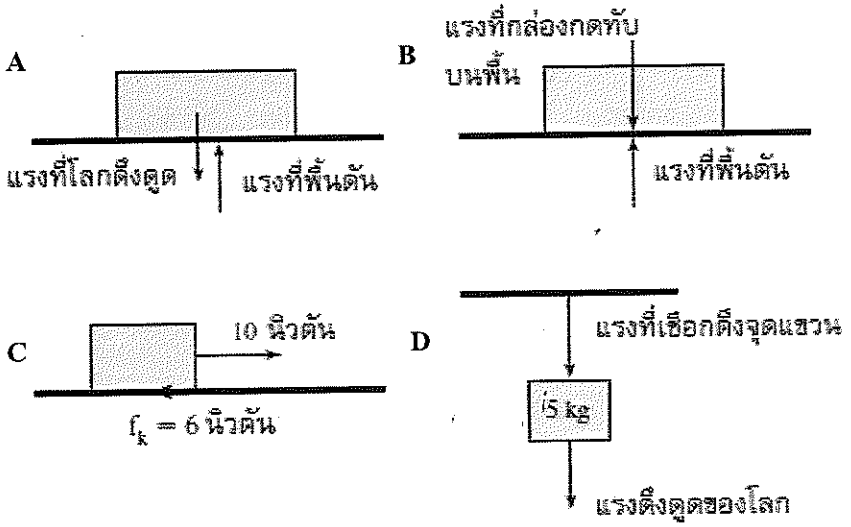
_____20. รถเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่
เร็วขึ้นแล้วเคลื่อนที่ช้าลง

_____21. รถถูกผลักไปทางขวาแล้วปล่อย
กราฟใดบรรยายแรงที่กระทำ
หลังจากที่รถถูกปล่อย

_____22.นักเรียนสองคนนั่งอยู่บนเก้าอี้สำนักงานที่เหมือนกันทุกประการและหันหน้าเข้าหากัน ป๊อบมีมวล 95 kg ขณะที่จิมมีมวล 77 kg ป๊อบวางเท้าเปล่าของเขาบนเข่าของจิมดังที่แสดงให้เห็นในรูปด้านขวามือ ป๊อบดันเท้าของเขาออกไปทันทีทันใดทำให้เก้าอี้ทั้งสองเลื่อน ในขณะที่เท้าของป๊อบยังแตะอยู่กับหัวเข่าของจิม ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

A. นักเรียนทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำต่อกันเลย
B. ป๊อบออกแรงทำต่อจิม แต่จิมไม่ได้ออกแรงใด ๆ ทำต่อป๊อบเลย
C. นักเรียนแต่ละคนต่างออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน แต่จิมออกแรงมากกว่า
D. นักเรียนแต่ละคนต่างออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน แต่ป๊อบออกแรงมากกว่า
E. นักเรียนแต่ละคนออกแรงขนาดเท่ากันกระทำต่อกันและกัน
J. ไม่มีข้อใดถูก

จงพิจารณารูปภาพต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 23 – 25



_____23. ภาพใดเป็นแรงตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

_____24. ภาพใดเป็นแรงตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

_____25. ภาพใดเป็นแรงตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

26. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อความใด**ถูกต้อง**

1. ปริมาณที่บอกให้ทราบว่าวัตถุมีความเฉื่อยมากหรือน้อย คือ มวล
2. เมื่อเราตกจากที่สูงลงมากระทบพื้นนั้นรู้สึกเจ็บ อธิบายได้ด้วยกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน
3. รถยนต์ที่กำลังวิ่งอยู่แล้วน้ำมันหมด แต่ยังสามารถแล่นได้ต่อไปอีกโดยไม่หยุดในทันที อธิบายได้ด้วยกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

A. ข้อ 1, 2 **B.** ข้อ 1 , 3 **C.** ข้อ 2 , 3 **D.** ข้อ 1 , 2 และ 3

27. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเลือกคำตอบที่**ถูกที่สุด**

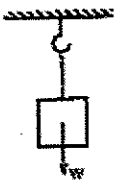
1. ชายคนหนึ่งพยายามดันวัตถุก้อนหนึ่งให้ขยับไปบนพื้นระดับ แต่วัตถุไม่ขยับ แสดงว่ามีแรงคู่ปฏิกิริยาที่มีขนาด เท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกระทำ

2. เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่ออนุภาค จะทำให้อัตราเร็วของอนุภาคเปลี่ยนไปเสมอ

3. ในกรอบอ้างอิงใดๆ วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรงนอกจากจะมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ

A. ข้อ 1 ละ 2 **B.** ข้อ 2 และ 3 **C.** ข้อ 3 **D.** ถูกผิดทุกข้อ

28. แขวนวัตถุด้วยเส้นเชือกจากเพดาน แรงปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันของแรงซึ่งเป็นน้ำหนักของวัตถุ คือแรงใด



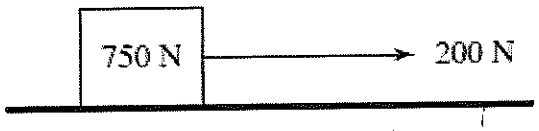
A. แรงที่เชือกกระทำต่อเพดาน

B. แรงที่เส้นเชือกกระทำต่อวัตถุ

C. แรงโน้มถ่วงที่วัตถุกระทำต่อโลก

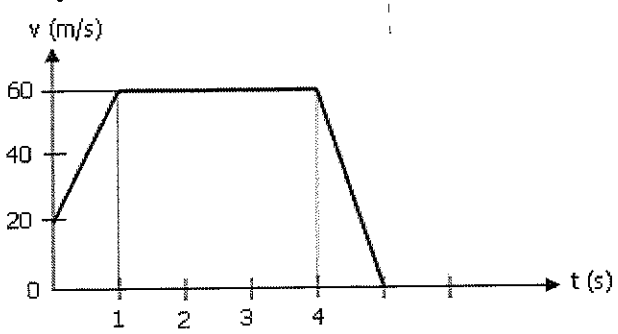
D. แรงที่วัตถุกระทำต่อเส้นเชือก

29. เด็กหญิงเจมส์ลากกล่องหนัก 750 นิวตันไปบนพื้นราบด้วยแรง 200 นิวตัน ทำให้กล่องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จงหาว่าขณะเคลื่อนที่เกิดแรงเสียดทานจลน์กี่นิวตัน



A. 850 N **B.** 750 N **C.** 200 N **D.** 650 N

30. กราฟของความเร็ว (V) กับเวลา (t) ในการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของวัตถุ ซึ่งมีมวล 1 กิโลกรัม เป็นดังรูป



ข้อมูลจากกราฟเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว ข้อสรุปใดต่อไปนี้**ถูก**

1. ได้รับแรงกระทำ 40 นิวตัน ในช่วงวินาทีแรก
2. มีแรงกระทำคงที่ในช่วงวินาทีที่ 1 ถึงวินาทีที่ 4
3. มีความเร่งคงที่ในช่วงวินาทีแรก
4. ได้รับแรงกระทำสองครั้งในทิศตรงกันข้าม

A. 4 เท่านั้น **B.**1,3 และ 4 **C.** 2 และ 3 **D.** 3 และ 4

ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ
Predict-Observe-Explain (POE)
เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวชลิตา ทักษิณกานนท์

โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29

คำนำ

ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) เรื่อง มวล แรง และการเคลื่อนที่เคลื่อนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและวิเคราะห์ปัญหาระหว่างเรียน จึงได้เลือกแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE) ผ่านการทดลองใช้ปรับปรุงแก้ไขพัฒนาขึ้นโดยชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE ประกอบไปด้วยชุดกิจกรรมทั้งหมด 8 ชุด ดังนี้

1. แรง
2. มวล
3. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน
4. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน
5. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน
6. น้ำหนักและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
7. แรงเสียดทาน
8. การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาความรู้ที่เป็นหลักการพื้นฐานที่จำเป็นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบ สืบค้นข้อมูล การปฏิบัติการทดลอง และการอภิปราย อันจะก่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้และการดำรงชีวิต การจัดทำชุดการจัดกิจกรรมนี้ได้รับความร่วมมือข้อเสนอแนะ ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ดอกเตอร์อุดม ทิพราช มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE นี้จะเป็นประโยชน์แก่นักเรียนและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่จะช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลยิ่งขึ้น

นางสาวชลิตา ทักษิณกานนท์

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง แรง **(เวลา 5 ชั่วโมง)**

สาระสำคัญ แรงเป็นปริมาณที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนรูปร่าง แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงคือนิวตัน เมื่อมีแรงมากกว่าหนึ่งแรงมากระทำต่อวัตถุเดียวกัน จะเสมือนกับว่ามีแรงเพียงแรงเดียวกระทำคือ แรงลัพธ์ (resultant force) การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ใช้วิธีเดียวกับการหาเวกเตอร์ลัพธ์

จุดประสงค์

1. ทดลองหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกัน
2. คำนวณหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกัน

สื่อการเรียนรู้

คลิปวีดีโอ รูปภาพ การทดลองเสมือนจริง เครื่องชั่งสปริง ด้าย กระดาษ ไม้ครึ่งวงกลม

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยการชมวีดีโอการพายเรือจะเห็นว่าแรงเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ แทบทุกกิจกรรมโดยเริ่มตั้งแต่สวมชุดสวมรองเท้าผลักเรือลงน้ำและพายเรือ จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ เรื่อง "การเปลี่ยนสภาพของวัตถุ มีสิ่งใดเกี่ยวข้อง" เพื่อนำไปสู่คำถามที่ว่า "การที่วัตถุจะเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ แรงต้องมีส่วนเกี่ยวข้องทุกครั้งหรือไม่อย่างไร"(การที่วัตถุจะเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ แรงต้องมีส่วนเกี่ยวข้องทุกครั้ง) ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ แรง

กิจกรรมที่ 1.1 นักเรียนดูภาพแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุและ**ทำนาย**ผลที่เกิดขึ้น จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**ถึงแรงสองแรงที่กระทำต่อวัตถุแรงที่สมดุลเพราะแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามทำให้วัตถุหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่ แต่แรงที่ไม่สมดุลกันกระทำกับวัตถุก้อนเดียวกันในทิศทางตรงข้ามหรือกระทำในทิศเดียวกัน จะทำให้มีแรงลัพธ์และวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศของแรงที่มากกว่า อธิบายเพิ่มเติมหลักการเดียวกันโดยใช้การทดลองเสมือนจริง

กิจกรรมที่ 1.2 จากกิจกรรมที่ 1.1 นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับแรงที่สมดุลกันจะทำให้วัตถุหยุดนิ่ง**ทำนาย**ผลจากการดึงเครื่องชั่งสปริง ลงมือปฏิบัติการทดลอง**สังเกต**และหาแรงลัพธ์โดยวิธีสร้างสี่เหลี่ยมด้านขนานเปรียบเทียบผลที่ได้กับการทำนาย จากนั้น**อธิบาย**ถึงเวกเตอร์ลัพธ์ของแรงทั้งสองจะมีขนาดเท่ากับเวกเตอร์ของแรงที่สามแต่มีทิศทางตรงข้ามเนื่องจากเป็นแรงที่สมดุลกัน

กิจกรรมที่ 1.3 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาแรงลัพธ์โดยวิธีการคำนวณจากนั้นให้

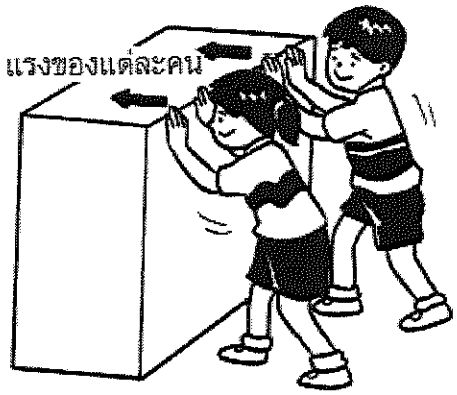
นักเรียนลงมือทำกิจกรรมที่1.3

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถอธิบายถึงแรงในชีวิตประจำวันและคำนวณหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกัน

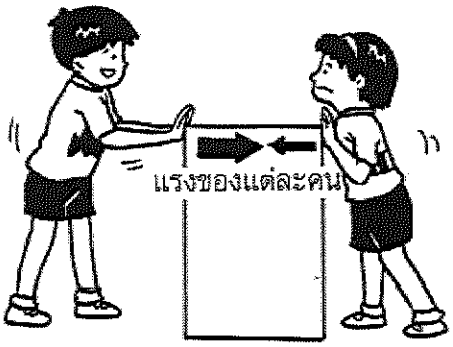
กิจกรรมที่ 1 เรื่อง แรง

กิจกรรมที่ 1.1 แรงที่ไม่สมดุล

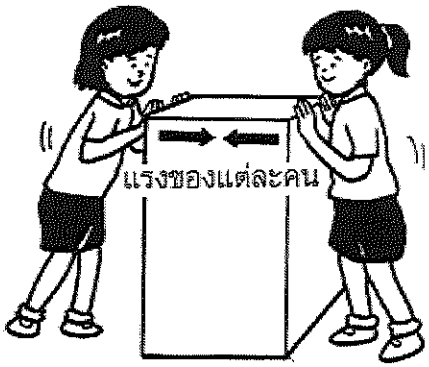
จงศึกษาข้อมูลจากภาพทิศทางของแรงลัพธ์เป็นอย่างไร แรงที่กระทำต่อวัตถุภาพใดที่สมดุล



ภาพ ก



ภาพ ข



ภาพ ค

ทำนายผล.....

อธิบายผลการทำนาย.....

.....

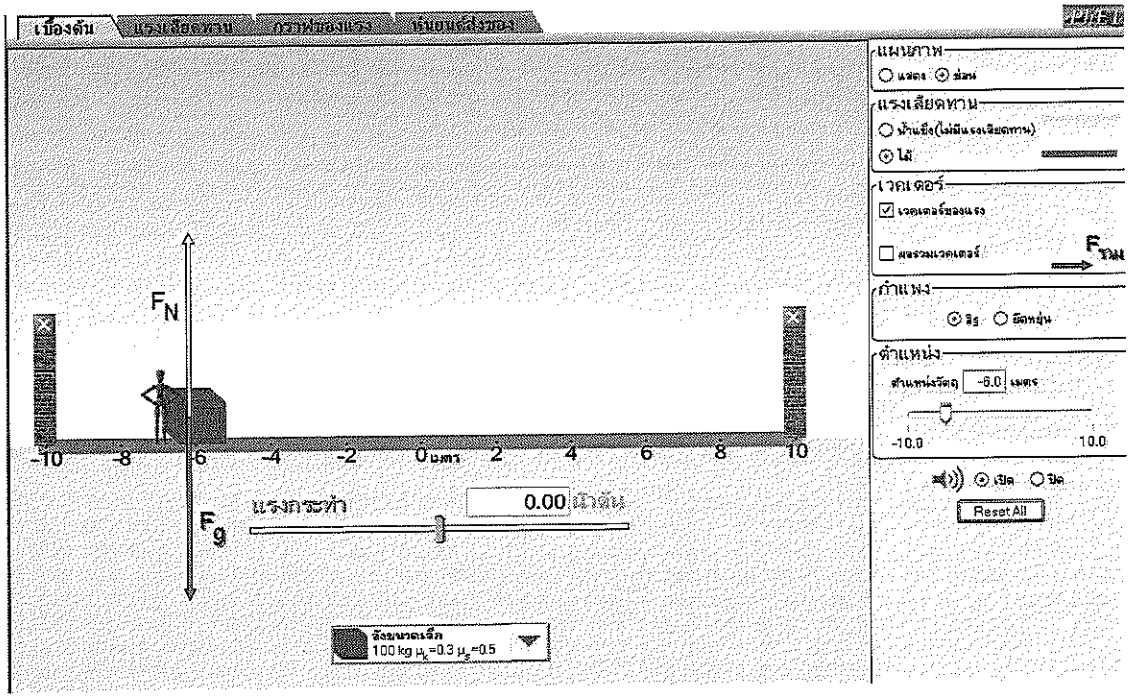
อธิบายผลการทดลอง.....

.....

เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย.....

.....

จากกิจกรรมที่ 1.1 แรงสองแรงที่กระทำต่อวัตถุแรงที่สมดุลเพราะแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามทำให้วัตถุหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่ แต่แรงที่ไม่สมดุลกันกระทำกับวัตถุก้อนเดียวกันในทิศทางตรงข้ามหรือกระทำในทิศเดียวกัน จะทำให้มีแรงลัพธ์และวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศของแรงที่มากกว่าการที่วัตถุจะเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ แรงต้องมีส่วนเกี่ยวข้องทุกครั้ง



ชมการสาธิตการทดลองเสมือนจริงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแรง (PhET Simulation)

◇ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานวัตถุเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

◇ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานวัตถุเคลื่อนที่อย่างไร

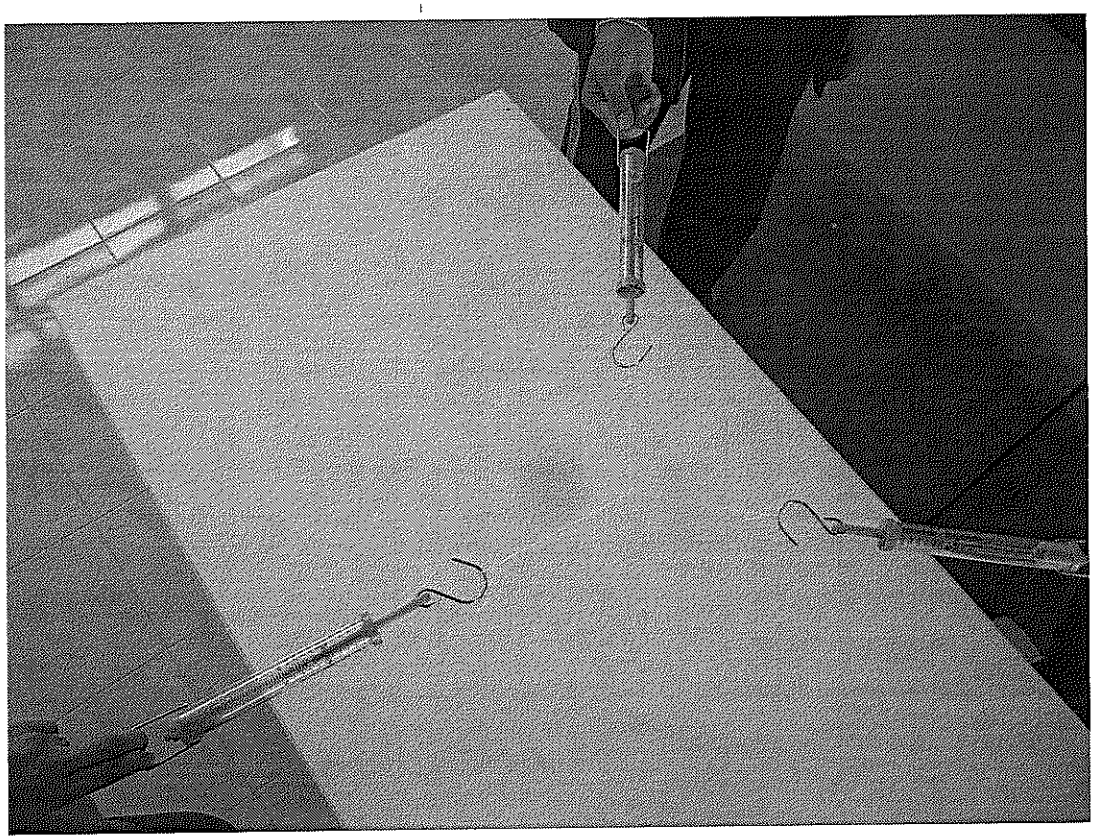
.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 1.2 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์



1. เตรียมด้าย 3 เส้นและเครื่องชั่งสปริง 3 อัน ผูกแต่ละเส้นเข้ากับเครื่องชั่งสปริงแต่ละอัน
2. นำปลายข้างหนึ่งของเชือกทั้งสามผูกรวมกันไว้ ดึงเครื่องชั่งสปริงบนกระดาษ จนกระทั่งปมเชือกอยู่นิ่ง โดยเครื่องชั่งสปริงสองอันแรกทำมุมกัน 0° ใช้ดินสอทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ด้ายผูกรวมกัน เขียนแนวแรงตามแนวของเชือก และบันทึกค่าของแรงทั้งสาม
3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยให้เครื่องชั่งสปริงสองอันแรกทำมุม 45° และ 90°
4. เขียนเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ในแต่ละกรณี
5. หาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมต่อกันในข้อ 2 และ 3 โดยวิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

คำถาม เวกเตอร์ของแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับเวกเตอร์ของแรงที่สามหรือไม่ และทิศทางเป็นอย่างไร?

ทำนายผล.....

อธิบายผลการทำนาย.....

.....

บันทึกผล (วาดขนาดและทิศทางของแรง)
0°
45°
90°

อธิบายผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบผลการทดลองและผลการทำนายและสรุปผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

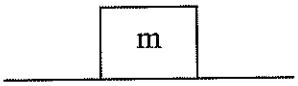
.....

แรง

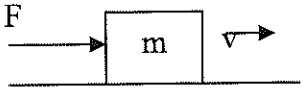
แรง คือ อำนาจ หรือ ความพยายามที่จะทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ไปจากเดิมเป็น ปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) ตัวอย่างเช่น

กรณีที่ 1 เดิมวัตถุอยู่นิ่ง เมื่อมีแรง F มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว เปลี่ยนไปจากเดิม คือ เร็วขึ้นเรื่อยๆ

วัตถุอยู่นิ่ง ($u = 0$)

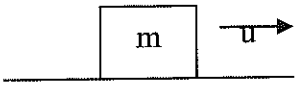


วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ ($v \neq 0$)

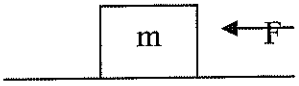


กรณีที่ 2 เดิมวัตถุมีความเร็ว u เมื่อมีแรง F มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะมีความเร็วเปลี่ยนไป จากเดิม คือ ช้าลงเรื่อยๆ

วัตถุเคลื่อนที่ ($u \neq 0$)



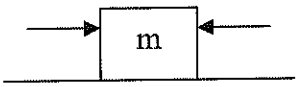
วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อยๆ



กรณีที่ 3 เดิมวัตถุอยู่นิ่ง ๆ ถ้าต่อมามีแรง(F) มากระทำแต่แรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจะยังคงอยู่ นิ่ง ๆ เหมือนเดิม

วัตถุอยู่นิ่ง ($u = 0$)

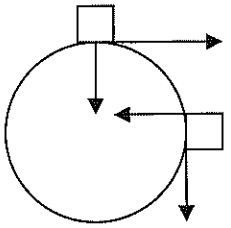
วัตถุอยู่นิ่ง ($u = 0$)



กรณีที่ 4 เดิมวัตถุมีความเร็วคงที่ ต่อมามีแรง(F) มากระทำแต่แรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจะ ยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่

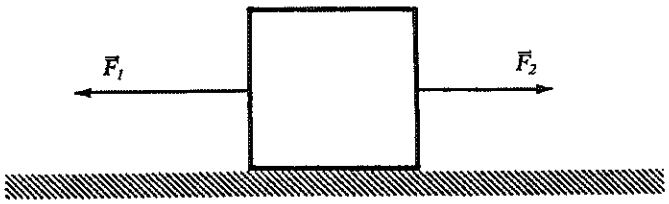
วัตถุมีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ วัตถุมีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

กรณีที่ 5 วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เมตรต่อวินาที ถ้ามีแรง(F) คงที่กระทำในทิศตั้งฉากกับความเร็ว วัตถุจะยังคงมีอัตราเร็วเท่าเดิม แต่ทิศทางเปลี่ยนไปเป็นวงกลม



ถ้ามีกล่องใบหนึ่งวางอยู่บนพื้นลื่น เมื่อมีแรงผลักกล่องจะทำให้กล่องมีสภาพการเคลื่อนที่เปลี่ยนไป แรงที่ผลักกล่องเรียกว่า แรงลัพธ์ ถ้าเป็นกรณีที่มีแรงกระทำมากกว่าหนึ่งแรง เช่น ในรูป 7.3 ชายสองคนออกแรงดึงกล่อง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ในทิศทางตรงกันข้าม สมติว่าขนาดของ $\vec{F}_2$ มากกว่าขนาดของ $\vec{F}_1$ กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางขวามือและแรงลัพธ์ซึ่งเป็นการรวมแรงทั้งสองนั้นแบบเวกเตอร์ก็จะมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของกล่อง

ตัวอย่าง 1 แรง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ ขนาด 5 และ 10 นิวตัน ตามลำดับ กระทำกับกล่องซึ่งวางบนพื้นลื่นดังรูป จงคำนวณแรงลัพธ์ที่กระทำกับกล่องและกล่องจะเคลื่อนไปทางใด



วิธีทำ ให้ $\sum F$ เป็นขนาดของแรงลัพธ์ F_1 และ F_2 เป็นขนาดของแรง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ ตามลำดับ จะได้

$\sum F = F_2 - F_1$; แรงพุ่งไปทางขวาแทนบวก พุ่งซ้ายแทนลบ

$= 10 - 5 = 5N$

นั่นคือ แรงลัพธ์มีค่า 5 นิวตัน และมีทิศไปทางเดียวกับ $\vec{F}_2$ เพราะ $F_2 > F_1$ จึงทำให้กล่องเคลื่อนไปในแนวเดียวกับ $\vec{F}_2$

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นว่าการหาแรงลัพธ์นั้นสามารถหาได้โดยวิธีการรวมเวกเตอร์เช่นเดียวกับการหาเวกเตอร์ลัพธ์

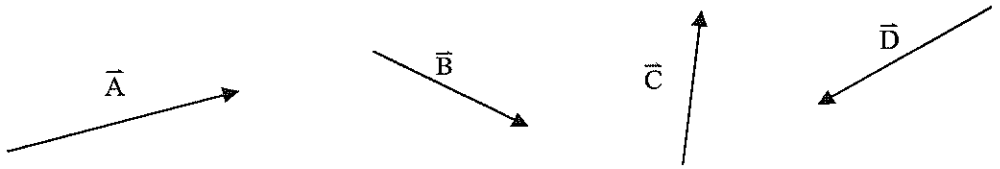
ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการหาเวกเตอร์ลัพธ์

การหาเวกเตอร์ลัพธ์

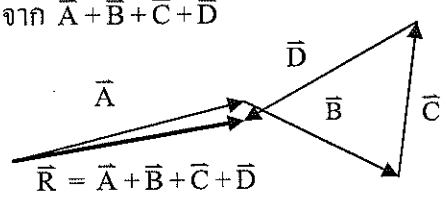
การบวก ลบ ปริมาณเวกเตอร์ หรือการหาเวกเตอร์ลัพธ์ สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1 วิธีการเขียนรูป โดยวิธีหางต่อหัว เวกเตอร์ลัพธ์ที่ได้ จะมีขนาดและทิศจากหางเวกเตอร์ตัวแรก ถึงหัวลูกศรเวกเตอร์ตัวสุดท้าย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

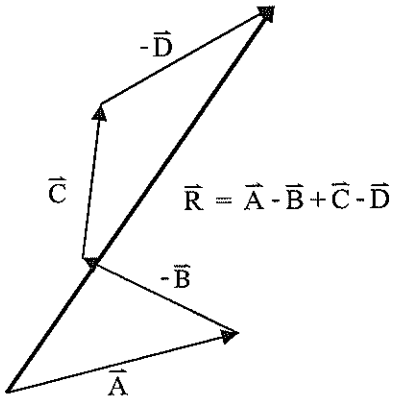
ตัวอย่าง กำหนดให้



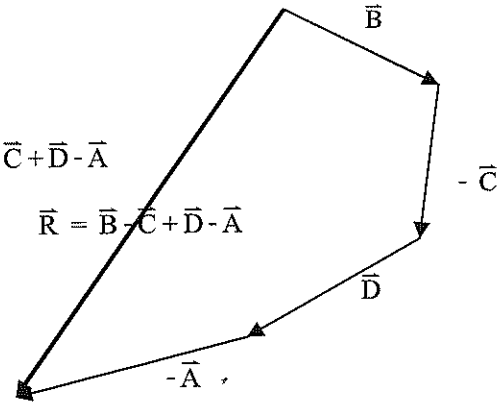
1. จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ จาก $\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{D}$



2. จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ จาก $\vec{A}-\vec{B}+\vec{C}-\vec{D}$



3. จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ จาก $\vec{B}-\vec{C}+\vec{D}-\vec{A}$

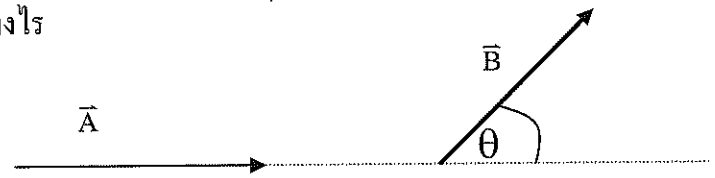


2 วิธีการคำนวณ การใช้วิธีคำนวณในการหาเวกเตอร์ลัพธ์ ก็เพื่อคำถูกต้องแน่นอนกว่า การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีสร้างรูป เพราะ การสร้างรูป ถ้าลากความยาวหรือทิศลูกศรคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ผลของเวกเตอร์ลัพธ์จะผิดไปจากเดิม

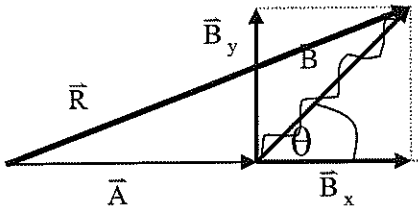
การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีคำนวณหาได้ดังนี้

ในกรณีนี้จะพิจารณาเวกเตอร์เพียง 2 เวกเตอร์เท่านั้น

ให้ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$ ทำมุม θ ซึ่งกันและกันดังรูป เวกเตอร์ลัพธ์ ($\vec{R}$) จะมีขนาดเท่าใด และมีทิศอย่างไร



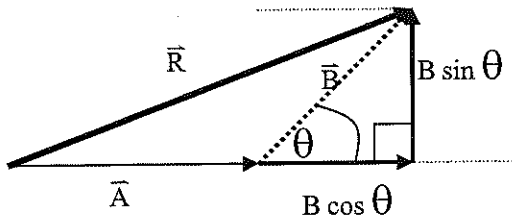
วิธีคิด เพื่อหาสมการที่ใช้ในการคำนวณ เริ่มจากการสร้างรูป



รูป 1. แยก $\vec{B}$ เพื่อหาขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}$

จาก $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$, เวกเตอร์ $\vec{B}$ มีองค์ประกอบคือ $\vec{B}_X$, $\vec{B}_Y$

จะได้ $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}_X + \vec{B}_Y$



รูป 2. เวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}$ หาได้โดยใช้กฎพิทาธอรัส

จากกฎของพิทาธอรัส หาขนาดของเวกเตอร์ จะได้

$$R = \sqrt{(A + B\cos\theta)^2 + (B\sin\theta)^2}$$

$$R = \sqrt{A^2 + 2AB\cos\theta + B^2\cos^2\theta + B^2\sin^2\theta}$$

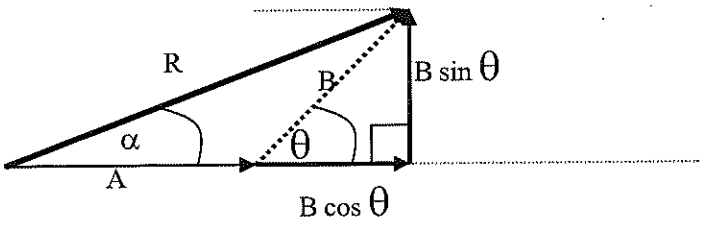
$$R = \sqrt{A^2 + 2AB\cos\theta + B^2(\cos^2\theta + \sin^2\theta)}$$

แต่ $\cos^2\theta + \sin^2\theta = 1$, $R = \sqrt{A^2 + 2AB\cos\theta + B^2}$

ดังนั้น สมการทั่วๆไปในการหาค่าขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ จากเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์รวมกัน จะได้

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$ ******

หาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}$ จากรูป ด้านล่างนี้ เวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}$ จะมีทิศทำมุม α กับแนวระดับ



การหาทิศของเวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R}$ คือ การหาค่ามุม α

จาก $\tan\alpha = \dfrac{\text{ด้านข้ามมุม}}{\text{ด้านชิดมุม}}$

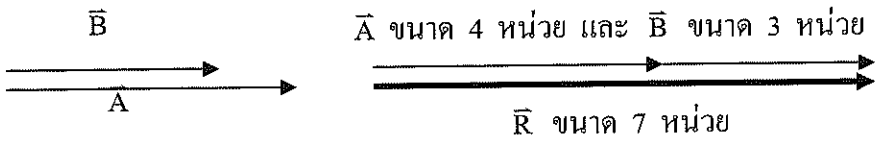
จะได้ $\tan\alpha = \dfrac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$

ตัวอย่างที่ 1 จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ จาก $\vec{A}$ มีขนาด 4 หน่วย และ $\vec{B}$ มีขนาด 3 หน่วย โดยเวกเตอร์ทั้งสองทำมุมระหว่างกันดังนี้ 0 องศา , 60 องศา , 90 องศา และ 180 องศา ตามลำดับ โดยวิธีสร้างรูป และ วิธีคำนวณ

วิธีทำ

$\vec{A}$ ขนาด 4 หน่วย และ $\vec{B}$ ขนาด 3 หน่วย ทำมุมระหว่างกัน 0 องศา

สร้างรูป



คำนวณ จากสมการทั่วไป $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$, จะได้ $\theta = 0$ องศา

$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos 0^\circ}$, $\cos 0^\circ = 1$

$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB}$, $(A+B)^2 = A^2 + 2AB + B^2$

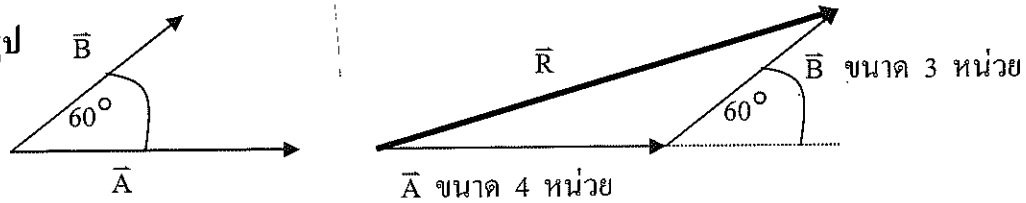
$R = \sqrt{(A+B)^2}$

จะได้ $R = A + B$

แทนค่า $R = 4 + 3 = 7$ หน่วย

$\vec{A}$ ขนาด 4 หน่วย และ $\vec{B}$ ขนาด 3 หน่วย ทำมุมระหว่างกัน 60 องศา

สร้างรูป



คำนวณ จากสมการทั่วไป $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$, จะได้ $\theta = 60$ องศา

แทนค่า $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos 60^\circ}$, $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$

$$R = \sqrt{4^2 + 3^2 + 2(4)(3)(\frac{1}{2})}$$

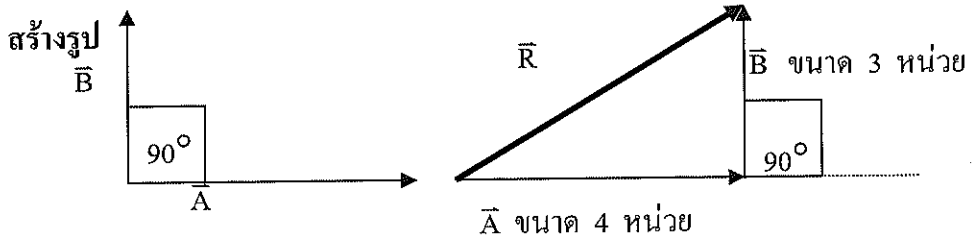
$$R = \sqrt{16+9+12}$$

$$R = \sqrt{37}$$

$$R = 6.08 \text{ หน่วย}$$

$\vec{A}$ ขนาด 4 หน่วย และ $\vec{B}$ ขนาด 3 หน่วย ทำมุมระหว่างกัน 90 องศา

สร้างรูป



คำนวณ จากสมการทั่วไป $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$, จะได้ $\theta = 90$ องศา

แทนค่า $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos 90^\circ}$, $\cos 90^\circ = 0$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$R = \sqrt{4^2 + 3^2}$$

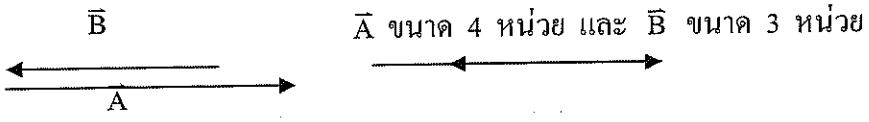
$$R = \sqrt{16+9}$$

$$R = \sqrt{25}$$

$$R = 5 \text{ หน่วย}$$

$\vec{A}$ ขนาด 4 หน่วย และ $\vec{B}$ ขนาด 3 หน่วย ทำมุมระหว่างกัน 180 องศา

สร้างรูป



$\vec{R}$ ขนาด 1 หน่วย

คำนวณ จากสมการทั่วไป $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$, จะได้ $\theta = 180$ องศา

$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos 180^\circ}$, $\cos 180^\circ = -1$

$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB}$, $(A - B)^2 = A^2 - 2AB + B^2$

$R = \sqrt{(A-B)^2}$

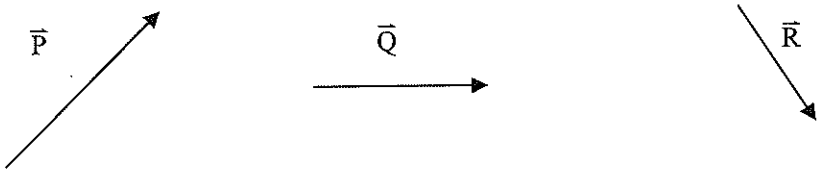
จะได้ $R = A - B$

แทนค่า $R = 4 - 3 = 1$ หน่วย

จากตัวอย่างข้างต้นสรุปเกี่ยวกับขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ได้ว่า

1. เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีทิศไปทางเดียวกัน จะทำมุมระหว่างกัน ...**0**.. องศา
   ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ จะได้จากการเอาขนาดมารวมกัน ($R = A + B$)
2. เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีทิศตรงข้ามกัน จะทำมุมระหว่างกัน ...**180**.. องศา
   ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ จะได้จากการเอาขนาดมาลบกัน ($R = A - B$)
3. เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีทิศทำมุมระหว่างกัน θ องศา
   ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ จะได้จากสมการ $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$
4. เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีทิศทำมุมระหว่างกัน 90 องศา
   ขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ จะได้จากสมการ $R = \sqrt{A^2 + B^2}$

องค์ประกอบของแรง



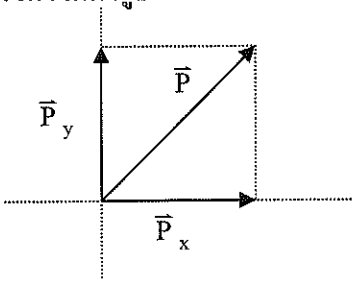
ก ข ค

จากรูป มีแรง $\vec{P}$ และ แรง $\vec{R}$ ที่สามารถหาแรงองค์ประกอบในแนวแกน x และ แนวแกน y ได้

ส่วนแรง $\vec{Q}$ แรงทั้งหมดจะกระทำไปในแนวแกน x ไปทางขวามือทั้งหมด องค์ประกอบของแรงในแนวแกน y ไม่มี

ลองพิจารณาการหาองค์ประกอบของแรง $\vec{P}$

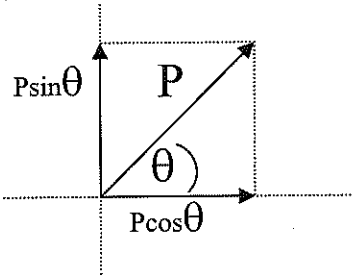
จากรูป ก แรง $\vec{P}$ สามารถหาแยกแรงเป็นองค์ประกอบของแรง $\vec{P}$ ในแนวราบ และในแนวดิ่งได้ดังรูป



เราจะไม่สามารถหาขนาดของแรง $\vec{P}_x$ และแรง $\vec{P}_y$ ได้ถ้าเราไม่ทราบค่ามุมใดมุมหนึ่ง ที่แรงP ทำกับแกน x และ แกน y

เราเพียงแค่บอกได้ว่า มีแรง $\vec{P}$ ในแนวแกน x เรียกว่าแรง $\vec{P}_x$ และมีแรง $\vec{P}$ ในแนวแกน y เรียกว่าแรง $\vec{P}_y$

เราหาขนาดของแรง $\vec{P}$ ในแนวแกน x และ แนวแกน y ได้เมื่อทราบค่ามุม θ ดังรูปข้างล่าง

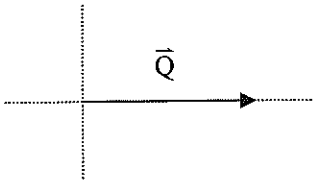


จะได้ขนาดของแรง $\vec{P}_x = P\cos\theta$

และ $\vec{P}_y = P\sin\theta$

เพราะฉะนั้น

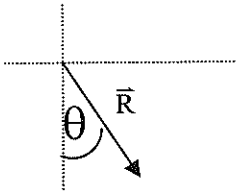
องค์ประกอบของแรง $\vec{Q}$ ในแนวราบ และในแนวดิ่ง



องค์ประกอบของแรง $\vec{Q}$ ในแนวดิ่ง = 0 (ศูนย์)

องค์ประกอบของแรง $\vec{Q}$ ในแนวราบ = $\vec{Q}$

องค์ประกอบของแรง $\vec{R}$ ในแนวราบ และในแนวดิ่ง

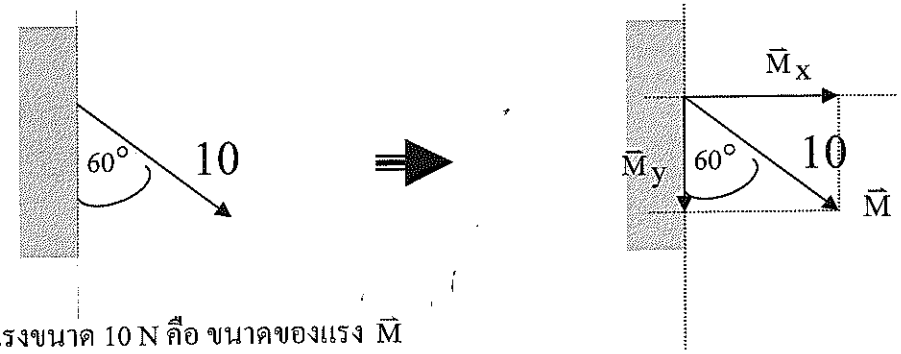


องค์ประกอบของแรง $\vec{R}$ ในแนวดิ่ง = $\vec{R}_y = R\cos\theta$

องค์ประกอบของแรง $\vec{R}$ ในแนวราบ = $\vec{R}_x = R\sin\theta$

ตัวอย่างที่ 2 จงหาองค์ประกอบของแรงต่อไปนี้ จากรูป ในแนวขนานกับพื้น และตั้งฉากกับพื้น

ก.

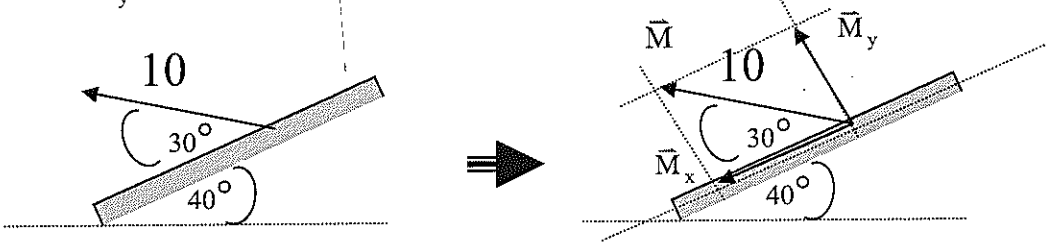


ให้แรงขนาด 10 N คือ ขนาดของแรง $\vec{M}$

ดังนั้น แรง $\vec{M}_x$ เป็น แรงตั้งฉากกับพื้น = $M\sin 60^\circ$ = (10)(0.866) = 8.66 N

แรง $\vec{M}_y$ เป็น แรงขนานกับพื้น $= M\cos 60^\circ = (10)(0.50) = 5.0\ N$

ข.

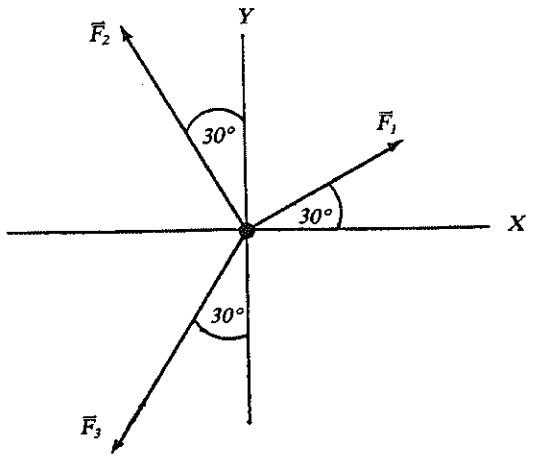


ให้แรงขนาด 10 N คือ ขนาดของแรง $\vec{M}$

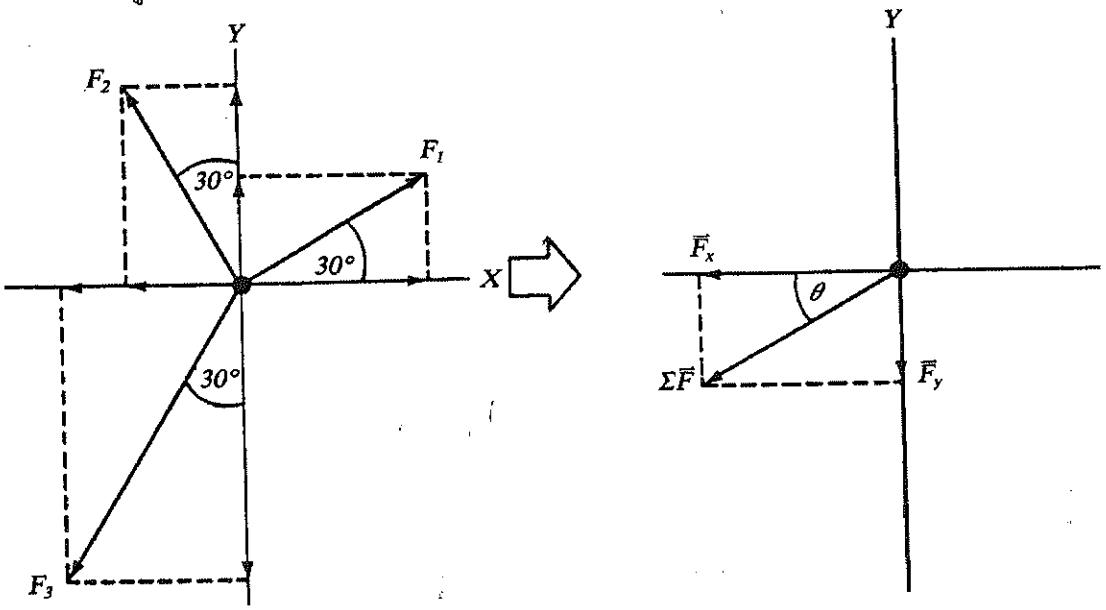
ดังนั้น แรง $\vec{M}_y$ เป็น แรงตั้งฉากกับพื้น $= M\sin 30^\circ = (10)(0.50) = 5.0\ N$

แรง $\vec{M}_x$ เป็น แรงขนานกับพื้น $= M\cos 30^\circ = (10)(0.866) = 8.66\ N$

ตัวอย่าง 3 จากรูป อนุภาคถูกแรงกระทำ 3 แรง คือ $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ และ $\vec{F}_3$ มีขนาด 1, 2 และ 3 นิวตัน ตามลำดับ จงคำนวณขนาดและทิศทางของลัพธ์



วิธีทำ การหาขนาดของแรงลัพธ์สำหรับกรณีนี้ วิธีที่สะดวกคือ แตกแรง $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$และ $\vec{F}_3$ ลงในแกน X และ Y ดังรูป แล้วจึงรวมแรงที่ละแกน จากนั้นจึงนำมารวมอีกครั้ง



เวกเตอร์	ส่วนประกอบทางแกน X	ส่วนประกอบทางแกน Y
$\vec{F}_1$	$(1)\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$(1)\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$
$\vec{F}_2$	$-(2)\sin 30^\circ = -1$	$(2)\cos 30^\circ = \sqrt{3}$
$\vec{F}_3$	$-(3)\sin 30^\circ = -\frac{3}{2}$	$-(3)\cos 30^\circ = -\frac{3\sqrt{3}}{2}$
$\sum\vec{F}$	$F_x = \frac{\sqrt{3}-5}{2}$	$F_y = \frac{1-\sqrt{3}}{2}$

เมื่อ $\sum\vec{F}$ เป็นแรงลัพธ์ F_X และ F_Y เป็นขนาดของแรงลัพธ์ในแกน X และ Y ตามลำดับจะได้

$$(\sum F)^2 = F_X^2 + F_Y^2$$

$$(\sum F)^2 = \frac{3-10\sqrt{3}+25}{4} + \frac{1-2\sqrt{3}+3}{4}$$

$$(\sum\vec{F})^2 = \frac{32-12\sqrt{3}}{4}$$

$$\sum F = 2.8\ \text{N}$$

$$\tan\theta = \frac{F_y}{F_X} = \frac{1-\sqrt{3}}{\sqrt{3}-5} = 0.22$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} 0.22$$

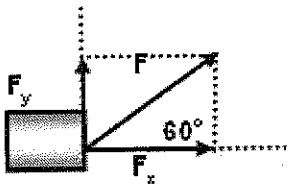
นั่นคือ แรงลัพธ์มีขนาด 2.8 นิวตัน ทำมุม $\theta = \tan^{-1} 0.22$ และอนุภาคนี้จะเคลื่อนที่ไปตามทิศของแรลัพธ์

กิจกรรมที่ 1.3 การหาแรงลัพธ์โดยวิธีการคำนวณ

1.ชายคนหนึ่งออกแรงลากลังไม้ดังรูปด้วยแรง 200 นิวตัน จงหา

1. แรงดึงในแนวดิ่ง

2.แรงดึงในแนวระดับ



.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\vec{F}_1$ ขนาด 3 นิวตัน $\vec{F}_2$ ขนาด 5 นิวตัน จงหาแรงลัพธ์โดยวิธีการคำนวณ เมื่อแรงทั้งสองทำมุมต่อกันดังนี้

2.1 0°

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 180°

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 60°

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 90°

.....

.....

.....

.....

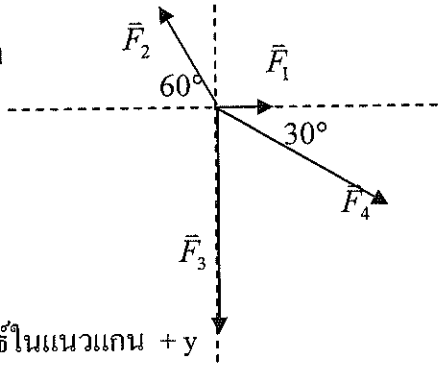
.....

.....

3. จากรูป จงหา $\Sigma\bar{F}_x$, $\Sigma\bar{F}_y$ และเวกเตอร์ลัพธ์($\Sigma\bar{F}$) เมื่อ

$\bar{F}_1 = 5N, \bar{F}_2 = 10N, \bar{F}_3 = 20N, \bar{F}_4 = 10\sqrt{3}N$

แตกแรง



แรงลัพธ์ในแนวแกน + y

.....

.....

.....

.....

.....

แรงลัพธ์ในแนวแกน + x

.....

.....

.....

.....

.....

แรงลัพธ์ในแนวแกน - y

.....

.....

.....

.....

.....

แรงลัพธ์ในแนวแกน - x

.....

.....

.....

.....

.....

แรงลัพธ์ในแนวแกน y

.....

.....

แรงลัพธ์ในแนวแกน x

.....

.....

แรงลัพธ์ของแรงทั้งสี่แรง (วาดภาพและคำนวณ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำนวณหาทิศทางของแรงลัพธ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 2 เรื่อง มวล **(เวลา 1 ชั่วโมง)**

สาระสำคัญ มวล คือเนื้อสารซึ่งเป็นปริมาณที่คงที่ เป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยกิโลกรัม มวลเป็นปริมาณที่บอกให้ทราบถึงการต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ(ความเฉื่อย) มวลมากจะต้านการเคลื่อนที่มากมีความเฉื่อยมากมวลน้อยจะต้านการเคลื่อนที่น้อยมีความเฉื่อยน้อย

จุดประสงค์

ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมวลและความเฉื่อย

สื่อการเรียนรู้

คลิปวีดีโอ ใบเลื่อย แม่เหล็กชนิดขั้วข้าง นาฬิกาจับเวลา

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยการชมคลิปวีดีโอสนุกกับความเฉื่อยสำหรับการทดลองเรื่องความเฉื่อยในคลิปนี้ เป็นการแสดงให้เห็นถึงการพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวัตถุที่มีมวลจะมีสมบัติในการต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ เชื่อมโยงไปถึงคาดเข็มขัดนิรภัยในขณะโดยสารรถยนต์ในชีวิตประจำวัน

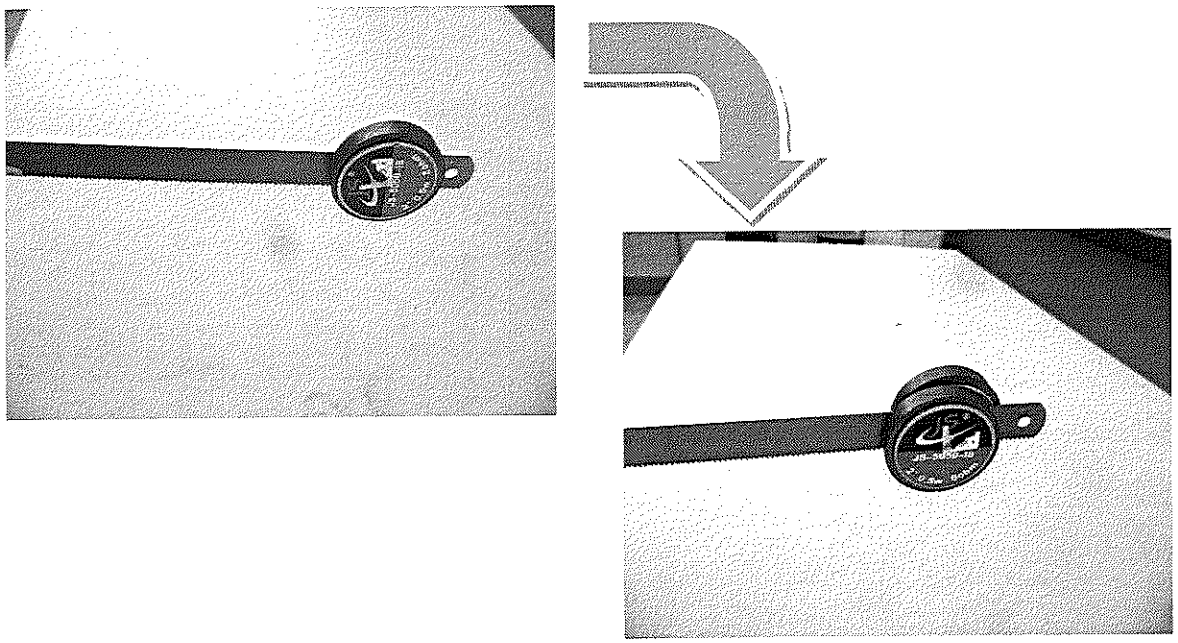
กิจกรรมที่ 2

นักเรียน**ทำนาย**ผลการเคลื่อนที่ของใบเลื่อยที่ติดด้วยมวล จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**ถึงการแกว่งของใบเลื่อยที่ติดด้วยแม่เหล็กโดยมวลมากจะต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่มากหรือมีความเฉื่อยมากทำให้ใบเลื่อยแกว่งกลับไปกลับมาอย่างช้าๆและใช้เวลาในการหยุดแกว่งนานกว่า และมวลน้อยจะต้านจะต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่น้อยหรือมีความเฉื่อยน้อยทำให้ใบเลื่อยแกว่งกลับไปกลับมาเร็วขึ้นและใช้เวลาในการหยุดแกว่งน้อยกว่า

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถอธิบายถึงความเฉื่อยในชีวิตประจำวันได้

กิจกรรมที่ 2 มวลและความเฉื่อย

จากภาพออกแรงกระทำต่อไปเลื่อยในแนวระดับ จากนั้นเพิ่มจำนวนแม่เหล็กจาก 1 แท่ง 2 แท่ง และ 3 แท่งตามลำดับ จงเปรียบเทียบเวลาในการเคลื่อนที่แต่ละกรณีพร้อมอธิบาย



ทำนายผล.....

อธิบายผลการทำนาย.....

.....

.....

อธิบายผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย.....

.....

.....

.....

.....

จากกิจกรรมที่ 2 ใบเลื่อยที่ติดด้วยแม่เหล็กที่มากกว่าจะต้านมือมากที่สุด และมีการแกว่งกลับไปกลับมาอย่างช้าๆ แสดงว่า วัตถุที่หยุดนิ่งจะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ ในทำนองเดียวกันวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่แล้วก็จะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นหยุดนิ่ง เรียกสมบัติที่ต้านการเปลี่ยนสภาพของวัตถุว่า **ความเฉื่อย** ปริมาณที่บอกว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อยคือ **มวล** โดยวัตถุที่มีมวลมากจะต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่มาก วัตถุที่มีมวลน้อยจะต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่น้อย มวลเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

◇ ใบเลื่อยในกรณีใดมีความเฉื่อยมากที่สุด

.....

◇ ใบเลื่อยในกรณีใดมีมวลมากที่สุด

.....

เนื่องจากการทดลองนี้เกี่ยวข้องกับมวลของวัตถุ (ไม่ใช่น้ำหนัก) มวลคือเนื้อสารซึ่งเป็นปริมาณที่คงที่ หากทำการทดลองนี้บนดวงจันทร์หรือในยานอวกาศก็ยังคงจะได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันนี้ ถ้าออกแรงกระทำกับมวลมากจะมีความเฉื่อยมาก และออกแรงกระทำกับมวลน้อยจะมีความเฉื่อยน้อย

◇ มวลของวัตถุหนึ่งเปลี่ยนตามตำแหน่งหรือสถานที่หรือไม่

.....

สรุปเนื้อหามวลและความเฉื่อย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 3 เรื่อง กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน (เวลา 2 ชั่วโมง)

สาระสำคัญ กฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน กล่าวว่า "วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอเป็นเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ" ขยายความได้ว่าวัตถุที่หยุดนิ่งก็ยังคงรักษาสภาพหยุดนิ่งอยู่เช่นนั้น และวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว (ไม่มีความเร่ง) ก็ยังคงเคลื่อนที่เช่นนั้นหากไม่มีแรงลัพธ์ที่มีค่ามากกว่าศูนย์มากระทำ กฎการเคลื่อนที่ข้อ 1ของนิวตัน มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งคือ กฎของความเฉื่อย สรุปเกี่ยวกับแรงได้ว่าผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ ($\sum \vec{F} = 0$)

จุดประสงค์

1. ทำการทดลองและสรุปว่าถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่
2. ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งนิวตันอธิบายสถานการณ์บางอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

สื่อการเรียนรู้

คลิปวีดีโอ รูปภาพ ถุงทราย เชือก คาน เหรียญ ไข่ไก่

กระบวนการเรียนรู้

ทบทวนความรู้เรื่อง แรง มวลและความเฉื่อย กล่าวถึงกฎที่ใช้อธิบายหลักการเคลื่อนที่และประวัติของนิวตัน จากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยออกแรงผลักแท่งไม้ให้เคลื่อนที่ไปบนถาดที่ไม่มีเมล็ดพลาสติกและมีเมล็ดพลาสติกแล้วสังเกตุความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของแท่งไม้

กิจกรรมที่ 3

3.1 นักเรียน**ทำนาย**ผลการดึงเชือกที่ผูกติดกับถุงทราย และถุงทรายมีเชือกผูกติดกับคานอีกทอด จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**โดยเชือกจะขาด ณ ตำแหน่งใต้ถุงทรายระหว่างถุงทรายและมือ หากออกแรงกระตุกอย่างกะทันหัน เนื่องจากถุงทรายรักษาสภาพการหยุดนิ่ง และเชือกจะขาด ณ ตำแหน่งเหนือถุงทรายระหว่างถุงทรายและคาน หากค่อยๆเพิ่มแรงดึงทีละน้อยเนื่องจากเชือกด้านบนไม่สามารถทานแรงดึงได้ ($\vec{F} + \vec{W} > \vec{T}$)

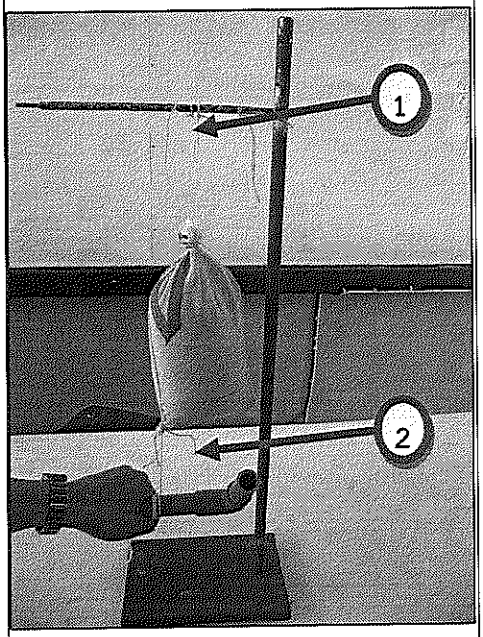
3.2 นักเรียน**ทำนาย**ผลการยิงเหรียญอย่างรวดเร็วใส่กองเหรียญประมาณ 6- 7 เหรียญ จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**โดยกองเหรียญจะยังคงสภาพอยู่ได้โดยไม่ล้มเนื่องจากกองเหรียญรักษาสภาพการหยุดนิ่ง

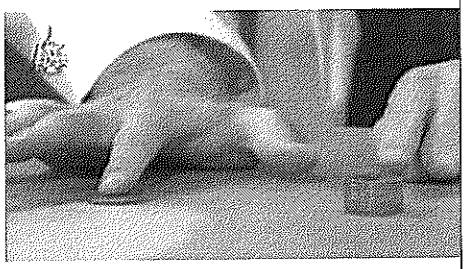
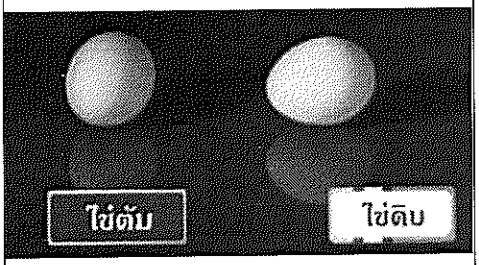
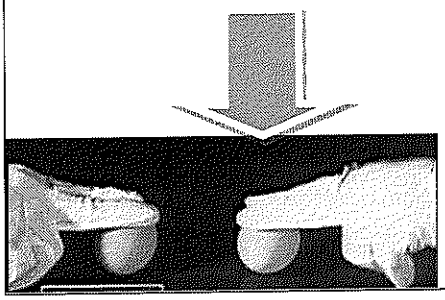
3.3 นักเรียน**ทำนาย**ผลการหมุนไข่ดิบและไข่ต้มจากนั้นใช้มือหยุดไข่เอาไว้แล้วปล่อย จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**

โดยไข่ดิบจะเคลื่อนที่ต่อแต่ไข่ต้มจะหยุดเคลื่อนที่ต่อเพราะของเหลวที่อยู่ภายในไข่ดิบยังคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิม

นักเรียนชมคลิปวิดีโอการสาธิต และร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถสามารถใช้กฎข้อที่ 1 ของนิวตันอธิบายการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันได้

กิจกรรมที่ 3 กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน

กิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้ POE
3.1 ผูกถุงทรายกับเชือกและคาน จากนั้นออกแรงดึงเชือกดังภาพ เชือกจะขาดตำแหน่งใดระหว่างระหว่างตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่ง 2 เมื่อ 3.1.1 กระตุกเชือกอย่างแรง 3.1.2 ค่อยๆเพิ่มแรงดึงจนกระทั่งเชือกขาด จงอธิบายผลที่เกิดขึ้น  	**ทำนายผล**..... .... **อธิบายผลการทำนาย**..... .... **อธิบายผลการทดลอง**..... .... **เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย** ....

กิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้ POE
3.2 เรียงเหรียญไว้ดังภาพจากนั้นยิงอีกเหรียญใส่กองเหรียญดังกล่าวอย่างรวดเร็วนักเรียนคิดว่ากองเหรียญจะคงสภาพอยู่ได้โดยไม่ล้มได้หรือไม่ 	**ทำนายผล**..... ..... **อธิบายผลการทำนาย**..... .... **อธิบายผลการทดลอง**..... .... **เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย** ....
3.3 หมุนไข่ดิบและไข่ต้มจากนั้นใช้มือหยุดไข่เอาไว้แล้วปล่อย ไข่ดิบหรือไข่ต้มจะเคลื่อนที่ต่อเพราะเหตุใด  	**ทำนายผล**..... ..... **อธิบายผลการทำนาย**..... .... **อธิบายผลการทดลอง**..... .... **เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย** ....

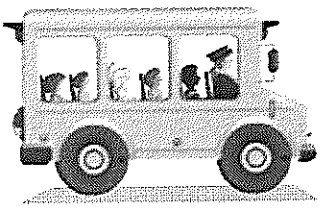
◇ ชมคลิปวีดีโอจากฟิสิกส์ราชมงคลและสรุปกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

.....

.....

.....

◇ เมื่อยืนอยู่บนรถประจำทางที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง แล้วรถยนต์เหยียบเบรกกะทันหันนักเรียนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และในสถานการณ์เดียวกันหากรถประจำทางจอดอยู่และออกตัวอย่างกะทันหันนักเรียนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด เพราะเหตุใด



.....

.....

◇ เหตุใดเมื่อรถเลี้ยวไปทางซ้ายคนในรถจึงเซไปทางขวา

.....

.....

◇ หากนักเรียนจะก้าวลงจากรถที่กำลังชะลอช้าๆ ให้ปลอดภัยควรปฏิบัติอย่างไร เพราะเหตุใด .....

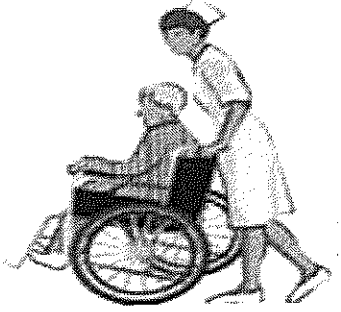
.....

◇ ในการเข็นรถพยาบาลที่มีผู้ป่วยนั่งอยู่ควรจะเข็นอย่างไรจึงจะปลอดภัย

.....

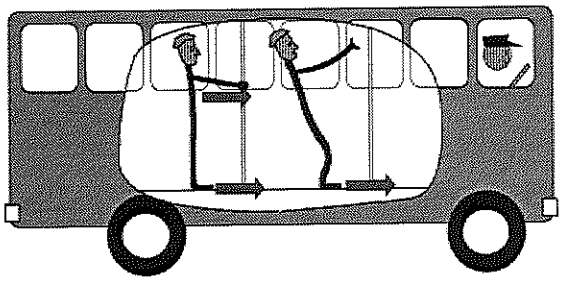
.....

.....



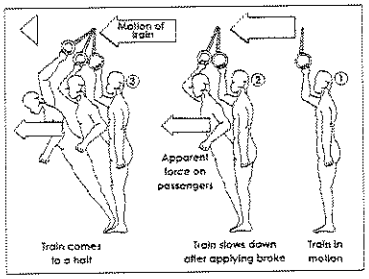
ตัวอย่างความเฉื่อยในชีวิตประจำวัน

- นักโดดร่มกระโดดลงมาจากเครื่องบิน จะมีช่วงที่แรงตกลงมาและแรงต้านของอากาศซึ่งกระทำกับร่างกายของผู้โดดมีค่าเท่ากัน ทำให้เกิดการทรงตัวอย่างสมดุล และความเร็วที่ตกลงมาจะคงที่



- ขณะที่รถติดสัญญาณไฟแดง ตัวเราหยุดนิ่งอยู่กับที่ แต่เมื่อสัญญาณไฟแดงเปลี่ยนเป็นไฟเขียว เมื่อคนขับเหยียบคันเร่งให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่ตัวของเราจะพยายามคงสภาพหยุดนิ่งไว้ผลคือเราจะเซไปข้างหลังรถเกิดความเร่งไปข้างหน้า

ใน ทำนองกลับกัน เมื่อสัญญาณไฟเขียวเปลี่ยนเป็นไฟแดง คนขับรถเหยียบเบรกเพื่อจะหยุดรถ ตัวเราซึ่งเคยเคลื่อนที่ด้วยความเร็วพร้อมกับรถ ทันใดเมื่อรถหยุด ตัวเราจะเซมาข้างหน้า



- ยานอวกาศบินอยู่ในห้วงอวกาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จนกว่าจะมีแรงมากระทำ โดยแรงที่มากระทำนี้อาจมาจากการจุดระเบิดของยานอวกาศนั่นเองหรือเกิดขึ้นเมื่อเข้าสู่สนามความโน้มถ่วงของโลก

- ในการแข่งขันยูโดการจะทุ่มคู่ต่อสู้ให้ล้มลงได้นั้น หากต้องการทุ่มคู่ต่อสู้ไปทางขวาก็ต้องแสร้งทำท่าว่าจะทุ่มไปทางซ้าย คู่ต่อสู้จะเอนไปทางขวาเพื่อรักษาสมดุลของร่างกายไว้ ให้รีบฉวยโอกาสทุ่มคู่ต่อสู้ไปทางขวา การอาศัยความเฉื่อยที่เกิดจากที่คู่ต่อสู้โน้มตัวไปทางขวาก็จะช่วยให้ทุ่มคู่ต่อสู้ล้มลงได้ง่าย

- ถ้านักเรียนนั่งอยู่ในรถยนต์ที่หยุดอย่างกะทันหัน ความเฉื่อยจะทำให้ตัวนักเรียนยังคงเคลื่อนที่ต่อ ไปข้างหน้าดังนั้นนักเรียนจึงต้องการแรงมาช่วยทำให้นักเรียนหยุดการเคลื่อนที่ได้ซึ่ง แรงนั้นมา จากเข็มขัดนิรภัย แต่ในกรณีที่นักเรียนไม่ได้คาดเข็มขัดนิรภัย แรงนั้นอาจจะพุ่งออกมาจากกระจกหน้า รถยนต์ก็ได้

กิจกรรมที่ 4 เรื่อง กฎข้อที่สองของนิวตัน (เวลา 2 ชั่วโมง)

สาระสำคัญ กฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน กล่าวว่า "เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ" ($\sum \vec{F} = ma$)

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถทำการทดลองและสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันได้
2. นักเรียนใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันอธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

สื่อการเรียนรู้

การทดลองเสมือนจริง เครื่องเคาะสัญญาณเวลา หม้อแปลงโวลต์ต่ำความต่างศักดิ์ 5-8 โวลต์ รางไม้พร้อมแขนรางไม้ รถทดลอง นอตโลหะ สายไนลอนพร้อมขอเกี่ยวโลหะ สายไฟ แถบกระดาษ/กระดาษคาร์บอน

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูยกตัวอย่างสถานการณ์ในการทดลองเสมือนจริงในบทเรียนที่ผ่านมา

เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์วัตถุจะหยุดนิ่ง เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่เคลื่อนที่

กิจกรรมที่ 4

นักเรียน**ทำนาย**ผลการทดลอง จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**สรุปได้ว่าเมื่อมวลคงตัว จะได้ความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับแรงลัพธ์และเมื่อให้แรงคงตัวขนาดของความเร่งวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ แรงลัพธ์และความเร่งในกฎการเคลื่อนที่ข้องที่สองของนิวตันมีทิศทางไปทางเดียวกันเสมอ

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถสามารถใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตันอธิบายการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันได้

กิจกรรมที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

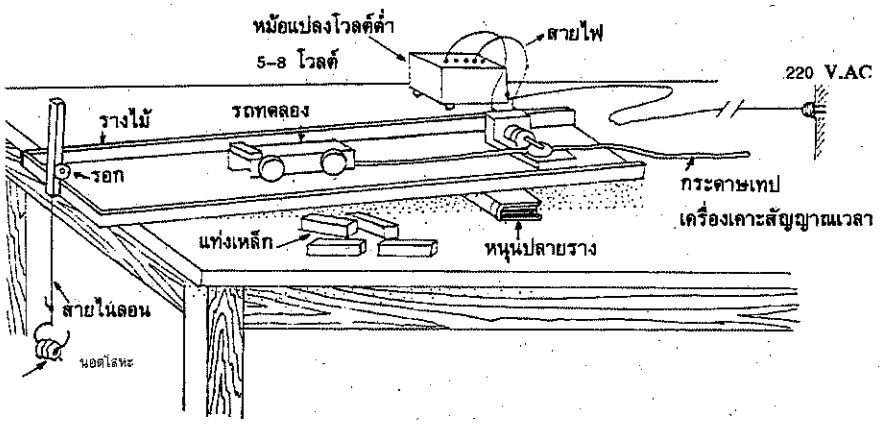
กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน เป็นการศึกษาการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ

การทดลองเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

จุดประสงค์ 1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและความเร่งของวัตถุ

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลวัตถุและความเร่งของวัตถุ

วิธีการทดลอง



รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

ตอนที่ 1

1. นำนอต 1 ตัวต่อกับขอเกี่ยวโลหะ จัดรถทดลองจัดแถบกระดาษให้เรียบร้อย เปิด Power supply พร้อมกับปล่อยรถให้เคลื่อนที่

2. นำแถบกระดาษที่ได้มาเขียนข้อความที่ด้านหลังว่า “นอต” 1 ตัว

3. เปลี่ยนแถบกระดาษใหม่ แล้วทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนจำนวนนอตเป็น 2, 3, 4, 5 ตัวตามลำดับ และเขียนข้อความที่ด้านหลังว่า “นอต” 2, 3, 4, 5 ตัว ตามลำดับ ถ้าใช้นอต 1 ตัว จะมีแรงดึงรถขนาด 1F เมื่อใช้นอต 2, 3, 4, 5 ตัวจะมีแรงดึงขนาด 2F, 3F, 4F, 5F ตามลำดับ

4. คำนวณหาความเร็วขณะหนึ่งทุกสองช่วงจุด บันทึกค่าในลงในตารางที่ 1 ในใบงาน

5. นำค่าที่ได้จากตารางที่ 1 ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความเร็ว (เซนติเมตร : 4 ช่วงจุด) กับ เวลา ($x\frac{1}{50}$ วินาที)

6. คำนวณหาความเร่งของกราฟแต่ละเส้น แล้วนำค่าความเร่งที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 2

7. นำค่าความเร่งจากตารางที่ 2 ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความเร่ง (เซนติเมตร / วินาที^{2}) กับ แรง

ตอนที่ 2

ทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่กำหนดให้แรงมีขนาดคงตัว และเปลี่ยนมวลของรถทดลอง เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร่ง (เซนติเมตร / วินาที^{2}) กับมวล

ทำนายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

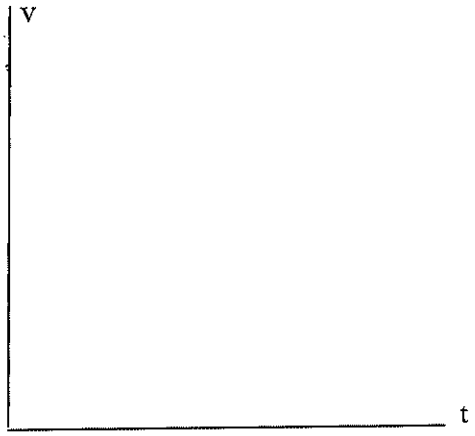
ตอนที่ 1 กำหนดให้มวลของรถทดลองคงตัวเปลี่ยนค่าแรงที่กระทำ

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกความเร็วกับเวลา

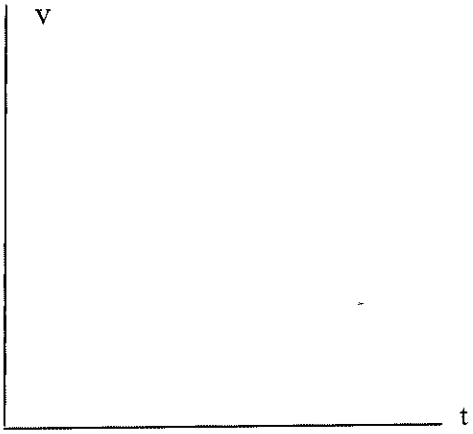
เวลา $x\frac{1}{50}$ วินาที	ความเร็วขณะหนึ่ง(4 ช่วงจุด)			
	แรง 1F	แรง 2 F	แรง 3 F	แรง 4F
2				
6				
10				
14				
18				
22				
26				
30				
34				
38				
42				

นำข้อมูลในตารางที่ 1 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ความชันของเส้นกราฟแต่ละเส้นคือ ค่าความเร่งของรถทดลอง นำค่าความเร่งที่ได้ไปบันทึกในตารางที่ 2

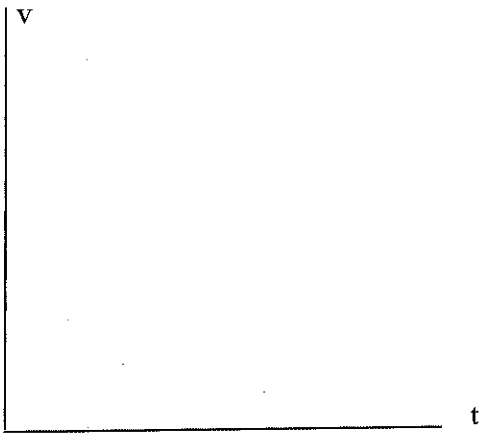
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาของแรงขนาดต่างๆ



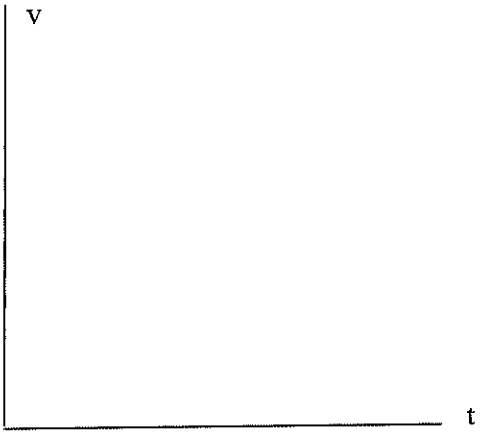
แรง.....



แรง.....



แรง.....

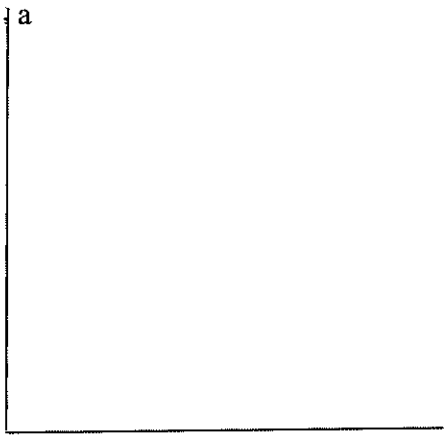


แรง.....

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกความเร่งกับแรง

แรง	1F	3F	2F	4F
ความเร่ง (cm / s^2)				

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความเร่ง (เซนติเมตร / วินาที^{2}) กับแรง



อธิบายผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

คำถาม

1. การเพิ่มน๊อตในขอที่เกี่ยวโลหะเป็นการเพิ่มสิ่งใดแก่รถทดลอง

.....

.....

2. กราฟระหว่างขนาดของความเร่ง a และขนาดของแรงดึง F มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

3. จากลักษณะของกราฟขนาดของความเร่ง a และขนาดของแรงดึง F มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

.....

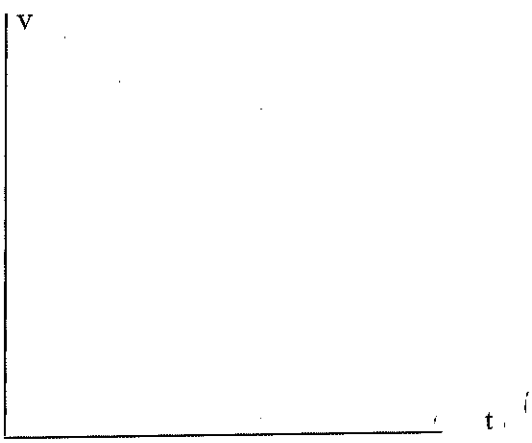
ตอนที่ 2 กำหนดให้แรงที่กระทำคงตัวแต่เปลี่ยนค่ามวลของรถทดลอง

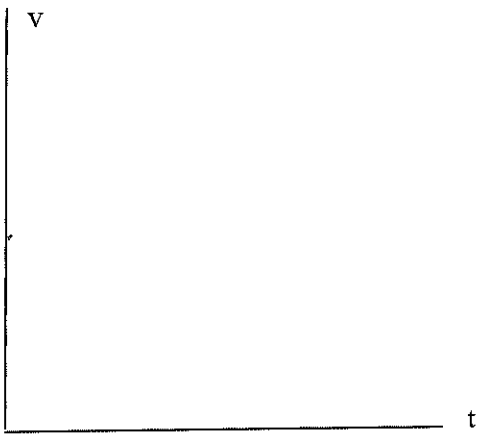
ตารางที่ 1 ตารางบันทึกความเร็วกับเวลา

เวลา $x\frac{1}{50}$ วินาที	ความเร็วขณะหนึ่ง(4 ช่วงจุด)			
	m1	m2	m3	m4
2				
6				
10				
14				
18				
22				
26				
30				
34				
38				
42				

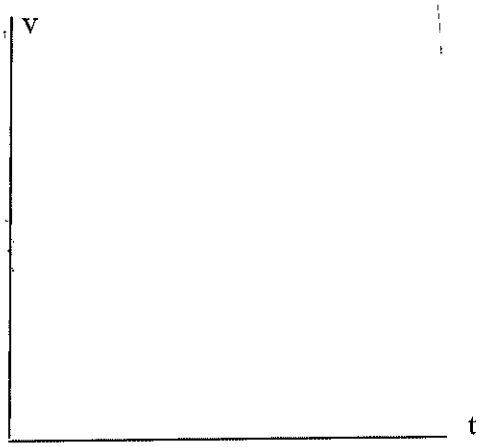
นำข้อมูลในตารางที่ 1 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ความชันของเส้นกราฟแต่ละเส้นคือ ค่าความเร่งของรถทดลอง นำค่าความเร่งที่ได้ไปบันทึกในตารางที่ 2

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาของมวลขนาดต่างๆ

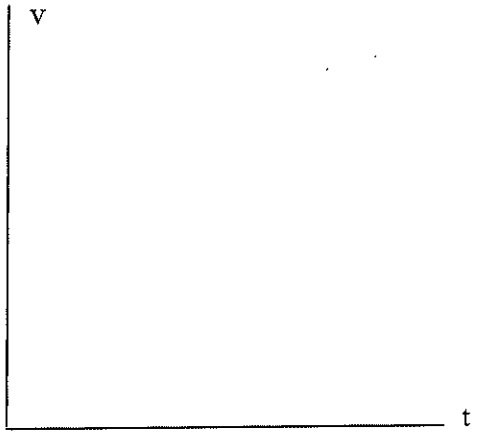




มวล..... มวล.....



มวล.....

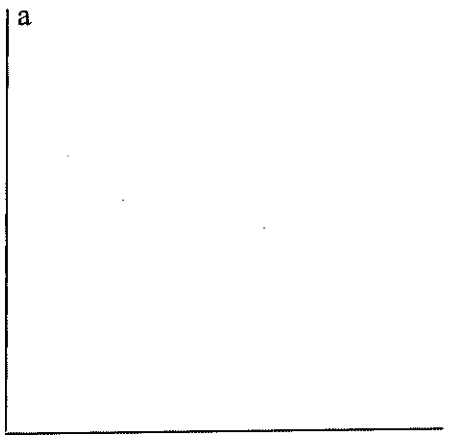


มวล.....

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกความเร่งกับแรง

มวล	m1	m2	m3	m4
ส่วนกลับของมวล				
ความเร่ง (cm / s^2)				

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความเร่ง (เซนติเมตร / วินาที^{2}) กับส่วนกลับของมวล



อธิบายผลการทดลอง.....

.....

.....

คำถาม

1. เมื่อเพิ่มมวลของรถทดลองความเร่งของรถทดลองเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

2. ขนาดของความเร่ง a และขนาดของมวล m มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

3. ขนาดของความเร่ง a และส่วนกลับของมวล 1/m มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

เมื่อนำผลการทดลองตอนที่ 1 ตอนที่ 2 มาวิเคราะห์ สามารถสรุปผลการทดลอง ได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย.....

.....

.....

.....

สรุปเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

.....

.....

.....

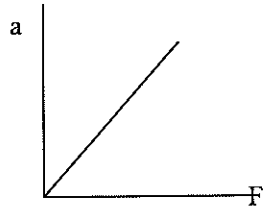
.....

.....

.....

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ มวล และความเร่งของวัตถุ

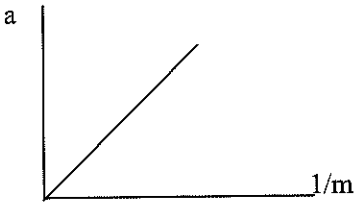
1. เมื่อมวล m มีค่าคงตัว ให้แรงลัพธ์ F กระทำต่อวัตถุมีค่าเปลี่ยนแปลง ทำให้ความเร่ง a ของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเมื่อเขียนกราฟระหว่างแรงลัพธ์ F กับความเร่ง a จะได้กราฟ ดังรูป



จากกราฟจะได้ว่า เมื่อมวล m มีค่าคงตัว ความเร่ง a แปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ F ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$a \propto F \qquad \text{..... (1)} \quad \text{เมื่อ m คงตัว}$$

2. เมื่อแรงลัพธ์ F มีค่าคงตัว เปลี่ยนมวล m ของวัตถุทำให้ ความเร่ง a ของวัตถุเปลี่ยนไป เมื่อนำมาเขียนกราฟระหว่างมวล m กับความเร่ง a จะได้กราฟ ดังรูป



จากกราฟจะได้ว่าขนาดของความเร่ง a แปรผกผันกับมวล m เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นแรงคงตัว ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$a \propto \frac{1}{m} \qquad \text{..... (2)} \quad \text{เมื่อ แรง F คงตัว}$$

จากความสัมพันธ์ (1) และ (2) ถ้าการทดลองอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันสามารถสรุปรวมกันได้ว่า $a \propto \frac{F}{m}$

หรือ $F \propto ma$

ซึ่งเขียนได้ว่า $F = kma$ ..... (3)

จากนิยาม แรง 1 นิวตัน เป็นแรงที่ทำให้วัตถุมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที^{2}

จากสมการ (3) ถ้า F = 1 N และ m = 1 kg จะได้ว่า a = 1 m/s^2 นั่นคือจะได้ว่า k = 1 ดังนั้น สมการ (3) จะเขียนใหม่ได้ว่า

$$F = ma$$

หรืออาจเขียนในรูปสมการเวกเตอร์ได้ว่า

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

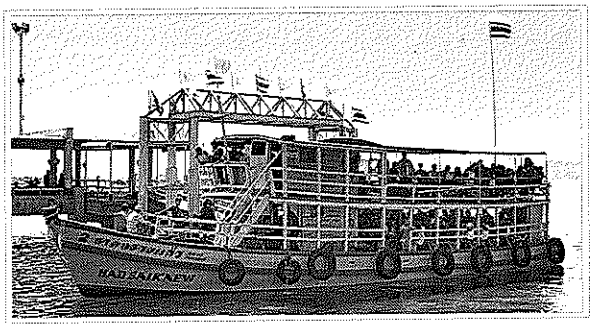
และถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ อาจเขียนได้ว่า

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

นิวตันได้สรุปเกี่ยวกับแรงและการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ว่า

"เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำจะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศ เดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำและขนาดของความเร่งจะแปรผันกับขนาดของแรงลัพธ์และจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ"

คำถามกิจกรรมที่ 4



◇ หากนักเรียนนั่งอยู่บนเรือยนต์โดยสารที่กำลังแล่นไปยังแม่น้ำเพื่อข้ามไปยังฝั่งตรงข้ามด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่ง ทันใดนั้นเครื่องเรือเกิดขัดข้องและดับลงลักษณะการเคลื่อนที่ของเราจะเป็นอย่างไรต่อไป

.....

.....

◇ วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ เมื่อมีแรงมากระทำให้หยุด จงหาทิศของแรงลัพธ์ที่มากระทำและทิศของความเร่ง

.....

◇ เมื่อเราออกแรงเท่ากัน เพื่อผลักรถให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าจงเปรียบเทียบความเร่งของรถที่ไม่บรรทุกของและรถที่บรรทุกของ

.....

.....

◇ แรงขับเคลื่อนของเครื่องยนต์จรวดจะเป็นอย่างไรเมื่อให้ความเร่งเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

.....

.....

◇ ถ้าต้องการให้รถยนต์ที่จอดอยู่เคลื่อนที่ไปทางใต้ ทิศของแรงที่มากระทำและความเร่งต้องมีทิศไปทางใด

.....

◇ เมื่อมีแรงลัพธ์ที่คงตัวมากระทำต่อวัตถุที่มีมวลคงตัว ความเร่งของวัตถุจะเป็นอย่างไร

.....

◇ แรงลัพธ์ขนาด 800 นิวตัน กระทำต่อตู้ใบหนึ่งในแนวระดับ ทำให้ตู้ใบนี้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบด้วยความเร่ง 0.5 เมตร/วินาที^{2} มวลของตู้ใบนี้เป็นเท่าใด

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน (เวลา 2 ชั่วโมง)

สาระสำคัญ กฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตัน กล่าวว่า "ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามเสมอ" สรุปเกี่ยวกับแรงได้ว่า จะมีแรงเกิดขึ้นตรงตำแหน่งที่กระทำสองแรงขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้าม ($\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$)

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถทำการทดลองและสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตันได้
2. นักเรียนใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตันอธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

สื่อการเรียนรู้

รถของเล่น เครื่องชั่งสปริง รูปภาพ

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูนำรถของเล่นที่ติดใบพัดไว้ทางด้างหลังให้นักเรียนทำนายทิศทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น จากนั้นปล่อยรถของเล่นให้เคลื่อนที่ (รถของเล่นจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเนื่องมาจากแรงปฏิกิริยา)

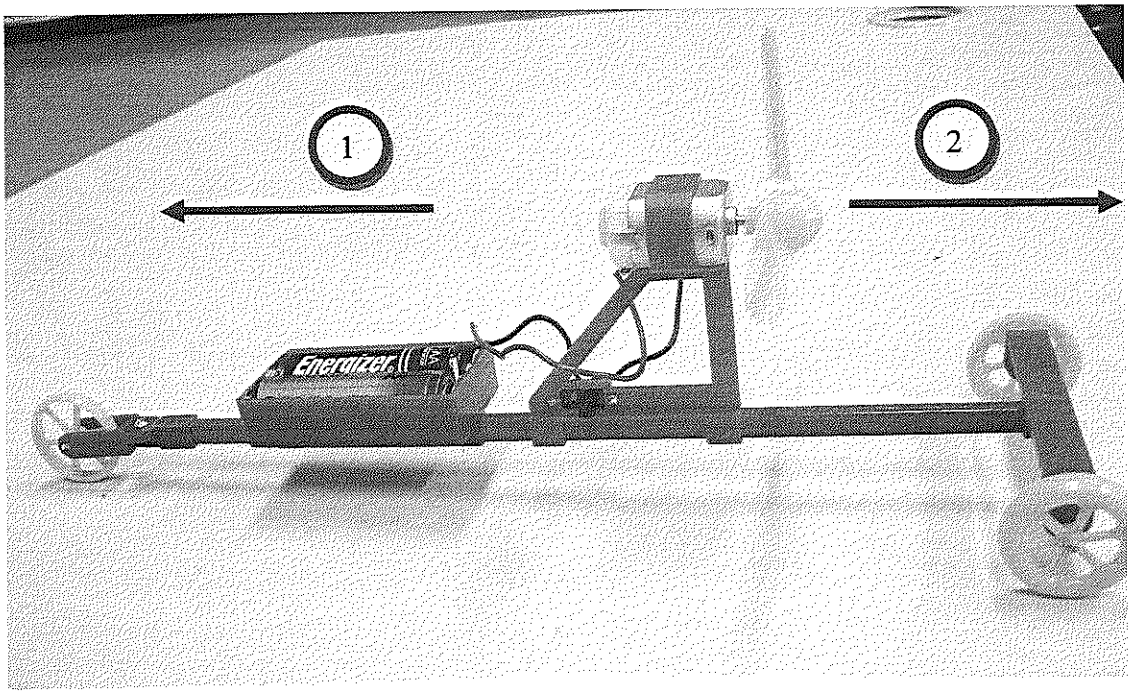
กิจกรรมที่ 4

นักเรียน**ทำนาย**ผลการทดลอง จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**สรุปได้ว่าทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งแรงทั้งสองจะไม่หักล้างกัน เพราะเกิดขึ้นกับวัตถุคนละชิ้น

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถสามารถใช้กฎข้อที่ 3 ของนิวตันอธิบายการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันได้

กิจกรรมที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

เมื่อเปิดสวิทต์แหล่งจ่ายไฟจะทำให้ใบพัดรถในภาพหมุน รถจะเคลื่อนที่ในทิศทางใด ระหว่างหมายเลข 1 และหมายเลข 2



ทำนาย.....

เหตุผล.....

.....

.....

สังเกต.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบการทำนายและการสังเกต.....

.....

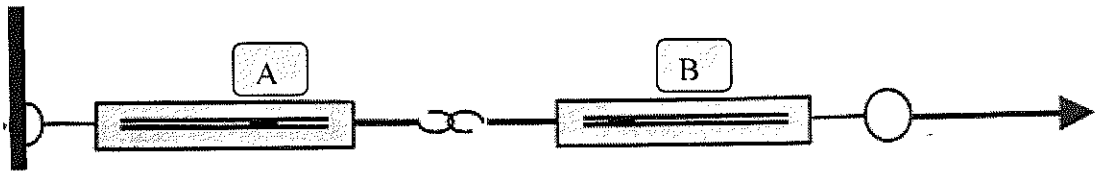
.....

.....

การทดลองเรื่อง กฎข้อที่สามของนิวตัน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษากฎข้อที่สามของนิวตัน

วิธีการทดลอง ยึดเครื่องชั่งสปริง A ไว้ปลายข้างหนึ่งเกี่ยวด้วยครื่องชั่งสปริง B ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริง B โดยเพิ่มแรง จาก 1 N เป็น 2 ,3 ,4 และ 5 ตามลำดับ สังเกตเครื่องชั่งสปริง A และบันทึกผลของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง A



ทำนายผลการทดลอง.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

แรงจากเครื่องชั่งสปริง B (N)	แรงจากเครื่องชั่งสปริง A (N)
1	
2	
3	
4	
5	

อธิบายผลการทดลอง.....

.....

เปรียบเทียบผลการทำนายและผลการทดลองและสรุปผล

.....

.....

.....

.....

"ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงข้ามเสมอ"

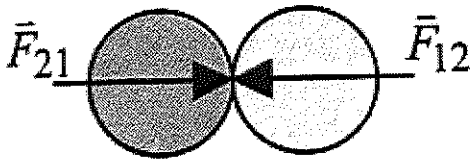
กฎข้อนี้ของนิวตันหมายถึงแรงที่กระทำระหว่างกัน เช่น โลกและดวงจันทร์ที่ดึงดูดกัน แรงที่โลกดึงดูดดวงจันทร์ จะมีขนาดเท่ากับแรงที่ดวงจันทร์ดึงดูดโลก สองแรงนี้ (ที่กระทำคนละวัตถุ) มีขนาดเท่ากันและทิศตรงกันข้าม จะนับแรงใดเป็นแรงกิริยาก็ได้ แรงระหว่างวัตถุทุกคู่จะเป็นไปตามกฎนี้ แรงที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุขณะชนกันก็เช่นกัน

ถ้า $\vec{F}_{12}$ เป็น แรงที่กระทำต่อวัตถุก้อนที่หนึ่ง (กระทำโดยวัตถุก้อนที่สอง)

$\vec{F}_{21}$ เป็น แรงที่กระทำต่อวัตถุก้อนที่สอง (กระทำโดยวัตถุก้อนที่หนึ่ง)

สมการเวกเตอร์ของแรงตามกฎข้อที่สามของนิวตัน จะเขียนได้เป็น

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



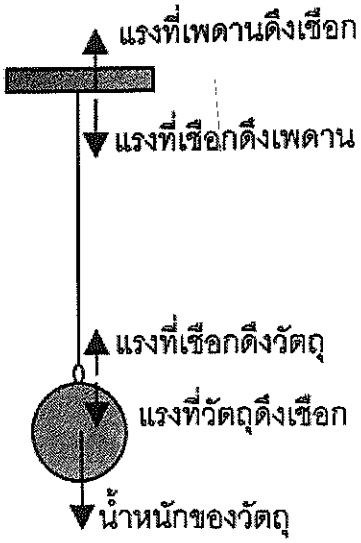
รูปแสดง แรง $\vec{F}_{12}$ เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุก้อนที่หนึ่งโดยวัตถุก้อนที่สองและแรง $\vec{F}_{21}$ เป็นแรงที่กระทำวัตถุก้อนที่สองโดยวัตถุก้อนที่หนึ่งเป็นปฏิกิริยาของ $\vec{F}_{12}$

อีกตัวอย่างหนึ่งที่อาจทำให้เห็นได้ชัดคือ เอามือซ้ายกับมือขวามาดึงกัน สังเกตว่าออกแรงเพียงมือเดียวทำได้หรือไม่

ขณะที่วัตถุก้อนหนึ่งออกแรงกระทำต่อวัตถุอีกก้อนหนึ่ง วัตถุก้อนที่ถูกแรงกระทำก็จะออกแรงกระทำต่อวัตถุก้อนแรก ด้วยขนาดของแรงที่เท่ากันเสมอ แต่มีทิศตรงข้ามกัน แรงทั้งสองนี้คือ **แรงกิริยา -ปฏิกิริยา** (action - reaction) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกิริยากับแรงปฏิกิริยาดังกล่าวนี้นิวตันได้สรุปไว้เป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สาม

นอกจากแรงคู่กิริยา - ปฏิกิริยาที่เกิดจากวัตถุมีการสัมผัสกัน คราวนี้ใช้แท่งแม่เหล็กดูดแท่งเหล็กเข้าใกล้ พบว่าแรงที่กระทำต่อกันนั้นไม่ได้เกิดจากวัตถุสัมผัสกันโดยตรง รวมทั้งในกรณีที่แท่งแม่เหล็กผลักกันด้วย

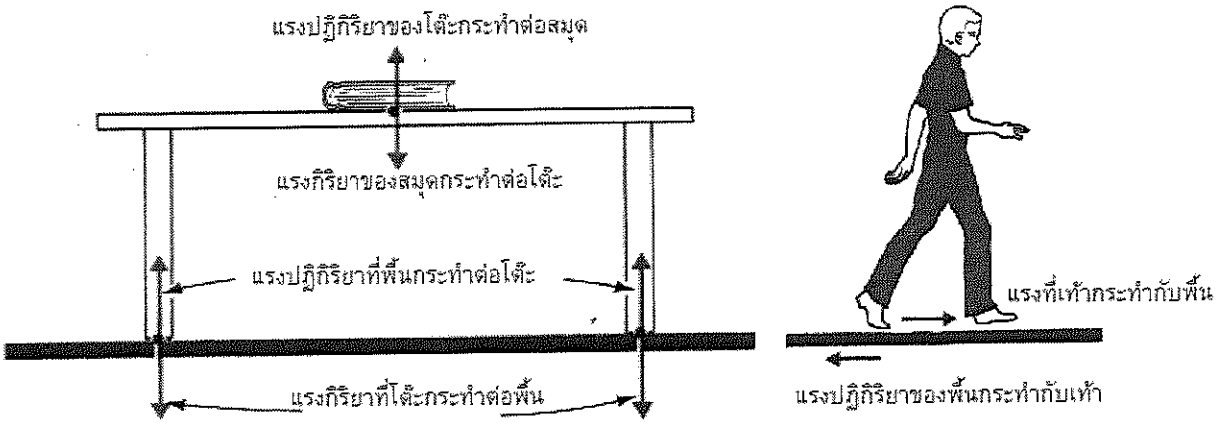
สำหรับในกรณีที่ใช้เชือกดึงวัตถุแขวนไว้ เราสามารถวิเคราะห์หาแรงที่เกี่ยวข้องโดยเขียนแผนภาพของแรงได้ดังภาพ จากรูปแรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุอยู่ที่ใด ?



ภาพวัตถุแขวนจากเพดานด้วยเชือก

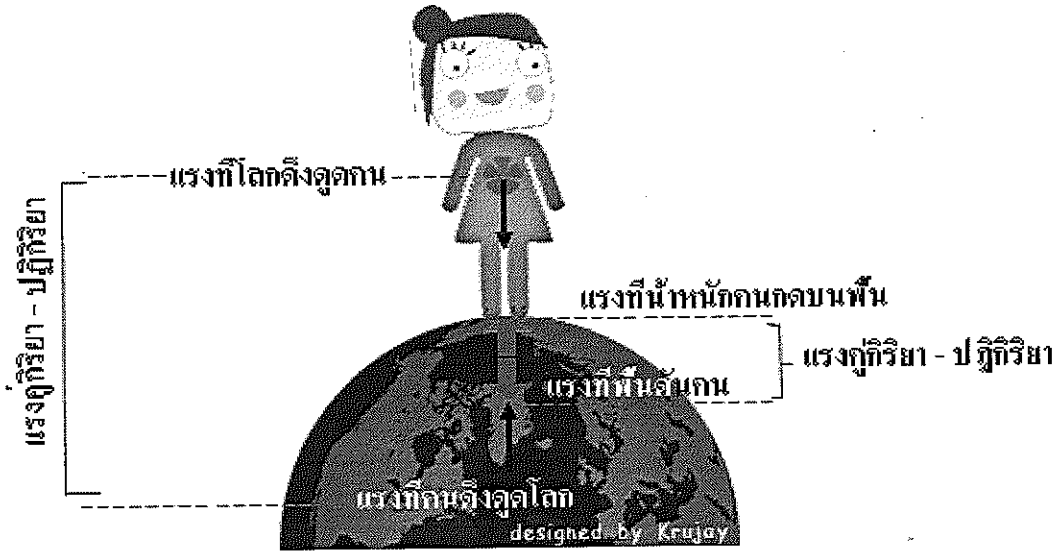
ถ้ามวลของเส้นเชือกน้อยมาก แรงที่ดึงเส้นเชือกทั้งสองปลายจะเท่ากัน (เพราะเส้นเชือกไม่มีน้ำหนัก) และการที่วัตถุอยู่นิ่งหมายถึงแรงที่เชือกดึงวัตถุมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ ทำให้แรงลัพธ์บนวัตถุเป็นศูนย์ ตามกฎของนิวตันจะหาได้ว่าแรงที่เชือกดึงเพดานเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ จึงเสมือนว่า แรงน้ำหนักส่งผ่านเส้นเชือกไปถึงเพดาน แรงที่เพดานดึงเชือกและแรงที่วัตถุดึงเชือกเป็นแรงที่สองปลายของเส้นเชือกมี ขนาดเท่ากันด้วย และทุกส่วนของเส้นเชือกมีแรงดึงซึ่งกันและกัน ทำให้เส้นเชือกตึง แรงดึงในเส้นเชือก นิยม เรียกว่า ความตึง (Tension) ของเส้นเชือก

ลองพิจารณาแรงต่างๆ ดังภาพ แสดงแรงกิริยา – ปฏิกิริยา จะพบว่าเมื่อใดมีแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นเสมอ



(ก) (ข)

ภาพแสดงแรงกิริยา – ปฏิกิริยา



ภาพแรงคู่กิริยา– ปฏิกิริยาที่กระทำระหว่างคนและโลก เมื่อคนยืนอยู่บนผิวโลก

จากตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้นเราสามารถหาแรงคู่ปฏิกิริยาจากการเปลี่ยนประโยคของแรงกิริยา เช่น
- แรงกิริยา คือ แรงที่โลกดึงดูดคน แรงปฏิกิริยา คือ แรงที่คนดึงดูดโลก
(จะเห็นว่าสลับที่กัน)
- แรงกิริยา คือ แรงที่สมุดกระทำต่อโต๊ะแรงปฏิกิริยา คือ แรงที่โต๊ะกระทำต่อสมุด

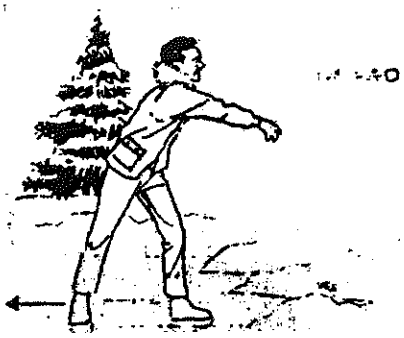
ในกรณีของโลกกับดวงจันทร์ จากกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล (จะได้ศึกษาต่อไป) เราทราบว่า โลกดึงดูดดวงจันทร์และดวงจันทร์ดึงดูดโลกด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศ ตรงข้ามกัน แรงคู่นี้ยังเป็นแรงกิริยา - ปฏิกิริยา ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน นอกจากนี้ยังมีแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ต่างก็เป็นแรงกิริยา - ปฏิกิริยา เช่นเดียวกัน

ดังนั้น **แรงกิริยา - ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเสมอทั้งกรณีที่วัตถุสัมผัสกัน หรือไม่สัมผัสกัน**

สามารถสรุปเกี่ยวกับกฎข้อที่ 3 ได้ว่า

1. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจะเกิดพร้อมกันเสมอ
2. แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยาเป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุคนละวัตถุกัน ดังนั้นแรงคู่นี้จึงรวมกันไม่ได้
3. แรงคู่กิริยา - ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่วัตถุสัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้

คำถามกิจกรรมที่ 5



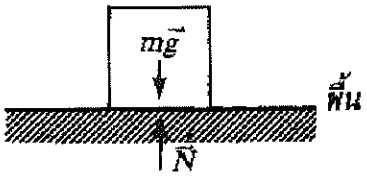
◇ จากรูป คนยืนอยู่บนน้ำแข็งลื่น เมื่อคนขว้างหิมะออกไปจะเป็นเหตุให้คนเคลื่อนไปตามลูกศร เป็นเพราะเหตุใด

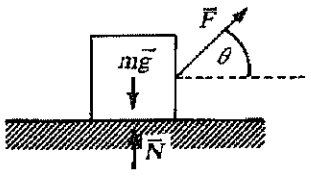
.....

.....

.....

◇ วัตถุมวล m บนพื้นลื่น ดังรูป โดยที่วัตถุไม่ขยับ mg เป็นน้ำหนักของวัตถุ N เป็นแรงที่พื้นกระทำกับวัตถุถามว่า mg กับ N เป็นแรงคู่กิริยา - ปฏิกิริยาหรือไม่





.....

.....

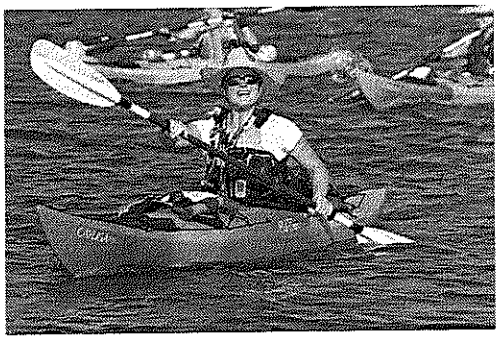
.....

◇ จาก $\vec{T}$ เป็นแรงดึงในเส้นเชือก และ $m\vec{g}$ เป็นน้ำหนักของวัตถุ ถามว่า $\vec{T}$ และ $m\vec{g}$ เป็นคู่กิริยา – ปฏิกิริยาหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....



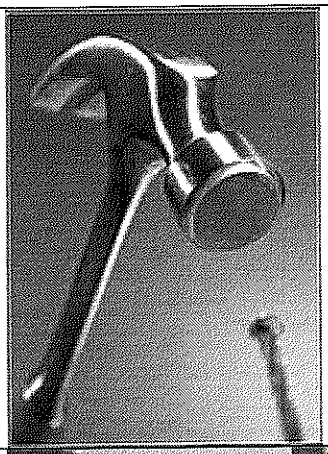
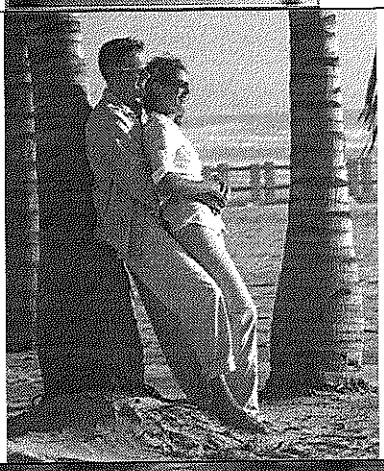
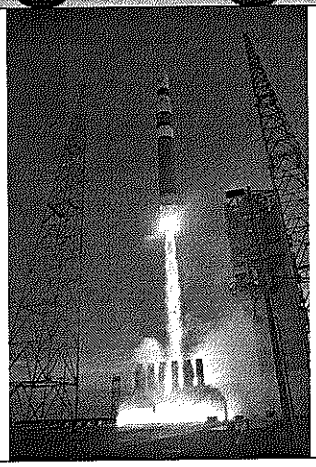
◇ จงวิเคราะห์ว่าแรงใดที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

.....

.....

.....

◇ จากภาพต่อไปนี้ให้นักเรียนบอกแรงคู่กริยา-ปฏิกิริยา (สามารถตอบได้มากกว่า 1 คู่)

สถานการณ์	แรงกริยา	แรงปฏิกิริยา
		
		
		

กิจกรรมที่ 6 เรื่อง น้ำหนักและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (เวลา 2 ชั่วโมง)

สาระสำคัญ น้ำหนัก คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ น้ำหนักจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ วัตถุที่ตกแบบเสรีมีความเร่ง g จะต้องมีแรงกระทำมีค่าเท่ากับ mg และมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางโลกเสมอ น้ำหนักมีหน่วยเป็นนิวตัน ($\bar{W} = m\bar{g}$)

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลกล่าวว่า "วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง จะแปรผันตรงกับ ผลคูณระหว่างมวลของวัตถุทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสองนั้น"

($F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$)

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถทำการทดลองและสรุปเกี่ยวกับน้ำหนักและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของ โลกได้
2. นักเรียนใช้ความรู้เรื่องน้ำหนักและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันในชีวิตประจำวันได้

สื่อการเรียนรู้

กระดาษ การทดลองเสมือนจริง เครื่องเคาะสัญญาณเวลา ถุงทราย แถบกระดาษ หม้อแปลงโวลต์ต่ำ กระดาษกาว

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูทบทวนเกี่ยวกับเรื่องมวลของสาร และตั้งคำถามกับนักเรียนว่ามวลและน้ำหนักแตกต่างกันอย่างไร (เนื่องจากน้ำหนักในชีวิตประจำวันมีหน่วยเป็น kg) มวลคือเนื้อสารเป็นสมบัติติดตัวของสสาร เป็นปริมาณบอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนมีแรงโน้มถ่วงหรือไม่ มวลของสสารต่างๆจะยังคงมีตัวตนอยู่เสมอ ส่วนน้ำหนัก(Weight) เป็นผลของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อมวลสารซึ่งวางอยู่ภายใต้สนามโน้มถ่วงนั้น

กิจกรรมที่ 6

การทดลองการตกอย่างเสรี นักเรียน**ทำนาย**ผล จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย **สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**สรุปได้ว่าวัตถุ ใด ๆ ที่ตกสู่พื้นหรือเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยไม่คิดแรงต้านอากาศ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ซึ่งเรียกว่าความเร่งโน้มถ่วง ค่วามเร่งโน้มถ่วงมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} และมีทิศสู่ศูนย์กลางโลก

การทดลองเสมือนจริงน้ำหนักของเราบนดาวเคราะห์ดวงอื่น นักเรียน**ทำนาย**ผล จากนั้น

ลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**สรุปได้ว่า มวลมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับสถานที่ แต่น้ำหนักจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหนงหรือสถานที่ตามค่าแรงโน้มถ่วง ณ จุดนั้น

ครูอธิบายเพิ่มเติมเรื่องจุดศูนย์กลางมวล และจุดศูนย์กลางความโน้มถ่วง นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถสามารถใช้ความรู้เรื่องน้ำหนักและแรงดึงดูดระหว่างมวลในชีวิตประจำวันได้

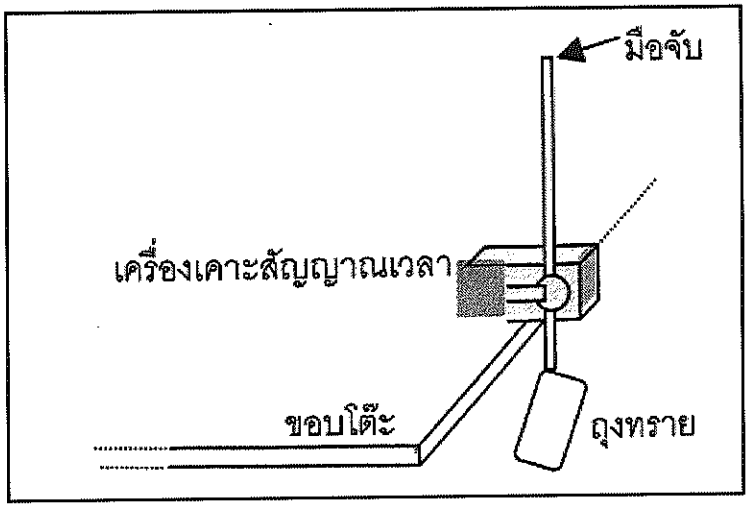
กิจกรรมที่ 6 เรื่อง น้ำหนักและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

การทดลองเรื่อง การตกอย่างเสรีของวัตถุ

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความเร่งของวัตถุที่มีน้ำหนักหรือมวลแตกต่างกันที่ตกอย่างเสรีภายใต้แรงดึงดูดของโลก

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรเครื่องเคาะสัญญาณเวลากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ โดยใช้ AC ขนาด 2 โวลต์
2. สอดแถบกระดาษใต้กระดาษคาร์บอนของเครื่องเคาะสัญญาณ แล้วเอียงเครื่องเคาะสัญญาณดังรูป แล้วผูกปลายกระดาษกับถุงทราย
3. เปิดเครื่องเคาะสัญญาณเวลาพร้อมปล่อยให้ถุงทรายเคลื่อนที่อย่างอิสระ สังเกตจุดบนแถบกระดาษที่ถุงทรายลากผ่าน
4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 และข้อ 3 แต่เพิ่มถุงทรายเป็น 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ
5. นำแถบกระดาษที่ได้มาทั้งสามเปรียบเทียบลักษณะจุดที่เกิดขึ้น บันทึกผล
6. นำข้อมูล ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ความชันของเส้นกราฟแต่ละเส้นคือ ค่าความเร่งของถุงทราย



ภาพการทดลองการตกอย่างเสรีของวัตถุ

ทำนายผลการทดลอง.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง จำนวนถุงทราย.....

จุดบนแถบกระดาษ	ระยะทางใน 2 ช่วงจุดs(cm)	ช่วงเวลา 2 จุด t×1/50 s	ขนาดความเร็วขณะหนึ่ง ใน 2 ช่วงจุด v (cm/s)	เวลาตรงกึ่งกลางแต่ละช่วง t×1/50 s
1				
2				
3				
4				
5				

ตารางบันทึกผลการทดลอง จำนวนถุงทราย.....

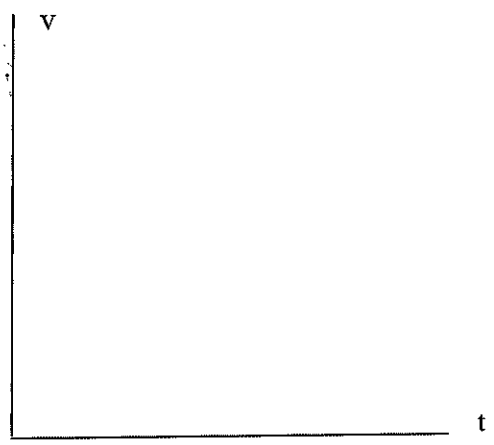
จุดบนแถบกระดาษ	ระยะทางใน 2 ช่วงจุดs(cm)	ช่วงเวลา 2 จุด t×1/50 s	ขนาดความเร็วขณะหนึ่ง ใน 2 ช่วงจุด v (cm/s)	เวลาตรงกึ่งกลางแต่ละช่วง t×1/50 s
1				
2				
3				
4				
5				

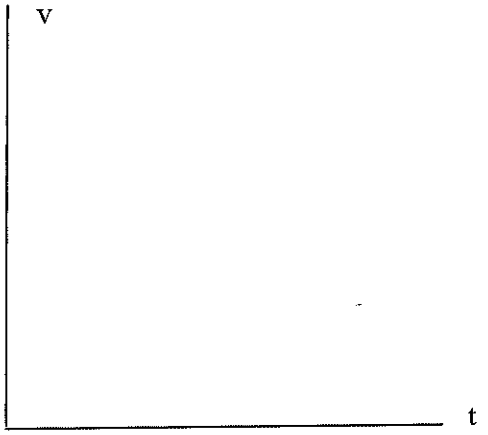
ตารางบันทึกผลการทดลอง จำนวนถุงทราย.....

จุดบนแถบกระดาษ	ระยะทางใน 2 ช่วงจุดs(cm)	ช่วงเวลา 2 จุด t×1/50 s	ขนาดความเร็วขณะหนึ่ง ใน 2 ช่วงจุด v (cm/s)	เวลาตรงกึ่งกลางแต่ละช่วง t×1/50 s
1				
2				
3				
4				
5				

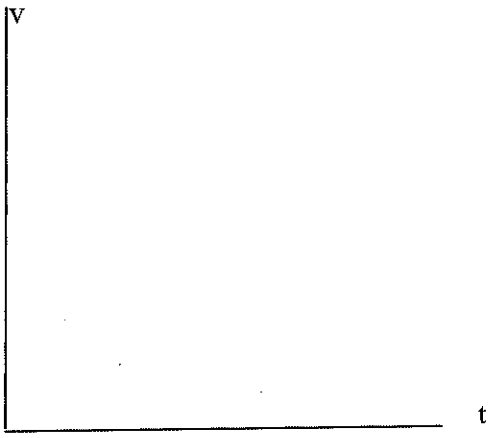
นำข้อมูลในตาราง ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ความชันของเส้นกราฟแต่ละเส้นคือ ค่าความเร่งของรถทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของถุงทรายจำนวนต่างกัน





จำนวนถุงทราย..... จำนวนถุงทราย.....



จำนวนถุงทราย.....

อธิบายผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามการทดลองการตกแบบเสรี

1. จุดที่เกิดขึ้นบนแถบกระดาษทั้งสามแถบ ถุงทรายในแต่ละกรณีเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันหรือไม่

.....

.....

2. กราฟระหว่างขนาดของความเร็ว V และเวลา T ของถุงทรายทั้ง 3 กรณี มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. จากการทดลองขนาดของความเร่ง a และขนาดของมวลถุงทราย มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และความเร่งของถุงทรายคือค่าของอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบผลการทำนายและผลการทดลองและสรุปผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จากการทดลองการตกแบบเสรีของวัตถุใกล้ผิวโลกเราทราบว่า วัตถุ ใด ๆ ที่ตกสู่พื้นหรือเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยไม่คิดแรง ต้านอากาศ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ซึ่งเรียกว่าความเร่งโน้มถ่วง ความเร่งโน้มถ่วงมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} และมีทิศสู่ศูนย์กลางโลก ความเร่งของวัตถุมีค่าคงตัว จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เราทราบว่าจะต้องมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุจึงจะทำให้วัตถุมีความเร่ง ซึ่งแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์นี้ก็คือ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุนั่นเองเราจึงเรียกแรงดังกล่าวนี้ว่า **น้ำหนัก** (Weight) $\bar{W}$ ของวัตถุ

เมื่อพิจารณามวล m ซึ่งตกแบบเสรีด้วยความเร่งคงตัว ซึ่งความเร่งนั้นก็คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หรือความเร่งโน้มถ่วง จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

จาก $\sum \bar{F} = m\bar{a}$

เมื่อ ผลรวมของแรง $\sum \bar{F}$ คือ น้ำหนักของวตถุ $\bar{W}$

และ ความเร่งคงตัว $\bar{a}$ คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก $\bar{g}$

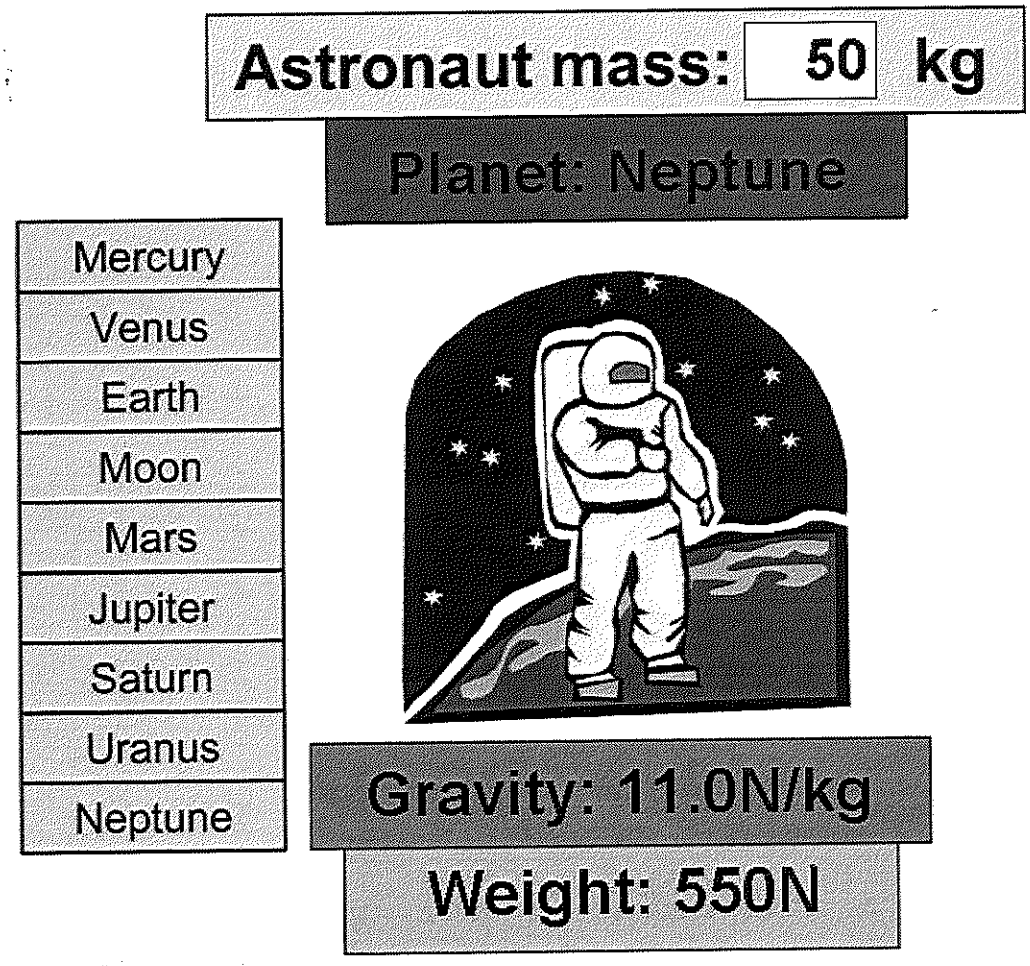
จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน จะเขียนน้ำหนัก $\bar{W}$ ของวัตถุได้เป็น

$$\bar{W} = m\bar{g}$$

การทดลองเสมือนเรื่อง น้ำหนักของเราบนดาวเคราะห์ดวงอื่น

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนักของวัตถุเมื่อแรงโน้มถ่วงต่างกัน

วิธีการทดลอง เลือกดาวเคราะห์แต่ละดวงสังเกตค่าน้ำหนัก บันทึกผล



ทำนายผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

มวล ..... (kg)

Planet	Gravity (N/kg)	Weight (N)

อธิบายผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบผลการทำนายและผลการทดลองและสรุปผล

.....

.....

.....

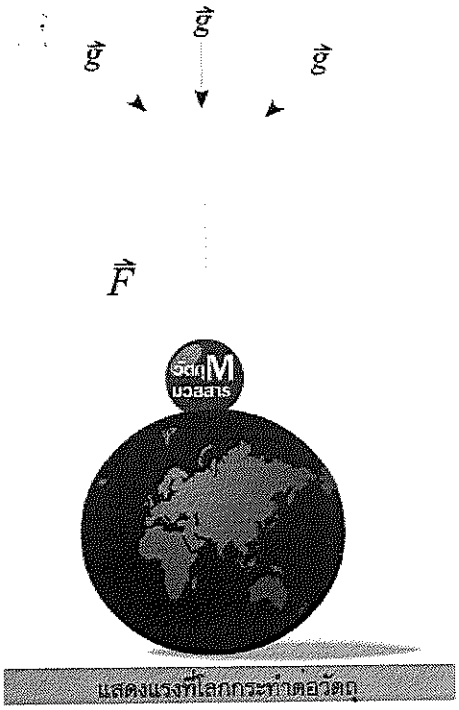
.....

.....

.....

.....

จากการทดลองน้ำหนักวัตถุบนดาวดวงอื่น น้ำหนักวัตถุมวล m บริเวณผิวโลกมีขนาดเท่ากับ เกิดจากแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุถ้าวัตถุอยู่ที่ผิวของดวงดาวอื่นน้ำหนักวัตถุจะเปลี่ยนไปโดยมีค่าเท่ากับแรงดึงดูดของดาวดวงนั้นกระทำต่อวัตถุนั้น น้ำหนักของวัตถุมวล m คงเท่ากับ mg แต่จะมีค่า mg เปลี่ยนไปตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน



แสดงแรงที่โลกกระทำต่อวัตถุ

น้ำหนักของวัตถุมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของมวลและค่า g ซึ่งมวลของวัตถุมีค่าคงตัวเสมอไม่ว่าอยู่ ณ ที่ใด แต่ค่า g ณ บริเวณต่าง ๆ ทั่วโลกจะมีค่าแตกต่างกันไป เช่น ที่ศูนย์สูตร g มีค่า 9.78 m/s^2 หรือที่ขั้วโลก g มีค่า 9.83 m/s^2 ดังนั้น น้ำหนักของวัตถุอันเดียวกัน เมื่อชั่ง ณ สถานที่ต่างกันอาจมีค่าแตกต่างกันได้เพราะ g ต่างกัน

เนื่องจากในบริเวณเดียวกันค่า g จะเท่ากัน ถ้าพิจารณาวัตถุสองก้อนซึ่งแต่ละก้อนมีมวล m_1 และ m_2 ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างมวลของวัตถุทั้งสองจะสัมพันธ์กับอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุทั้งสอง คือ

ขนาดน้ำหนักของมวล m_1 หาได้จาก $W_1 = m_1 g$

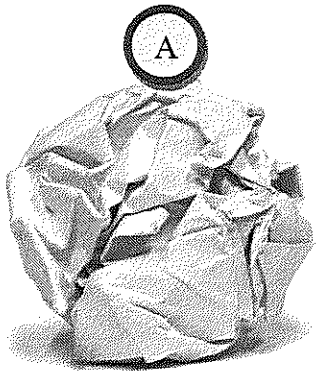
ขนาดน้ำหนักของมวล m_2 หาได้จาก $W_2 = m_2 g$

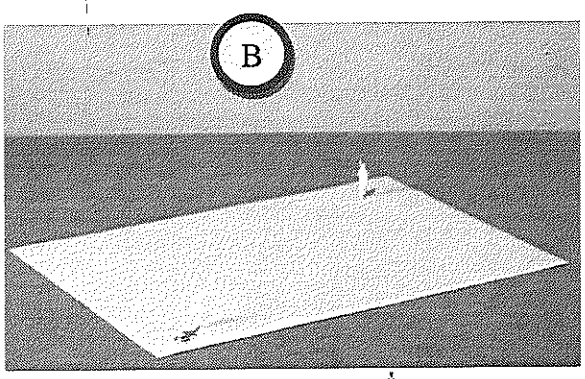
จะได้ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของมวลทั้งสองเป็น

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

จะเห็นได้ว่า **อัตราส่วนระหว่างมวลของวัตถุสองก้อนจะเท่ากับอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุ ทั้งสองเมื่ออยู่ในบริเวณเดียวกัน**

คำถามกิจกรรมที่ 6.1





1. กระดาษสองแผ่น A และ B มีมวลเท่ากัน แผ่น A ถูกขยำ เมื่อปล่อยกระดาษทั้งสองให้ตกจากตำแหน่งความสูงที่เท่ากัน เหตุใดกระดาษจึงตกถึงพื้นไม่พร้อมกัน เมื่อความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าคงตัว ประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2}

.....

.....

.....

.....

2. นายสมชายมีมวล 60 กิโลกรัม ถ้านายสมชาย อยู่ที่ผิวโลกและดวงจันทร์ นายสมชายจะมีน้ำหนักอย่างไรถ้าอัตราเร่งโน้มถ่วงที่ผิวโลกเป็น 6 เท่าของที่ผิวดวงจันทร์

วิธีทำ ที่ผิวโลก: จาก W = ...

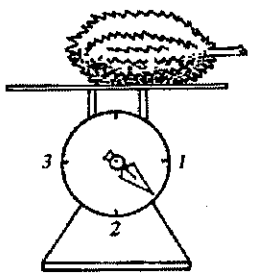
W_e = ... = ...

ที่ผิวดวงจันทร์ $W_จ$ = ...

= .....

= .....

นั่นคือ ที่ผิวโลกและที่ผิดวงจันทร์นายสมชายจะหนัก ..... และ .....นิวตัน



3. จากรูป เครื่องชั่งน้ำหนักที่แม่ค้าใช้กำลังชั่งทุเรียนลูกหนึ่งเข็ม 1.5 กิโลกรัมพอดี แสดงว่าทุเรียนลูกนี้หนัก 1.5 กิโลกรัม หมายความว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

แรง เป็นปริมาณอย่างหนึ่งที่เป็นผลให้วัตถุนั้นพยายามที่จะเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม โดยส่วนใหญ่จะมีความคุ้นกับแรงที่เกิดจากการสัมผัสกับวัตถุ แต่การเปลี่ยนสภาพของวัตถุก็ไม่ได้เกิดจากแรงที่สัมผัสกับวัตถุ เช่น การตกอย่างอิสระของวัตถุ การตกของอุกาบาต การโคจรรอบรอบของดาวเทียม และดวงจันทร์ การเคลื่อนที่ของดาราเคราะห์ต่างๆ ที่โคจรรอบโลก

นิวตันสรุปว่า **"วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง จะแปรผันตรงกับ ผลคูณระหว่างมวลของวัตถุทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสองนั้น"**

จะได้ $F_G \quad \alpha \quad \frac{m_1 m_2}{R^2}$

$$F_G = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$$

เมื่อ F_G คือ แรงดึงดูดซึ่งกันและกันระหว่างมวล มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

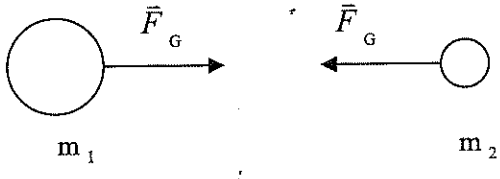
G คือ ค่านิจโน้มถ่วงสากล = 6.67×10^{-11} N.m2 / kg^2

m_1 คือ มวลของวัตถุหนึ่ง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

m_2 คือ มวลของวัตถุอีกวัตถุหนึ่ง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

R คือ ระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

แรงดึงดูดระหว่างมวล (F_G) เป็นแรงกระทำร่วม ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ดังรูป



แสดงแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุคู่หนึ่ง

ตัวอย่าง 1 มวลสองก้อนขนาด 10 และ 10,000 กิโลกรัม วางห่างกัน 10 เซนติเมตร ถามว่ามวลก้อนเล็กดูดมวลก้อนใหญ่ด้วยแรงเท่าไร ทั้งนี้ไม่คิดแรงอื่นเลย

วิธีทำ จาก $$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

$$F_G = \frac{(6.67x10^{-11})(10)(10{,}000)}{(10x10^{-2})^2}$$

$$= 6.67\text{x}10^{-4} \text{ N}$$

นั่นคือ มวลก้อนเล็กดูดมวลก้อนใหญ่ด้วยแรง $6.67\text{x}10^{-4}$ นิวตัน

หมายเหตุ ถ้าโจทย์ถามว่ามวลก้อนใหญ่ดูดมวลก้อนเล็กด้วยแรงเท่าไร

จะได้คำตอบ $6.67\text{x}10^{-4}$ N เท่ากัน

ตัวอย่าง 2 นายมุ่งมั่น มีมวล 50 กิโลกรัม นั่งห่างจาก นางสาวพอใจ ซึ่งมีมวล 40 กิโลกรัม เป็นระยะ 2 เมตร คนทั้งสองมีแรงกระทำซึ่งกันและกันเท่าใด ถ้าต้องการให้เกิดแรงนี้เป็น 4 เท่าของแรงเดิม จะต้องทำอย่างไร

วิธีทำ จาก $$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

$$F_G = \frac{(6.673x10^{-11})(50)(40)}{(2)^2}$$

$$F_G = 3.3\text{x}10^{-8} \text{ N}$$

ตอบ คนทั้งสองมีแรงกระทำซึ่งกันและกันเท่ากับ $3.3\text{x}10^{-8}$ นิวตัน

ถ้าต้องการให้เกิดแรงนี้เป็น 4 เท่าของแรงเดิม จะต้องทำอย่างไร

จาก $F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$

จะได้ $\frac{F_2}{F_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$

$R_2^2 = R_1^2 \frac{F_1}{F_2}$

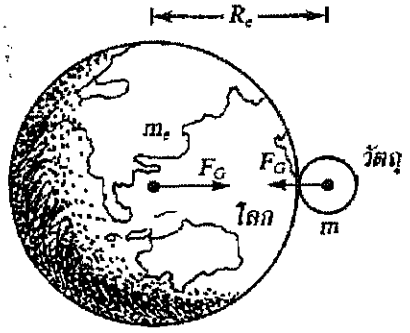
$R_2^2 = (2)^2 \text{x} \frac{3.3\text{x}10^{-8}}{4\,(3.3\text{x}10^{-8})}$

$R_2 = 1 \text{ m}$

ตอบ ถ้าต้องการให้เกิดแรงนี้เป็น 4 เท่าของแรงเดิม จะต้องทำคนทั้งสองนั่งห่างกัน 1 เมตร

คำถามกิจกรรมที่ 6.2

1. จากภาพวัตถุมวล m วางบนผิวโลก ซึ่งมีรัศมี 6.37×10^6 เมตร จงใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน คำนวณหามวลของโลก



ให้มวลของโลกเป็น m_e และ มวลของวัตถุเป็น m

รัศมีของโลก เท่ากับ 6.37×10^6 เมตร

จากน้ำหนักของวัตถุ W = mg โดย น้ำหนักของวัตถุ คือ แรงดึงดูดระหว่างมวล

ดังนั้น W = ...

จากสมการแรงดึงดูดระหว่างมวล

F_G = ...

ดังนั้น ..... $= \frac{Gmm_e}{R^2}$ จะได้ m_e = ...

m_e = ... = ...kg

นั่นคือ มวลของโลกเป็น ..... kg

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันสามารถนำไปหาค่า g ที่ตำแหน่งต่างๆ ที่อยู่ห่างจากโลกได้ ซึ่งใช้สูตร $g = \frac{Gm_e}{R_e^2}$

2. ถ้าอัตราเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาที2 ที่ผิวโลกอยากทราบว่าอัตราเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกเป็น 3 เท่าของรัศมีโลกจะเป็นเท่าไร

จาก $g = \frac{Gm_e}{R_e^2}$

ที่ผิวโลก $g_1 = \frac{Gm_e}{R_e^2}$ ..... (1)

ที่ไกลออกไป $g_2 = \frac{Gm_e}{(3R_e)^2}$ ..... (2)

(1) ÷ (2) $\frac{g_1}{.....} = \left(\frac{.....}{.....}\right)^2$

$\frac{g_1}{.....} =$ .....

g_2 = ... = ... m/s^2

นั่นคือ อัตราเร่งโน้มถ่วงที่ระยะนั้นมีค่า ..... เมตรต่อวินาที^{2}

3. ดาวดวงหนึ่งมีมวล 8×10^5 กิโลกรัม รัศมี 5×10^4 เมตร มีดวงจันทร์เป็นบริวารซึ่งมีมวล 3×10^3 กิโลกรัม แรงดึงดูดระหว่างมวลของดาวดวงนี้กับดวงจันทร์เป็นเท่าใด

.....

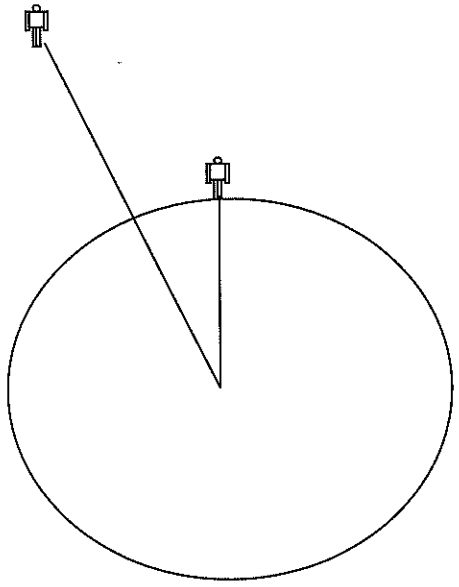
.....

.....

.....

.....

4. ชายคนหนึ่งหนัก 900 นิวตัน ที่ผิวโลก ถ้าเขาไปชั่งน้ำหนัก ณ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดศูนย์กลางโลกเป็นรัศมี 3 เท่าของรัศมีโลก เขาจะหนักเท่าไร



จาก $F_G = \frac{Gmm_e}{R^2}$

F_G = W

W_1 = น้ำหนักชายคนนี้ที่ผิวโลก = 900 นิวตัน

W_2 = น้ำหนักชายคนนี้ที่ระยะห่างเป็น3 เท่าของรัศมีโลก

R_1 = R (รัศมีโลก)

R_2 = 3R (3 เท่าของรัศมีโลก)

m_1 = มวลของคน

m_2 = มวลของโลก

จะได้ $W = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$

แทนค่า W_1 = ... (1)

W_2 = ... (2)

(2)/(1), $\frac{W_2}{W_1}$ = .../.....

จะได้ $\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{.....}{.....}\right)^2$

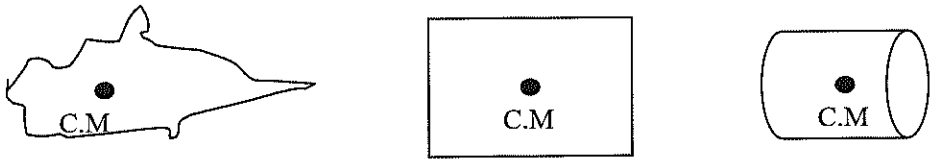
ดังนั้น W_2 = ...

แทนค่า, W_2 = ...= .....

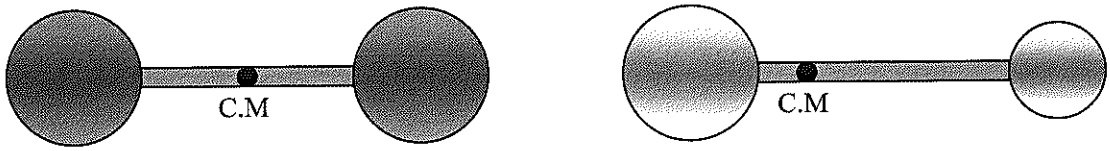
นั่นคือ ชายคนนี้จะมีน้ำหนักเท่ากับ ..... นิวตัน

จุดศูนย์กลางมวล และจุดศูนย์กลางความโน้มถ่วง

จุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass , C.M.) หมายถึง จุดซึ่งเสมือนเป็นที่รวมมวลของวัตถุทั้งก้อน (กรณีมีวัตถุก้อนเดียวกัน) หรือเสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งระบบ (กรณีมีวัตถุหลายก้อนรวมกันเป็นระบบ) เมื่อออกแรงในแนวระดับกระทำต่อวัตถุนี้ในแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปโดยไม่เกิดการหมุน แต่ถ้าแนวแรงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล จะทำให้วัตถุเกิดการหมุน

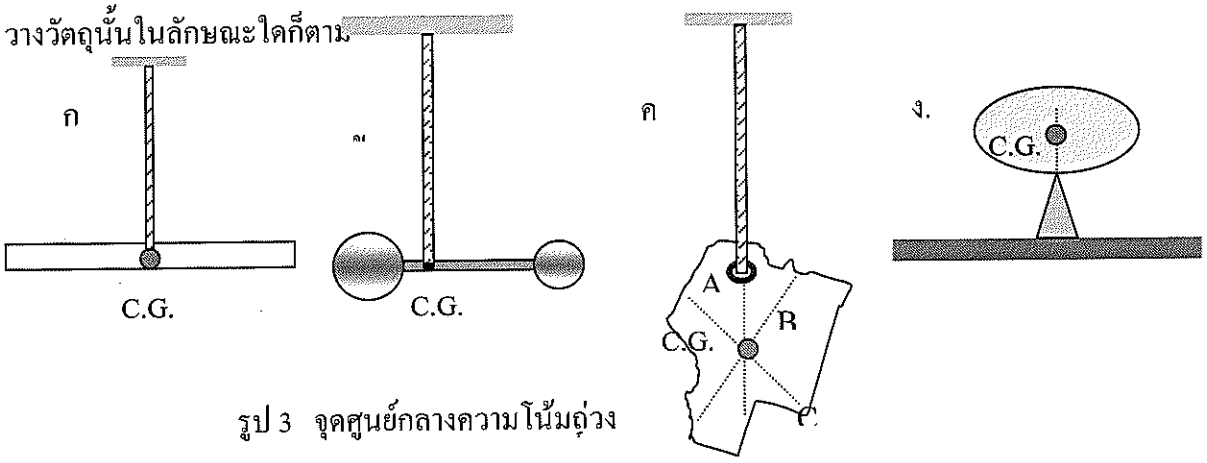


รูป 1. วัตถุก้อนเดียว



รูป 2. วัตถุหลายก้อน

จุดศูนย์กลางความโน้มถ่วง (Center of Gravity , C.G.) หมายถึง จุดเสมือนเป็นที่รวมน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน (กรณีมีวัตถุก้อนเดียว) หรือเสมือนเป็นที่รวมของน้ำหนักทั้งระบบ (กรณีมีวัตถุหลายก้อนรวมกันเป็นระบบ) เป็นจุดซึ่งแนวน้ำหนักของวัตถุผ่านเสมอ ไม่ว่าจะแขวน หรือวางวัตถุนั้นในลักษณะใดก็ตาม



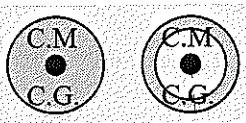
รูป 3 จุดศูนย์กลางความโน้มถ่วง

รูป 3. ก และ ข. เอาเชือกผูกวัตถุ แล้วแขวน เมื่อวัตถุสมดุลในแนวระดับจุดที่ผูกเชือกคือ จุด C.G.

รูป 3. ค แขวนวัตถุด้วยเชือกที่ตำแหน่งต่างๆ จุดที่แนวของเส้นเชือกตัดกัน คือ จุด C.G.

รูป 3. ง วัตถุสมดุลอยู่ได้ เพราะแนวแรงที่ปลายแหลมผ่านจุด C.G.

ข้อควรจำ



1. จุด C.M. มีได้เพียงจุดเดียว แต่จุด C.G. มีได้หลายจุด (ขึ้นอยู่กับค่า g)
2. บริเวณที่ค่า g คงที่ จุด C.M. และ จุด C.G. อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน แต่ถ้า g ไม่ คงที่ จุด C.M. และจุด C.G. ไม่อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน
3. จุด C.M. และ จุด C.G. อาจอยู่ภายในเนื้อวัตถุหรือภายนอกเนื้อวัตถุ

สรุปเกี่ยวกับเรื่องน้ำหนักและแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 7 เรื่อง แรงเสียดทาน (เวลา 2 ชั่วโมง)

สาระสำคัญ แรงเสียดทาน คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่นั้น จะมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ ขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กดลงไปบนพื้นผิวสัมผัส และคุณสมบัติเฉพาะตัวของผิวสัมผัสนั้นๆ ($f = \mu N$)

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถทำการทดลองและสรุปแรงเสียดทานได้
2. นักเรียนใช้ความรู้เรื่องแรงเสียดทานอธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

สื่อการเรียนรู้

หนังสือ สมุด ปากกา รูปภาพ แผ่นไม้ เครื่องชั่งสปริง ถุงทราย

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนผลักสิ่งของบนโต๊ะ สังเกตว่าสิ่งของจะเคลื่อนที่ได้ระยะหนึ่งและหยุด ครูทบทวนเกี่ยวกับกฎข้อที่ 1 การที่เราปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่วัตถุจะต้องรักษาสภาพการเคลื่อนที่ แต่เมื่อมันหยุดแสดงว่าจะต้องมีแรงภายนอกอื่นที่มาต้านการเคลื่อนที่ (แรงนั้นคือแรงเสียดทาน)

กิจกรรมที่ 7

การทดลองเรื่องแรงเสียดทาน นักเรียน**ทำนาย**ผล จากนั้นลงมือปฏิบัติพิสูจน์คำทำนาย**สังเกต**บันทึกผลและเปรียบเทียบผลการทำนายและ**อธิบาย**สรุปได้ว่าเมื่อแผ่นไม้อยู่ นิ่ง ขนาดของแรงเสียดทานจะมีค่า เท่ากับขนาดของแรงดึงแผ่นไม้แต่มีทิศตรงกันข้าม เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อแผ่นไม้เป็นศูนย์ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน และขนาดของแรงเสียดทานเพิ่มตามขนาดของแรงดึงที่เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากในที่สุด เรียกแรงเสียดทานนี้ว่า **แรงเสียดทานสถิต (Static friction)** f_s เมื่อไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อแผ่นไม้เป็นศูนย์ แรงเสียดทานขณะนั้นมีค่าเท่ากับแรงที่ดึงแต่มีทิศตรงกันข้าม แรงเสียดทานขณะที่ไม้มีการเคลื่อนที่จะเรียกว่า **แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction)** f_k และแรงเสียดทานจะแปรผันตรงกับแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉากกับพื้น

ครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถสามารถใช้ความรู้เรื่องแรงเสียดทานอธิบายการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันได้

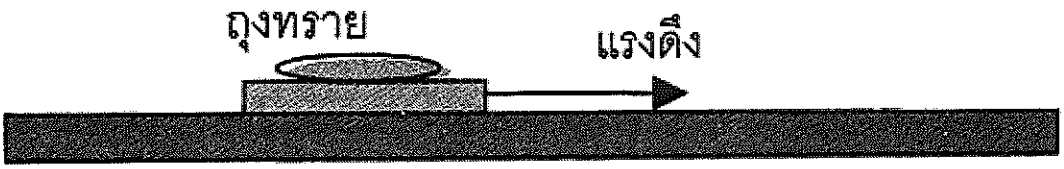
กิจกรรมที่ 7 เรื่อง แรงเสียดทาน

การทดลองเรื่อง แรงเสียดทาน

จุดประสงค์การทดลอง 1. เพื่อศึกษาขนาดและทิศของแรงเสียดทาน

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและน้ำหนักของวัตถุ

วิธีทดลอง



ตอนที่ 1 แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์

ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวกับขอเกี่ยวของแผ่นไม้ ซึ่งวางอยู่บนรางไม้ และใช้ถุงทราย 1 ถุง วางทับแผ่นไม้ดังรูป เริ่มต้นออกแรงน้อย ๆ แล้วค่อยๆ เพิ่มแรงดึง สังเกตแรงที่อ่านได้ก่อนที่แผ่นไม้จะเริ่มเคลื่อนที่ บันทึกแรงดึงที่ทำให้แผ่นไม้เริ่มเคลื่อนที่ และแรงที่ทำให้แผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว อย่างละประมาณ 5-7 ค่า แล้วหาค่าเฉลี่ยในสองกรณี

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานสถิตและแรงกดในแนวตั้งฉาก

จัดรางไม้ให้พื้นรางอยู่ในแนวระดับ ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวขอเกี่ยวของแผ่นไม้ที่มีถุงทรายวางทับอยู่ 1 ถุง ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้ทิศของแรงดึงอยู่ในทิศของแนวระดับ เพิ่มแรงจนทำให้แผ่นไม้และถุงทรายเริ่มจะเคลื่อนที่ บันทึกค่าแรงดึงนี้ ทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มถุงทรายวางทับแผ่นไม้เป็น 2,3 และ 4 ถุง เขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดึงที่ทำให้เริ่มเคลื่อน ที่ (F) กับน้ำหนักของถุงทรายรวมกับขนาดของน้ำหนักแผ่นไม้ (W) หาความชันของเส้นกราฟ ค่าความชันคือค่าอะไร

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานจลน์และน้ำหนักของวัตถุ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 2 แต่ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงเพื่อดึงแผ่นไม้ที่มีถุงทรายวางทับให้เคลื่อน ที่ด้วยความเร็วคงตัว บันทึกขนาดของแรงดึง (F) และขนาดของน้ำหนักถุงทรายรวมกับน้ำหนักแผ่นไม้ (W) เขียนกราฟระหว่าง F กับ W หาความชันของเส้นกราฟ ความชันกรณีนี้คือค่าอะไร

ทำนายผลการทดลอง

ตอนที่ 1.....

.....

.....

ตอนที่ 2.....

.....

.....

ตอนที่ 3.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1

ลักษณะถุงทราย	แรงดึงถุงทราย (N)						
	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย
หยุดนิ่ง							
เริ่มจะเคลื่อนที่							
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว							

คำถาม

◇ ขณะออกแรงดึงแผ่นไม้ มีแรงเสียดทานกระทำต่อแผ่นไม้หรือไม่

.....

.....

◇ เมื่อออกแรงดึงแผ่นไม้แต่ละกรณี แรงลัพธ์ที่กระทำต่อแผ่นไม้มีค่าเท่าใดอธิบาย

.....

.....

◇ เมื่อออกแรงดึงแผ่นไม้แต่ละกรณี แรงเสียดทานมีขนาดเท่าใด และมีทิศเท่าใด

.....

.....

◇ แรงเสียดทานในกรณีใดมีค่ามากกว่า

.....

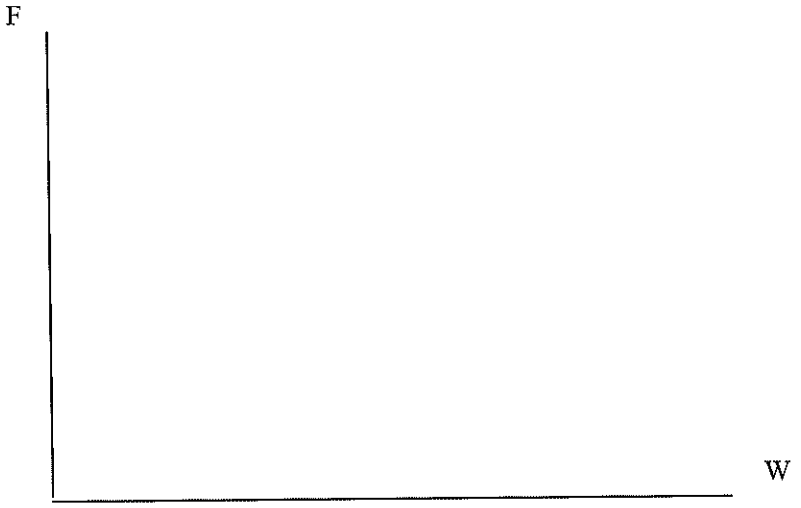
.....

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2

น้ำหนักของแผ่นไม้..... N

จำนวนถุงทราย (ถุง)	น้ำหนักถุงทราย (N)	แรงดึงถุงทรายขณะที่ถุงทรายเริ่มจะเคลื่อนที่(N)
1		
2		
3		

เขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดึงที่ทำให้เริ่มเคลื่อนที่ (F) กับน้ำหนักของถุงทรายรวมกับขนาดของน้ำหนักแผ่นไม้ (W) หาความชันของเส้นกราฟคือค่าอะไร



วิเคราะห์กราฟหาความชัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

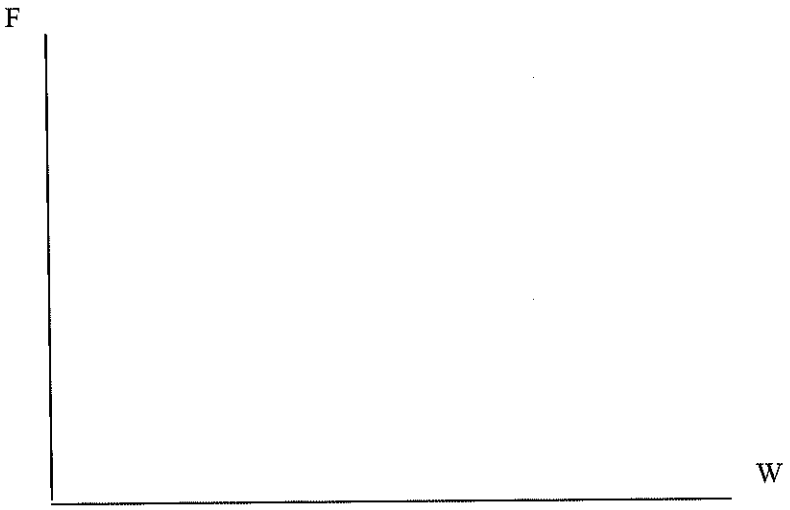
.....

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 3

น้ำหนักของแผ่นไม้..... N

จำนวนถุงทราย (ถุง)	น้ำหนักถุงทราย (N)	แรงดึงถุงทรายขณะที่ถุงทราย เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว(N)
1		
2		
3		

เขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดึงที่ทำให้เริ่มเคลื่อนที่ (F) กับน้ำหนักของถุงทรายรวมกับขนาดของน้ำหนักแผ่นไม้ (W) หาความชันของเส้นกราฟคือค่าอะไร



วิเคราะห์กราฟหาความชัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถาม

◇ กราฟที่ได้จากการทดลองทั้งสองตอนมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

◇ จากกราฟ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับน้ำหนักได้อย่างไร

.....

.....

.....

◇ ความชันของเส้นกราฟจากการทดลองทั้งสองตอนเท่ากันหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากันกราฟใดมีความชันมากกว่า

.....

.....

.....

เมื่อนำผลการทดลองตอนที่ 1 ตอนที่ 2 ตอนที่ 3 มาวิเคราะห์ สามารถสรุปผลการทดลอง ได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เปรียบเทียบผลการสังเกตและผลการทำนาย.....

.....

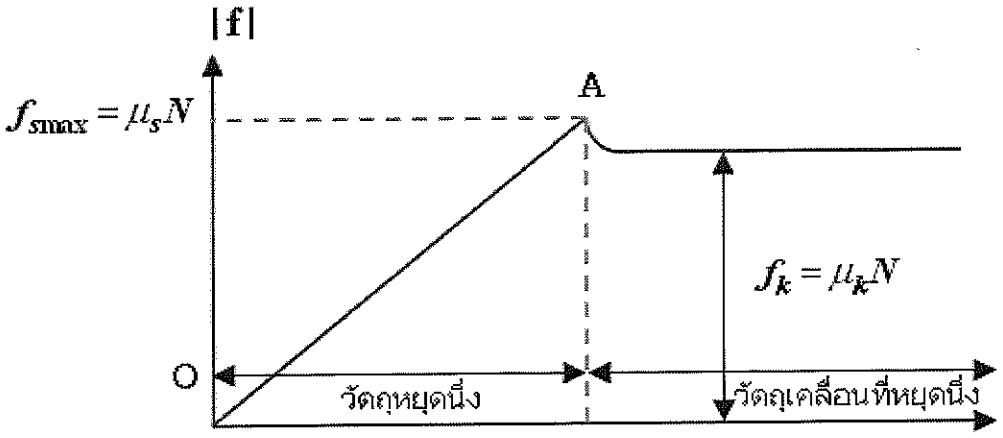
.....

.....

.....

จากการทดลองตอนแรกสรุปได้ว่าเมื่อแผ่นไม้อยู่ นิ่งขนาดของแรงเสียดทานจะมีค่า เท่ากับขนาดของแรงดึงแผ่นไม้แต่มีทิศตรงกันข้าม เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อแผ่นไม้เป็นศูนย์ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน และขนาดของแรงเสียดทานเพิ่มตามขนาดของแรงดึงที่เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากในที่สุด เรียกแรงเสียดทานนี้ว่า **แรงเสียดทานสถิต (Static friction) f_s**

หลังจากเริ่มเคลื่อนที่แล้ว ปกติจะใช้แรงที่น้อยลงในการทำให้แผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว การที่แผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวบนพื้นราบแสดงว่า แรงลัพธ์ในแนวราบมีค่าเป็นศูนย์ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แสดงว่าแรงเสียดทานขณะนั้นมีค่าเท่ากับแรงที่ดึงแต่มีทิศตรงกันข้าม แรงเสียดทานขณะที่ไม้มีการเคลื่อนที่จะเรียกว่า **แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction) f_k**



กราฟระหว่างแรงเสียดทาน f_s, f_k และแรงดึง

จากการทดลองจะพบว่าแรงเสียดทานจลน์แปรผันตรงกับแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉากกับพื้น (ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงกดพื้นในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส อาจจะนับว่าเป็นแรงกดสำหรับผิว) เมื่ออยู่บนพื้นราบแรงนี้จะมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ ความเป็นปฏิภาคนี้สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานและ แรงกดระหว่างผิวในแนวตั้งฉากกับผิวได้ว่า

$$f_k = \mu_k N$$

ในเมื่อ f_k เป็นแรงเสียดทานจลน์ N เป็นรงกดระหว่างผิว ในแนวตั้งฉากกับผิวหรือแรงที่ผิวกระทำกับวัตถุในแนวตั้งฉากซึ่งมีค่าเท่ากัน μ_k เป็นค่าคงตัวของการเป็นปฏิภาคเรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ (Coefficient of kinetic friction) จากการทดลองพบว่า μ_k ขึ้นกับชนิดของผิวสัมผัสแต่ละคู่

ค่าของแรงที่มากที่สุดที่เริ่มทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้เรียก แรงเสียดทานสถิตสูงสุด ให้เป็น f_s และจะสัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉากกับผิว N ในทำนองเดียวกันกับสมการแรกคือ

$$f_{s,\max} = \mu_s N$$

เมื่อf_s เป็นแรงเสียดทานสถิต μ_sเป็นค่าคงตัวของการแปรผันที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (coefficient of static friction)

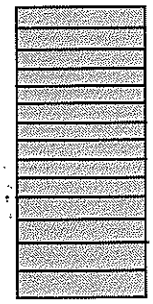
μเป็นอักษรกรีกอ่านว่าว่า มิว μ_k และ μ_sในสมการทั้งสองจึงอ่านว่ามิวเค และมิวเอสตามลำดับ

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต μ_sและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ μ_kที่หาได้จากการทดลองมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสดังตาราง 3.1 ซึ่งพบว่า สำหรับผิวสัมผัสคู่หนึ่งสัมประสิทธิ์เสียดทานสถิตμ_s มีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ μ_kเสมอ

ตารางสัมประสิทธิ์เสียดทานสถิต (μ_s)มีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ (μ_k)

ผิวสัมผัส	μ_s	μ_k
ไม้กับไม้	0.70	0.40
เหล็กกล้ากับเหล็กกล้า	0.74	0.57
อะลูมิเนียมกับเหล็กกล้า	0.61	0.47
ทองแดงกับเหล็กกล้า	0.53	0.36
ทองเหลืองกับเหล็กกล้า	0.51	0.44
แก้วกับแก้ว	0.94	0.40
ทองแดงกับแก้ว	0.68	0.53
ยางกับคอนกรีต (แห้ง)	1.0	0.80
ยางกับคอนกรีต (เปียก)	0.30	0.25
ล้อยางกับถนน (แห้ง)	0.90	0.65
ล้อยางกับถนน (เปียก)	0.70	0.55

คำถามกิจกรรมที่ 7 เรื่อง แรงเสียดทาน



◇ เพราะเหตุใดเวลาที่นักเรียนดึงหนังสือที่อยู่ด้านล่างออกจากกองหนังสือ ซึ่งวางซ้อนกันอยู่จำนวนมากดังภาพ จึงดึงออกได้ยาก

.....

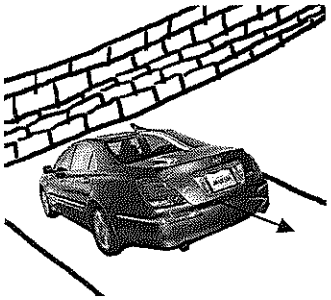
.....

.....

◇ จงวิเคราะห์ การเกิดแรงเสียดทาน ในสถานการณ์ต่อไปนี้

ก. คนเดิน

ข. เด็กขี่รถจักรยาน



ค. รถเคลื่อนที่ถอยหลัง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

◇ ยกตัวอย่าง และอธิบาย เครื่องมือเครื่องใช้ที่อาศัยหลักการลดแรงเสียดทาน 3 อย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

◇ ยกตัวอย่าง และอธิบาย เครื่องมือเครื่องใช้ที่อาศัยหลักการเพิ่มแรงเสียดทาน 3 อย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

◇ อุบัติเหตุบนถนนเกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

◇ ออกแบบวิธีการ เพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

.....

◇ วัตถุหนึ่งมวล 10 กิโลกรัม วางบนพื้น เมื่อออกแรงกระทำ 80 นิวตันขนานกับพื้น จะทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนได้พอดี ถ้าออกแรง 90 นิวตัน จะเกิดความเร่ง 1.5 เมตรต่อ(วินาที)^2 จงหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

1. หาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (μ_s)

เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ได้พอดีแสดงว่า $\Sigma F = 0$; $F = f_s$

$$\dots f_s \dots = \mu_s N \quad , N = mg = 100 \text{ N}$$

$$\mu_s = \dots\dots\dots\dots$$ **ตอบ**

2. หาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ (μ_k)

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แสดงว่า $\Sigma F = ma$

$$F - f_k = ma$$

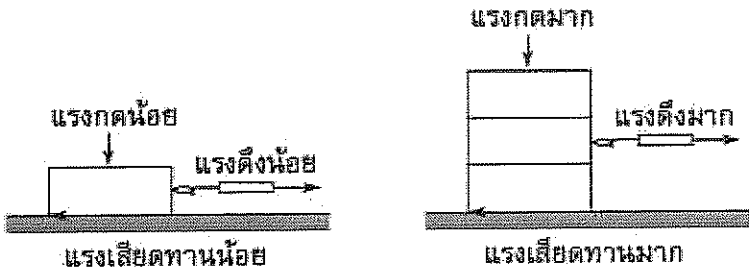
$$\dots\dots - \mu_k N = (\dots\dots)(\dots\dots)$$

$$\mu_k = \dots\dots\dots\dots$$ **ตอบ**

ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

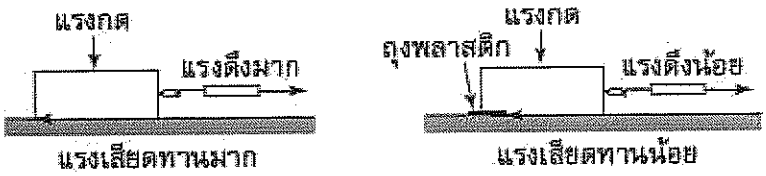
แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1. แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส ถ้าแรงกดตัวฉากกับผิวสัมผัสมากจะเกิดแรงเสียดทานมาก ถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสน้อยจะเกิดแรงเสียดทานน้อย ดังรูป



รูป ก แรงเสียดทานน้อย รูป ข แรงเสียดทานมาก

2. ลักษณะของผิวสัมผัส ถ้าผิวสัมผัสหยาบ ขรุขระจะเกิดแรงเสียดทานมาก ดังรูป ก ส่วนผิวสัมผัสเรียบลื่นจะเกิดแรงเสียดทานน้อยดังรูป ข



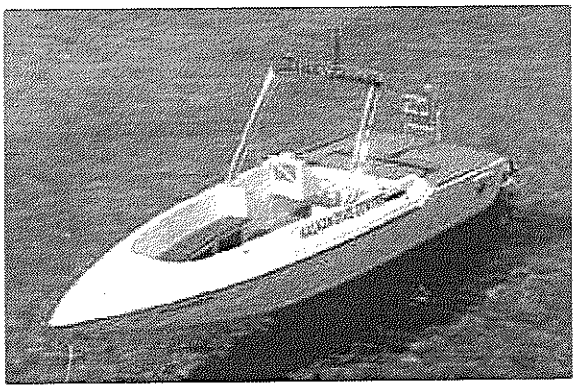
รูป ก แรงเสียดทานมาก รูป ข แรงเสียดทานน้อย

3. ชนิดของผิวสัมผัส เช่น คอนกรีตกับเหล็ก เหล็กกับไม้ จะเห็นว่าผิวสัมผัสแต่ละคู่ มีความหยาบขรุขระ หรือเรียบลื่น เป็นมันแตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงเสียดทานไม่เท่ากัน

การลดแรงเสียดทาน

การลดแรงเสียดทานสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. การใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบี
2. การใช้ระบบลูกปืน
3. การใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตลับลูกปืน
4. การออกแบบรูปร่างของยานพาหนะให้เพรียวลม ทำให้ลดแรงเสียดทาน

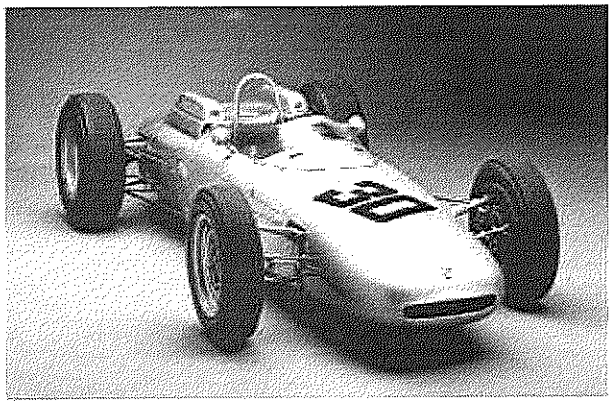


ภาพแสดงรูปร่างของเรือที่เพรียวเพื่อลดแรงเสียดทาน

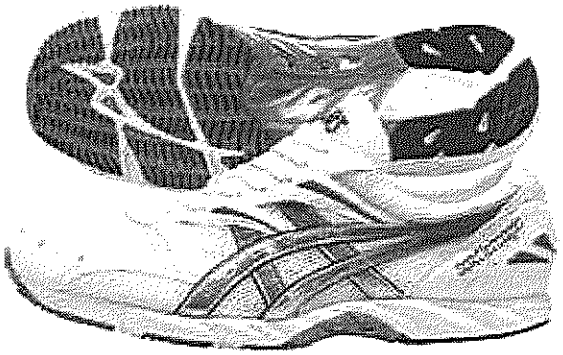
การเพิ่มแรงเสียดทาน

การเพิ่มแรงเสียดทานในด้านความปลอดภัยของมนุษย์ เช่น

1. ยางรถยนต์มีดอกยางเป็นลวดลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนน



2. การหยุดรถต้องเพิ่มแรงเสียดทานที่เบรกเพื่อหยุดหรือทำให้รถแล่นช้าลง



3. รองเท้าบริเวณพื้นต้องมีลวดลาย เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานทำให้เวลาเดินไม่ลื่นหกล้มได้ง่าย ดังรูป

4. การปูพื้นห้องน้ำควรใช้กระเบื้องที่มีผิวขรุขระ เพื่อช่วยเพิ่มแรงเสียดทาน เวลาเปียกน้ำจะได้ไม่ลื่นล้ม

สมบัติของแรงเสียดทาน

1. แรงเสียดทานมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อวัตถุไม่มีแรงภายนอกมากระทำ
2. ขณะที่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ และวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีขนาดต่างๆ กัน ตามขนาดของแรงที่มากระทำ และแรงเสียดทานที่มีค่ามากที่สุดคือ แรงเสียดทานสถิต เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่
3. แรงเสียดทานมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ
4. แรงเสียดทานสถิตมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทานจลน์เล็กน้อย
5. แรงเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส ผิวสัมผัสหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทานมากกว่าผิวเรียบและลื่น
6. แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุที่กดลงบนพื้น ถ้าน้ำหนักหรือแรงกดมากแรงเสียดทานก็จะมากขึ้นด้วย
7. แรงเสียดทานไม่ขึ้นอยู่กับขนาดหรือพื้นที่ของผิวสัมผัส

สรุปเกี่ยวกับเรื่องแรงเสียดทาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 8 เรื่อง การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (เวลา 2 ชั่วโมง)

สาระสำคัญ

แนวการเคลื่อนที่ที่มีความเร่ง : $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ (กฎข้อ 2)

แนวที่อยู่นิ่งหรือความเร็วคงที่ : $\sum \vec{F} = 0$ (กฎข้อ 1)

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้

สื่อการเรียนรู้

รูปภาพ กราฟ การทดลองเสมือนจริง

กระบวนการเรียนรู้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน น้ำหนัก และแรงเสียดทาน กราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุ กราฟการกระจัด ความเร็ว ความเร่ง

กิจกรรมที่ 8

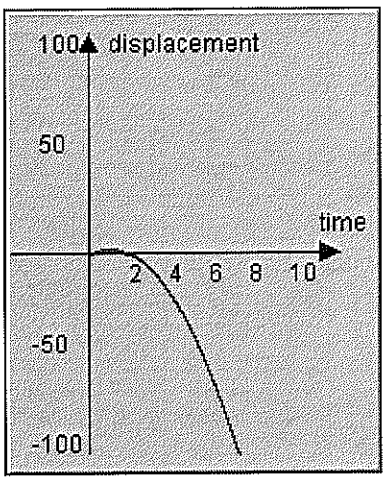
ครูสาธิตการทดลองเสมือนจริงเกี่ยวกับ การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ นักเรียนจะเห็นเส้นกราฟที่เปลี่ยนไปจากนั้นทบทวนความรู้เกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุ กราฟการกระจัด ความเร็ว ความเร่ง นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกราฟสมการการเคลื่อนที่เชื่อมโยงกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

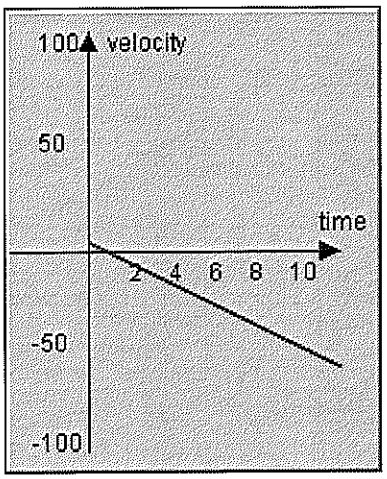
นักเรียนร่วมกันทำที่ 8.1 และ 8.2 จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติม เกี่ยวกับการพิจารณาโจทย์การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม โดยนักเรียนสามารถสามารถประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้

กิจกรรมที่ 8 เรื่อง การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

การทดลองเสมือนจริง กราฟการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ (x_o , v_o, และ a)





x_0(m)= **0** v_0(m/s)= **5** a (m/s²)= **-5.0**

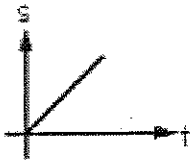
.....

.....

.....

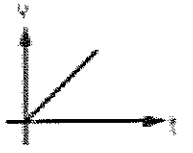
.....

ทบทวนความรู้เกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่



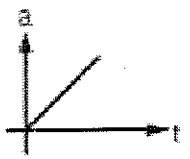
พื้นที่ใต้กราฟ จะไม่เท่ากับอะไรเลย

ความชันเส้นกราฟ = V



พื้นที่ใต้กราฟ = S

ความชันเส้นกราฟ = a

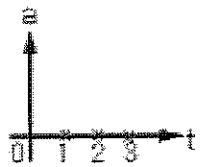


พื้นที่ใต้กราฟ = v – u

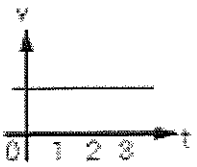
ความชันเส้นกราฟ ไม่เท่ากับอะไรเลย

กราฟความเร่งความเร็วและการกระจัด

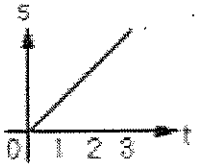
กราฟชุดที่ 1



ความเร่ง = 0

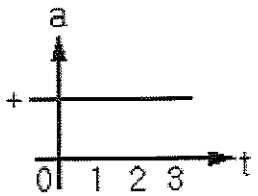


ความเร็วคงที่

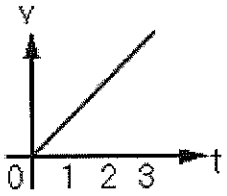


การกระจัดเพิ่มขึ้นเป็นกราฟเส้นตรง

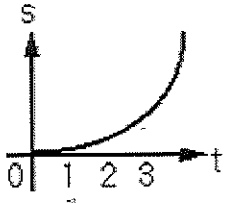
กราฟชุดที่ 2



ความเร่งเป็นบวกคงที่

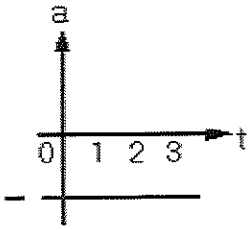


ความเร็วเพิ่มเป็นเส้นตรง

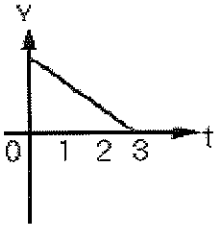


การกระจัดเพิ่มขึ้นเป็นเส้นโค้งหงาย

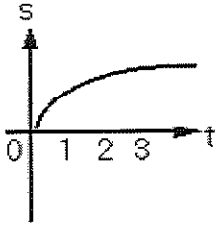
กราฟชุดที่ 3



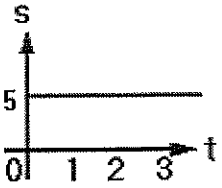
ความเร่งเป็นลบคงที่



ความเร็วลดลงเป็นเส้นตรง



การกระจัดลดเป็นเส้นโค้งตะแคง



การกระจัดคงที่ แสดงว่าวัตถุอยู่นิ่ง ๆ

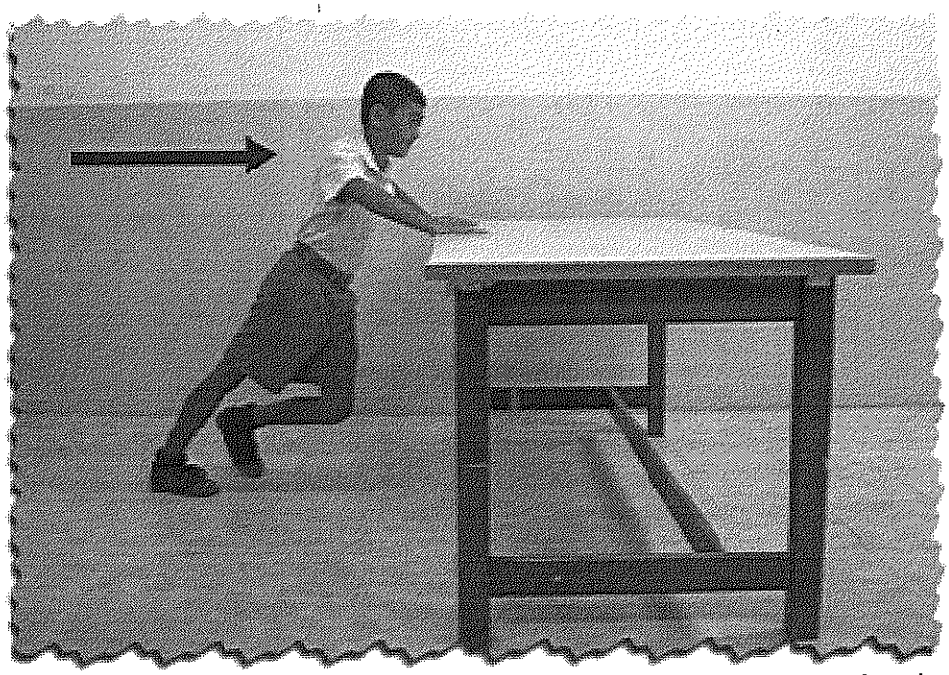
ความเร็ว = 0 ความเร่ง = 0

เมื่อพิจารณากราฟเกี่ยวกับการเคลื่อนที่เชื่อมโยงเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันแล้ว

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน คือ กราฟชุดที่ 1 เนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว (ไม่มีความเร่ง) และ กราฟระหว่างการกระจัดกับเวลาในกราฟสุดท้าย เนื่องจาก วัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง อธิบายเพิ่มเติมได้ว่า **แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ หรือ ไม่มีแรงกระทำ**

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน คือ กราฟชุดที่ 2 และ กราฟชุดที่ 3 เนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว อธิบายเพิ่มเติมได้ว่า **แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าคงตัวและมีทิศเดียวกับความเร่ง** ($F \propto a$)

คำถามที่ 8.1 เรื่อง การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน



◇นักเรียนออกแรงกระทำไปทางขวามือจงอธิบายสถานการณ์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ต่อไปนี้

ในกรณีที่โต๊ะหยุดนิ่ง

.....

.....

ในกรณีโต๊ะเคลื่อนที่ไปทางขวา

- **ความเร็วคงตัว**

.....

.....

- **ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ**

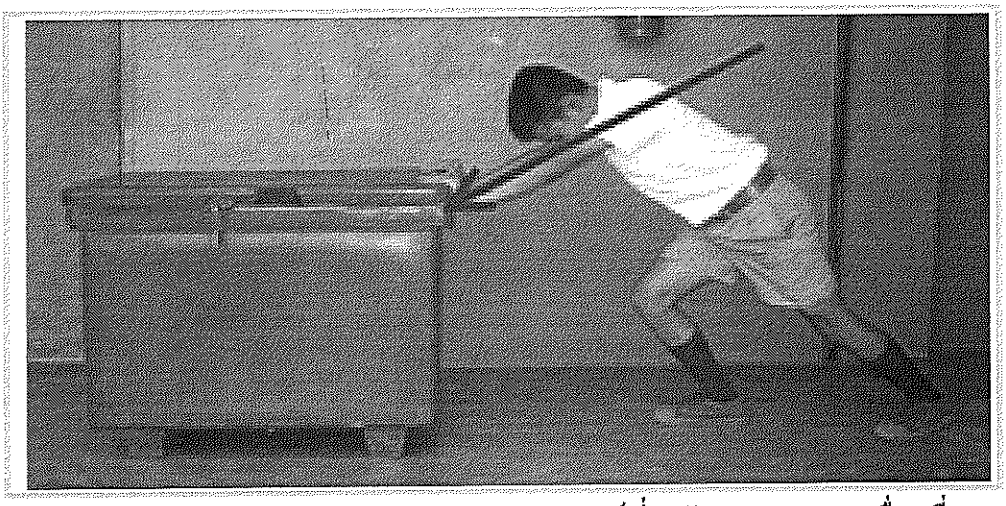
.....

.....

- **ความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ**

.....

.....



◇ นักเรียนออกแรงกระทำไปทางขวามือจงอธิบายสถานการณ์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ต่อไปนี้

ในกรณีที่โต๊ะหยุดนิ่ง

.....

.....

.....

ในกรณีโต๊ะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย

- **ความเร็วคงตัว**

.....

.....

.....

- **ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ**

.....

.....

.....

.....

- **ความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ**

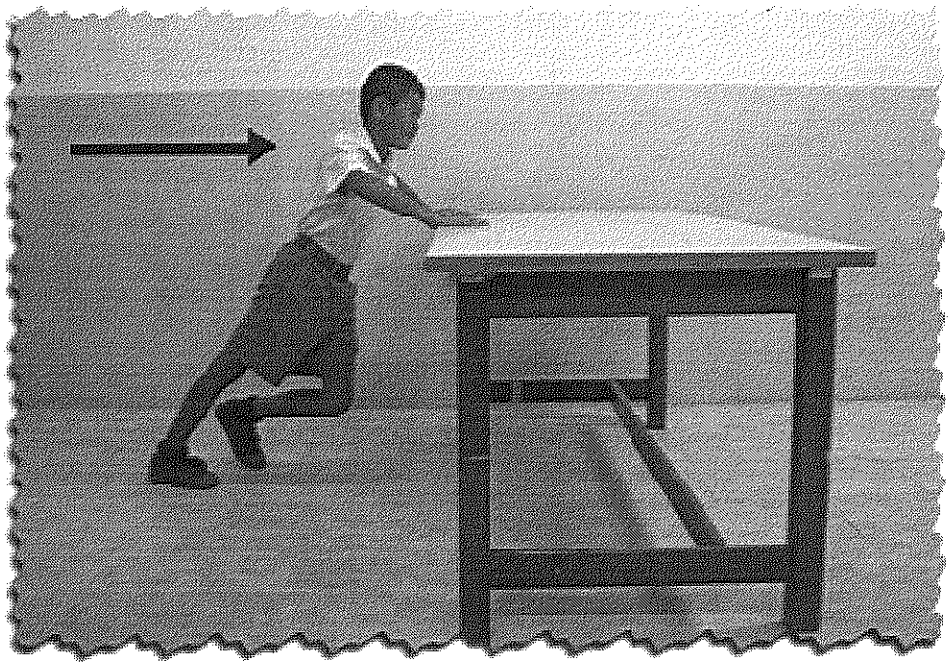
.....

.....

.....

.....

จากคำถามที่ 8.1 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อกำหนดให้เวกเตอร์ที่มีทิศไปทางขวามือเป็นบวกและซ้ายมือเป็นลบ



ภาพนักเรียนออกแรงกระทำไปทางขวามือ

สถานการณ์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ที่เป็นไปได้มีดังนี้

ในกรณีที่โต๊ะหยุดนิ่ง

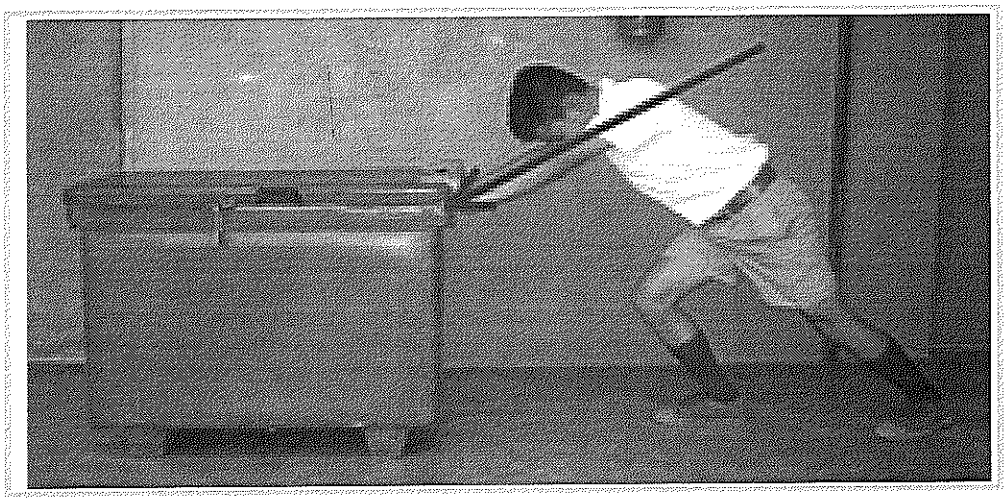
- **ไม่มีความเร็ว** อธิบายได้ว่าผลรวมของแรงมีค่าเท่ากับ 0 ($\sum \vec{F} = 0$) นั่นคือ แรงที่กระทำกับโต๊ะไปทางขวา มีค่าเท่ากับแรงเสียดทานสถิตย์ระหว่างโต๊ะและพื้นซึ่งมีทิศไปทางซ้าย

ในกรณีโต๊ะเคลื่อนที่ไปทางขวา

- **ความเร็วคงตัว** อธิบายได้ว่าผลรวมของแรงมีค่าเท่ากับ 0 ($\sum \vec{F} = 0$) นั่นคือ แรงที่กระทำกับโต๊ะมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานจลน์ระหว่างโต๊ะและพื้น

- **ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ** แสดงว่าความเร่งคงตัวและมีค่าเป็นบวกทิศทางของแรงลัพธ์และทิศทางของความเร่งมีทิศเดียวกันคือไปทางขวามือ ($F \alpha a$) อธิบายได้ว่า แรงที่กระทำกับโต๊ะมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลน์ระหว่างโต๊ะและพื้น ($\sum \vec{F} \neq 0$)

- **ความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ** แสดงว่าความเร่งคงตัวและมีค่าเป็นลบทิศทางของแรงลัพธ์และทิศทางของความเร่งมีทิศเดียวกันคือไปทางซ้ายมือ ($F \alpha a$) อธิบายได้ว่า แรงที่กระทำกับโต๊ะไปทางขวามีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานจลน์ระหว่างโต๊ะและพื้น ($\sum \vec{F} \neq 0$)



ภาพนักเรียนออกแรงกระทำไปทางซ้ายมือ

สถานการณ์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ที่เป็นไปได้มีดังนี้

ในกรณีที่โต๊ะหยุดนิ่ง

- **ไม่มีความเร็ว** อธิบายได้ว่าผลรวมของแรงมีค่าเท่ากับ 0 ($\sum \vec{F} = 0$) นั่นคือ แรงที่กระทำกับโต๊ะไปทางซ้าย มีค่าเท่ากับแรงเสียดทานสถิตย์ระหว่างโต๊ะและพื้นซึ่งมีทิศไปทางขวา

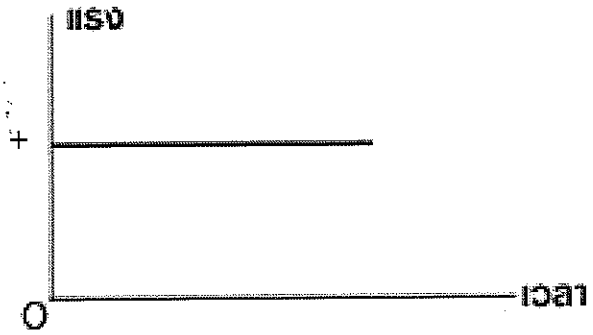
ในกรณีโต๊ะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย

- **ความเร็วคงตัว** อธิบายได้ว่าผลรวมของแรงมีค่าเท่ากับ 0 ($\sum \vec{F} = 0$) นั่นคือ แรงที่กระทำกับโต๊ะมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานจลน์ระหว่างโต๊ะและพื้น

- **ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ** แสดงว่าความเร่งคงตัวและมีค่าเป็นลบทิศทางของแรงลัพธ์และทิศทางของความเร่งมีทิศเดียวกันคือไปทางซ้ายมือ ($F \alpha a$) อธิบายได้ว่า แรงที่กระทำกับโต๊ะมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลน์ระหว่างโต๊ะและพื้น ($\sum \vec{F} \neq 0$)

- **ความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ** แสดงว่าความเร่งคงตัวและมีค่าเป็นบวกทิศทางของแรงลัพธ์และทิศทางของความเร่งมีทิศเดียวกันคือไปทางขวามือ ($F \alpha a$) อธิบายได้ว่า แรงที่กระทำกับโต๊ะไปทางซ้ายมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานจลน์ระหว่างโต๊ะและพื้น ($\sum \vec{F} \neq 0$)

คำถามที่ 8.2 เรื่อง การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน



◇ จงพิจารณาสถานการณ์การออกแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ต่อไปนี้สถานการณ์ใดสอดคล้องกับกราฟแรงและเวลาในภาพอธิบายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดให้ขวามือของตำแหน่งอ้างอิงเป็นบวก ซ้ายมือเป็นลบ

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็วคงตัว

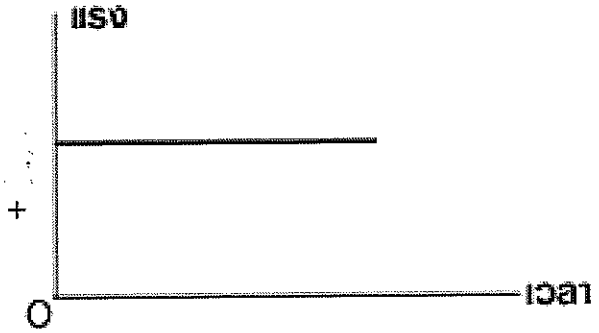
◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นแล้วเคลื่อนที่ช้าลง

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

จากกิจกรรมที่ 8.2 พิจารณาสถานการณ์การออกแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุ โดยกำหนดให้ขวามือของตำแหน่งอ้างอิงเป็นบวก ซ้ายมือเป็นลบดังนี้



จะเห็นว่ากราฟข้างต้นแรงมีค่าคงตัวและมีค่าเป็นบวก แรงลัพธ์มีทิศไปทางขวามือ ($\sum \vec{F} \neq 0$)

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว

ไม่สอดคล้อง เพราะ ความเร็วคงตัว ($\sum \vec{F} = 0$)

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็วคงตัว

ไม่สอดคล้อง เพราะ ความเร็วคงตัว ($\sum \vec{F} = 0$)

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ

ไม่สอดคล้อง เพราะ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอทำให้ความเร่งและแรงลัพธ์มีทิศไปทางซ้ายซึ่งเป็นค่าลบ

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

ไม่สอดคล้อง เพราะ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอความเร่งและแรงลัพธ์มีค่าคงตัวมีทิศไปทางซ้ายซึ่งเป็นค่าลบ

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นแล้วเคลื่อนที่ช้าลง

ไม่สอดคล้อง เพราะ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นแล้วเคลื่อนที่ช้าลงความเร่งและแรงลัพธ์มีค่าไม่คงตัว

◈ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

สอดคล้อง เพราะ วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ ความเร่งและแรงลัพธ์มีค่าคงตัวมีทิศไปทางขวาซึ่งเป็นค่าบวก

การนำใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้ง 3 ข้อเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญมากในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจหรือใช้อธิบายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อน ที่ของวัตถุทุกชนิด และยังเป็นพื้นฐานสำหรับการนำไปศึกษาเรื่องอื่น ๆ ในบทต่อ ๆ ไป และการแก้ปัญหาในปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาสามารถนำเอากฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมาวิเคราะห์เป็นขั้นตอนได้ ดังต่อไปนี้

1. หาดูว่า "วัตถุ" อันไหนที่ต้องการพิจารณา

2. หลังจากเลือกวัตถุแล้ว ให้พิจารณาถึงสิ่งแวดล้อมของวัตถุนั้น เช่น เป็นพื้นเอียง เป็นสปริง เชือก โลก เป็นต้น เพราะสิ่งแวดล้อมเหล่านี้อาจออกแรงกระทำกับวัตถุของเรา

3. เลือกแกนอ้างอิง(แนวดิ่ง และ/หรือ แนวราบ)ให้เหมาะสม โดยให้วัตถุอยู่ที่จุดกำเนิด พร้อมทั้งตั้งแกนให้ง่ายต่อการพิจารณาต่อไป

4. วาดรูปวัตถุนั้นแยกออกจากส่วนอื่นๆ แสดงแกนอ้างอิงและแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ ซึ่งเรียกว่า free-body diagram วิธีพิจารณาแรงคือ

4.1 วัตถุมีมวล มวลต้องมีน้ำหนัก mg (ทิศลงในแนวดิ่ง)

4.2 วัตถุสัมผัส สัมผัสต้องมีแรง N (ในทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัส)

4.3 พื้นไม่ลื่น ไม่ลื่นต้องมีแรงเสียดทาน f (ในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่)

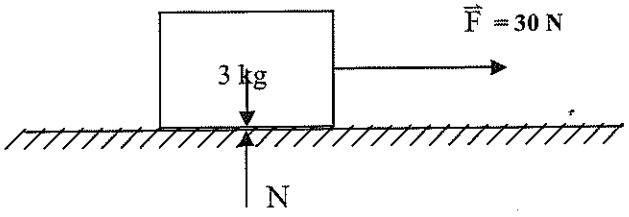
4.4 วัตถุผูกเชือก เชือกต้องมีแรงตึงเชือก T (ทิศชี้ออกจากวัตถุที่ถูกกระทำ)

4.5 แรงอื่นๆที่โจทย์กำหนด

5. ใช้กฎของนิวตันในการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว

ตัวอย่างที่ 1 จากรูป จงหาว่ากล่องใบนี้จะอยู่ในสภาพอย่างไร และค่าแรงเสียดทานสถิต(f_s) และแรงเสียดทานจลน์(f_k) มีค่าเป็นเท่าใดกำหนด

$\mu_s = 0.8$ $\mu_k = 0.7$



1. $f_s = \mu_s N$

$f_s = (0.8)(30) = 24$ N

2. $f_k = \mu_k N$

$f_k = (0.7)(30) = 21$ N

แสดงว่า กล่องใบนี้ไม่อยู่ในสภาพสมดุล

เพราะ $\Sigma \vec{F} \neq 0$

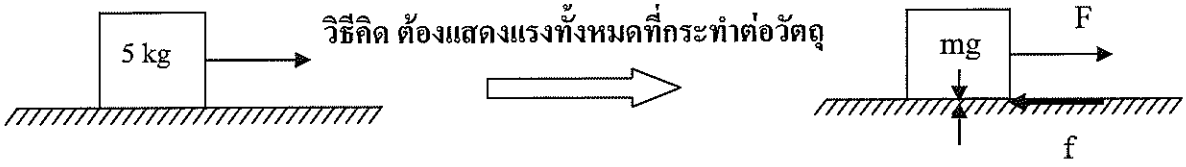
จะได้ $\Sigma \vec{F} = 30 - 24 = 6$

$m\vec{a} = 6$

$\vec{a} = 2$ m/s^2

จะได้ว่า กล่องใบนี้จะมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง มีค่าแรงเสียดทานสถิต(f_s) เท่ากับ 24 นิวตัน และ ค่าแรงเสียดทานจลน์(f_k) เท่ากับ 21 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 2 กล่องใบหนึ่งมีมวล 5 กก. จะต้องออกแรง $\vec{F}$ เท่าใด จึงทำให้วัตถุนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่บนพื้นที่มีค่าสัมประสิทธิความเสียดทานดังนี้ $\mu_s = 0.6$, $\mu_k = 0.4$



จากโจทย์ แสดงว่า วัตถุกำลังเคลื่อนที่ เพราะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นคือแรงเสียดทานจลน์

หา แรง $\vec{F}$ พิจารณาแรงในแนวระดับ จากรูป จะได้ $\Sigma \vec{F}_x = 0$

$$\vec{F} - \vec{f} = 0$$

$$\vec{F} = \vec{f} \quad \text{.....(1)}$$

หาค่าแรงเสียดทาน $\vec{f}$ จาก $f_k = \mu_k N$ (เพราะวัตถุเคลื่อนที่)

แทนค่า $f_k = (0.4)N$ .....(2)

หาค่า $\vec{N}$ พิจารณาในแนวดิ่ง จะได้ $\Sigma \vec{F}_y = 0$

$$\vec{W} - \vec{N} = 0$$

$$\vec{N} = \vec{W} \quad (\vec{W} = (5)(10))$$

แทนค่า $\vec{W}$ จะได้ $\vec{N} = 50$ นิวตัน

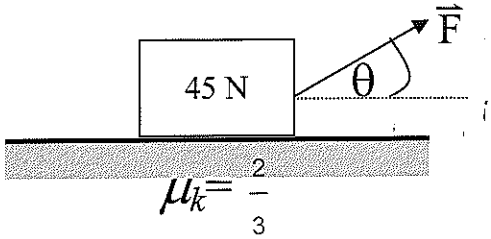
แทนค่า $\vec{N}$ ใน (2) จะได้ $f_k = (0.4)(50) = 20$ นิวตัน

แทนค่า f_k ซึ่งก็คือ แรงเสียดทาน $\vec{f}$ ใน (1)

จะได้ $\vec{F} = 20$ นิวตัน

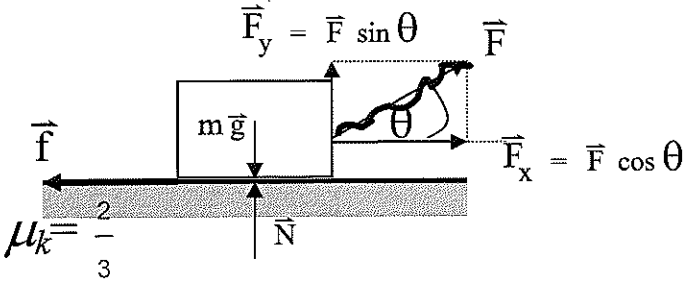
ตอบ แรง $\vec{F}$ มีขนาด 20 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 3 จากรูป จงหาขนาดของแรง F ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ ถ้า $\cos\theta = \frac{4}{5}$



ตัวอย่างนี้ นักเรียนต้องมีความรู้เรื่องการแยกแรงหาออกประของแรงด้วย และความรู้เรื่อง ตรีโกณ

นักเรียนจะต้องวาดรูป และ เขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุหนัก 45 นิวตัน ดังภาพต่อไปนี้



วิธีคิด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แสดงว่า วัตถุยังคงรักษาสภาพเดิมได้

ดังนั้น $\Sigma \vec{F} = 0$

และเราจะต้องหาในแต่ละแนวแกน ดังนี้

ในแนวแกน x , $\Sigma \vec{F}_x = 0$

$$\vec{F}_x - \vec{f} = 0$$

$$F\cos\theta - f = 0$$

$$\mathbf{F\cos\theta = f} \quad , (f_k = \mu_k N)$$

แทนค่า $F(\frac{4}{5}) = (\frac{2}{3})N$ ..... (1)

ในแนวแกน y , $\Sigma \vec{F}_y = 0$

$$\vec{F}_y + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

$$F\sin\theta + N - mg = 0$$

$$N = mg - F\sin\theta$$

แทนค่า $N = (45) - F(\frac{3}{5})$ ..... (2)

แทนค่า N จาก (2) ใน (1)

$$F(\frac{4}{5}) = (\frac{2}{3})(45 - F(\frac{3}{5}))$$

$$F(\frac{4}{5}) = 30 - F(\frac{2}{5})$$

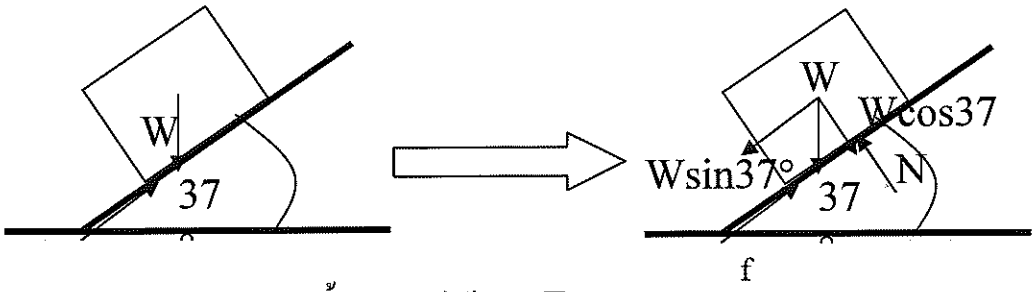
$$(\frac{4}{5})F + (\frac{2}{5})F = 30$$

$$6F = (5)(30)$$

$F = 25$ N

ตอบ ขนาดของแรง $\vec{F}$ ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ เท่ากับ 25 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 4 วัตถุมวล 10 กิโลกรัม ไถลลงตามพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่ จงหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ ระหว่างวัตถุมวลนี้กับพื้นเอียงซึ่งทำมุมกับแนวระดับ 37 องศา ถ้า $\sin 37^\circ = 0.6$ และ $\cos 37^\circ = 0.8$



จากรูป คิดในแนวแกนระดับกับพื้นเอียง จะได้ ($\sum \vec{F}_x = 0$)

$\vec{f} + \vec{W}\sin 37^\circ = 0$

$f + (-W\sin 37^\circ) = 0$

$f - (100)(0.6) = 0$

$f = 60$ นิวตัน

จาก $f = \mu N$

แทนค่า $60 = \mu N$ ..... (1)

คิดในแนวแกนตั้งฉากกับพื้นเอียง จะได้ ($\sum \vec{F}_y = 0$)

$\vec{N} + \vec{W}\cos 37^\circ = 0$

$N + (-W_1 \cos 37^\circ) = 0$

$N - (100)(0.8) = 0$

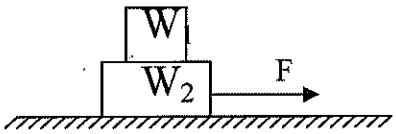
$N = 80$

แทนค่า N จากสมการ (1) จะได้ $60 = \mu(80)$

$\mu = \frac{3}{4} = 0.75$

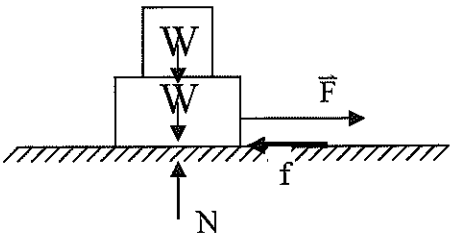
ตอบ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ ระหว่างวัตถุมวลนี้กับพื้นเอียง = 0.75

ตัวอย่างที่ 5 จากรูป $w_1 = 4$ N , $w_2 = 8$ N ส.ป.ส. ความเสียดทานทุกผิวสัมผัสเท่ากับ 0.25 จงหาแรง F ที่ทำให้ W_2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่



วิธีทำ จากโจทย์ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แสดงว่า ผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับศูนย์($\Sigma \vec{F} = 0$)

และ จะต้องมีแรงกระทำต่อ W_2 ที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส ซึ่งได้แก่แรงเสียดทาน (f)



จะได้ $\vec{F} + \vec{f} = 0$

ถ้าหาเฉพาะขนาดจะได้ $F + (-f) = 0$

$F = f$

ถ้าหาขนาดของแรง f ได้ ก็จะได้ค่าของแรง F

$f = \mu N$, $N = W_1 + W_2$

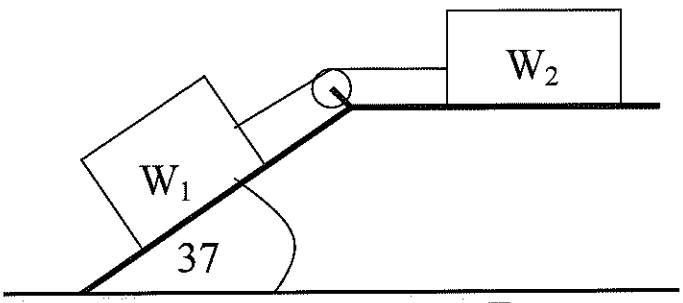
$f = (0.25)(4+8)$

$f = 3.00$ N

ดังนั้นแรงที่จะทำให้ W_2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ มีค่า เท่ากับ 3 นิวตัน

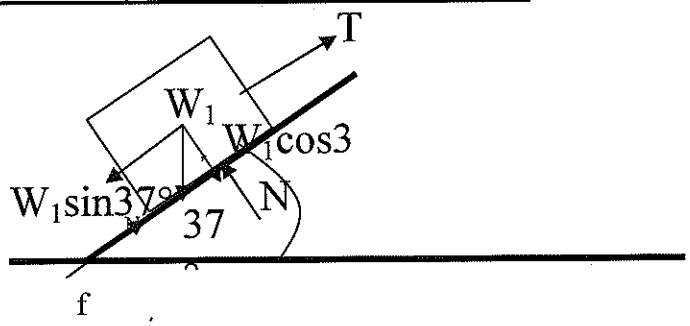
(เพราะ F = f)

ตัวอย่างที่ 6 จากรูป $w_1 = w_2 = 100$ N จงหาค่า μ เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่



วิธีทำ

พิจารณาที่วัตถุ w_1 จะได้ ดังรูป



จากรูป คิดในแนวแกนระดับกับพื้นเอียง จะได้ ($\Sigma \vec{F}_x = 0$)

ถ้าหาเฉพาะขนาดจะได้ $T + f + (-W_1 \sin\theta) = 0$

$T + f - W_1 \sin\theta = 0$

$T + f = W_1 \sin\theta$

$T + \mu N = W_1 \sin\theta$ ..... (1)

คิดในแนวแกนตั้งฉากกับพื้นเอียง จะได้ ($\sum \vec{F}_y = 0$)

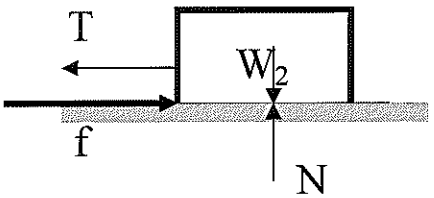
ถ้าหาเฉพาะขนาดจะได้ $N + (- W_1 \cos\theta) = 0$

$N = W_1 \cos\theta$ ..... (2)

แทนค่า N จากสมการ (2) ในสมการ (1) จะได้

$T + \mu W_1 \cos\theta = W_1 \sin\theta$ ..... (3)

พิจารณาที่วัตถุ w_2 จะได้ ดังรูป



จากรูป คิดในแนวแกนระดับกับพื้นเอียง จะได้ ($\sum \vec{F}_x = 0$)

ถ้าหาเฉพาะขนาดจะได้ $T + (- f) = 0$

$T = f$

$T = \mu N$ ..... (4)

คิดในแนวแกนตั้งฉากกับพื้นเอียง จะได้ ($\sum \vec{F}_y = 0$)

ถ้าหาเฉพาะขนาดจะได้ $N + (- W_2) = 0$

$N = W_2$ ..... (5)

แทนค่า N จากสมการ (5) ในสมการ (4) จะได้

$T = \mu W_2$ .....(6)

แทนค่า T จากสมการ (6) ในสมการ (3) จะได้

$\mu W_2 + \mu W_1 \cos\theta = W_1 \sin\theta$

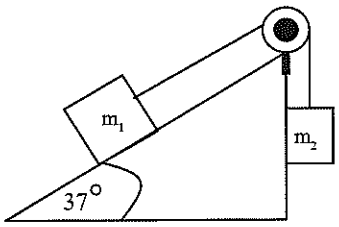
แทนค่า $\mu(100) + \mu(100)(\frac{4}{5}) = (100)(\frac{3}{5})$

$180\mu = 60$

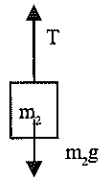
$\mu = \frac{1}{3}$

ดังนั้นค่า μ เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{3}$ ตอบ

ตัวอย่างที่ 7 จากรูปมวล m_1 และ m_2 ผูกกันด้วยเชือกผ่านรอกลื่นที่ยอดพื้นเอียง ที่มีความฝืด m_1 มีค่า 1.0 กิโลกรัม m_2 มีค่า 0.4 กิโลกรัม ถ้ามวลทั้งสองกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นเอียงกับมวล m_1 กำหนดให้ $\sin 37^\circ = 0.6$ และ $\cos 37^\circ = 0.8$



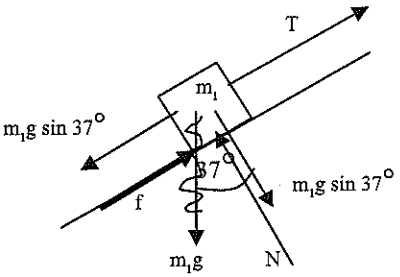
วิธีทำ พิจารณาที่มวล m_2 กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่ แสดงว่า สมดุล จะได้ $\sum \vec{F} = 0$



$$\vec{T} + m_2\vec{g} = 0$$

$$T - m_2 g = 0$$

$$T = m_2 g = (0.4)(10) = 4 \text{ N}$$



พิจารณาที่มวล m_1 กำลังเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่ แสดงว่า สมดุล แนวขนานกับพื้นเอียง จะได้

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$m_1\vec{g}\sin 37^\circ + \vec{T} + \vec{f} + = 0$$

$$m_1 g\sin 37^\circ - T - f = 0$$

$$(1.0)(10)\left(\frac{3}{5}\right) - (4) = f$$

จะได้ $f = 2$ นิวตัน

แต่ $f = \mu N$ หาค่า N ได้จาก $N = m_1 g\cos 37^\circ = (1.0)(10)\left(\frac{4}{5}\right) = 8$ นิวตัน

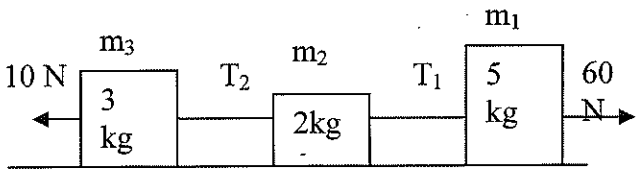
แทนค่า $N = 8$ นิวตัน ในสมการ $f = \mu N$ จะได้ $\mu = \frac{2}{8} = 0.25$ **ตอบ**

แบบฝึกทักษะ เรื่อง การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1. จากรูป จงหา

   ก. ความเร่งของระบบ

   ข. แรงตึงเชือก T_1 และ T_2



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. วัตถุหนึ่งถูกแรงกระทำ 30 นิวตัน ทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 5 m/s^2 แต่ถ้าต้องการให้วัตถุนี้มีความเร่งเป็น 3 เท่าของความเร่งเดิม จะต้องออกแรงเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

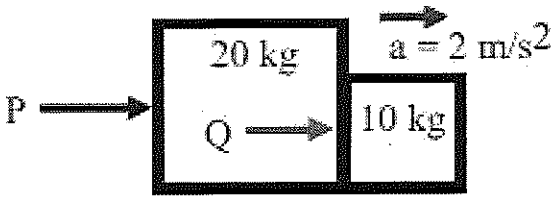
.....

.....

.....

.....

3. จากรูปวัตถุ 20 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัมวางติดกันไม่มีแรงเสียดทาน ให้นักเรียนกาแรง P และQ ในรูปภาพ



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ผูกวัตถุมวล 2 kg ด้วยเชือกที่มีมวลน้อยมาก จับปลายเชือกอีกข้างหนึ่งให้วัตถุห้อยอยู่ในแนวดิ่ง จงหาแรงที่เชือกดึงมือ เมื่อ

ก. ถือเชือกอยู่นิ่ง ๆ

ข. หย่อนเชือกลงด้วยอัตราเร็วคงตัว

ค. หย่อนเชือกลงด้วยความเร่ง 3 m/s^2

ง. ดึงเชือกขึ้นด้วยความเร่ง 3 m/s^2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

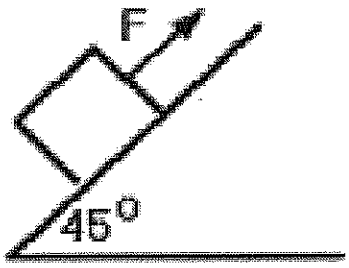
.....

.....

.....

.....

5. วัตถุ $15\sqrt{2}$ กิโลกรัม วางบนระนาบเอียงทำมุม 45° กับแนวราบ ออกแรง F ดึงวัตถุขนานกับระนาบเอียง ถ้าสัมประสิทธิ์ของความสียดทานสถิตมีค่า 0.5 จงหาแรงดึง F ที่พอดีทำให้วัตถุขยับขึ้น



สรุปเกี่ยวกับเรื่องการประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวชลิตา ทักษิณกานนท์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์)
	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, พ.ศ. 2544 – 2547
	ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู
	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, พ.ศ. 2548
	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
	สาขาวิชาฟิสิกส์
	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2551-2554
ประวัติการวิจัย	ทุนสนับสนุนการทำวิจัย พ.ศ. 2549
	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2549-2551 โรงเรียนบ้านหนองเชือก
	อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี
	พ.ศ. 2551- ปัจจุบัน
	โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก
	อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ครู วิทยฐานะชำนาญการ
	โรงเรียนนาเยียศึกษา รัชมังคลาภิเษก
	อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี
	โทรศัพท์ 0896255462