รายงานการวิจัย
เรื่อง
การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์
Developing a Rolling Motion Experiment by Using an Interactive Lecture Demonstration

อุดมศักดิ์ กิจทวี

ชาติ ทีฆะ

จิราภรณ์ พงษ์โสภา

ตระกูล รัมมะฉัตร

วัฒนะ มากชื่น

รังสันต์ จอมทะรักษ์

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย
เรื่อง
การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์
Developing a Rolling Motion Experiment by Using an Interactive Lecture Demonstration

ผศ.ดร.อุดมศักดิ์ กิจทวี

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ดร.ชาติ ทีฆะ

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ผศ.ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

นายตระกูล รัมมะฉัตร

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

นายวัฒนะ มากชื่น

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ดร.รังสันต์ จอมทะรักษ์

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2558)

หัวข้อวิจัย การพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

ผู้ดำเนินการวิจัย อุดมศักดิ์ กิจทวี, ชาติ ทีฆะ, จิราภรณ์ พงษ์โสภา, ตระกูล รัมมะฉัตร, วัฒนะ มากชื่น และ รังสันต์ จอมทะรักษ์

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ปี พ.ศ. 2560

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1. เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ 2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 3.เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และ 4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง ประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไปจำนวน 117 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง แบบทดสอบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งและ แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในงานวิจัยคือคะแนนเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และ t-test ผลการวิจัยมีดังนี้ สร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งเพื่อใช้สำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้รางแสตนเลสเพื่อความทนทาน เมื่อนำชุดการทดลองไปใช้กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แล้วให้ทำแบบทดสอบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย t-test ของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 แสดงว่าชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์มีส่วนช่วยพัฒนาความรู้ผู้เรียน ผู้เรียนให้ความพึงพอใจในระดับมากในทุกข้อ (คะแนนเฉลี่ย 3.84)

Research Title	Developing a Rolling Motion Experiment by Using an Interactive Lecture Demonstration
Researcher	Udomsak Kitthawee, Chat Teeka, Jiraporn Pongsopa, Trakool Rammachat, Wattana Markchuen, and Rangsan Jomtarak
Organization	Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University
Year	2017

This research aimed to : 1. Develop the rolling motion experiment for an interactive lecture demonstration 2. Study the achievement scores on pre-test and post-test with the rolling motion experiment for the interactive lecture demonstration of control and treatment groups 3. Compare the scores between control and treatment groups and 4. Study satisfaction of the rolling motion experiment for an interactive lecture demonstration. The population and sample were 117 students in the general physics course. The tools used in this research were the rolling motion experiment for an interactive lecture demonstration, pre-test and post-test, and the satisfaction survey. The statistics used in this research were the average, standard deviation, percentage, and t-test. The results showed that the rolling motion experiment was built from durable stainless steel. The experiment was exhibited in the class for both control and treatment groups. The pre-test and post-test were completed and revealed that in the treatment group, the average mean of the post-test differed significantly from the average mean of pre-test ($p < 0.05$). The rolling motion experiment for an interactive lecture demonstration improved the knowledge of students. The satisfaction score of the rolling motion experiment for an interactive lecture demonstration was high (3.84).

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไปที่ให้ความอนุเคราะห์เวลาเพื่อใช้ในการนำเสนองานวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงบุคลากรในคณะวิทยาศาสตร์อีกหลายท่านในการให้ความรู้และอนุเคราะห์เครื่องมือรวมถึงการช่วยทำวิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่สนับสนุนทุนวิจัย

คณะผู้วิจัย
2560

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ขอบเขตการวิจัย	2
	สมมติฐานการวิจัย	2
	คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง	4
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	11
	ประชากรและการกลุ่มตัวอย่าง	11
	เครื่องมือในการเก็บข้อมูล	13
	การวิเคราะห์ข้อมูล	17

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 18

ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง 18

ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 19

ผลประเมินความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง 22

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 25

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย 25

ข้อเสนอแนะ 26

บรรณานุกรม 27

บรรณานุกรมภาษาไทย 27

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 27

ภาคผนวก 29

ภาคผนวก ก ภาพบรรยากาศในการใช้ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งเพื่อใช้สำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ 30

ภาคผนวก ข แบบประเมินความพึงพอใจความคิดเห็นของนักศึกษา 32

ประวัติผู้วิจัย 34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การสอนในหนึ่งชั่วโมงครึ่งของการสอนแบบบรรยายและการสอนโดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง	11
3.2	ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมชุดทดลองและด้านเนื้อหาความรู้การสอน	13
3.3	แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกแบบ R-bis และแบบ D จากข้อมูลกลุ่มทดลอง	15
4.1	รูปร่าง ขนาด และ น้ำหนักของวัสดุที่ใช้ในการกลิ้ง	18
4.2	วิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม	19
4.3	วิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง	19
4.4	วิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	19
4.5	แสดงร้อยละของระดับความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มทดลอง	22

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การกลิ้งของทรงกระบอกบนพื้นราบ	4
2.2	แสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุขณะกลิ้งโดยไม่ไถลลงมาตามพื้นเอียง	5
2.3	การสอนด้วยเทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการกลิ้งของทรงกระบอกตันมวลต่างกันลงจากพื้นเอียง	8
3.1	ขั้นตอนการวิจัยการทดลองแบบ $T_1 \times T_2$	11
3.2	แผนภาพลำดับขั้นตอนการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง	12
3.3	ค่าความยาก P รายข้อ	15
3.4	ค่าอำนาจจำแนก R-bis รายข้อ	16
4.1	ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง	18
4.2	แสดงผลการเรียนของกลุ่มควบคุม	20
4.3	แสดงผลการเรียนของกลุ่มทดลอง	21
4.4	ร้อยละของคำตอบหลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง	21
4.5	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนการสอนของกลุ่มทดลอง	24
ก-1	แสดงความแตกต่างของน้ำหนักและรัศมีของวัตถุที่จะใช้ในชุดการทดลอง	31
ก-2	นำเสนอชุดการทดลอง	31

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

การศึกษา ความเข้าใจแนวคิด (conceptual understanding) เกี่ยวกับหลักการทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายและนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากนักวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาและนักฟิสิกส์เพราะงานวิจัยเหล่านี้สามารถอธิบายถึงสาเหตุและที่มาของ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) ของผู้เรียน (Allen & Coole, 2012; Pejuan et al, 2012; Risch, 2014) ทำให้ผู้สอนสามารถนำ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการวางแผนการสอนหรือพัฒนาเทคนิคการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในหลักการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง (Rimoldini & Singh, 2005; Mungan, 2012a; 2012b; Mungan & Lipscombe, 2014)

นอกจากนี้ในหนังสือเรียนหรือตำราฟิสิกส์ที่ใช้ประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานกล่าวถึงการเคลื่อนที่แบบกลิ้งน้อยมาก จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาและอธิบายหลักการฟิสิกส์ในสถานการณ์เกี่ยวกับการกลิ้งที่แตกต่างออกไปจากที่ปรากฏในหนังสือหรือตำราฟิสิกส์ (Jewett & Serway, 2010) และยังมีงานวิจัยที่สร้างสื่อการสอนและศึกษาเกี่ยวกับการสอนการกลิ้งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Rimoldini & Singh, 2005; Mungan & Emery, 2011; Mungan, 2012a; 2012b; Mungan & Lipscombe, 2014)

งานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาจำนวนมากมุ่งเน้นการสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับหลักการทางฟิสิกส์พื้นฐาน เช่น กลศาสตร์เชิงเส้น ความร้อนและเทอร์โมไดนามิกส์ ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้น แต่การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งพบว่ายังมีการศึกษาน้อยมาก ซึ่งยืนยันได้จากงานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาที่เกี่ยวกับการกลิ้งมีน้อยมากโดยงานที่โดดเด่นมาจาก Rimoldini และ Singh (Rimoldini & Singh, 2005) และ Mungan และคณะ (Mungan & Emery, 2011; Mungan, 2012a; 2012b; Mungan & Lipscombe, 2014) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักศึกษาที่มีต่อเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนและการกลิ้ง และ พบว่า นักศึกษาจำนวนมากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่คล้ายกันตัวอย่างเช่น บทบาทของแรงเสียดทานที่มีต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่แบบกลิ้ง (Rimoldini & Singh, 2005; Mungan, 2012a; 2012b) เป็นต้น

ความเข้าใจในหัวข้อการกลิ้งจำเป็นต่อการนำไปต่อยอดในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ แต่จากการวิจัยที่มีจำนวนน้อย ทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรืออุปสรรคของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ในเรื่องการกลิ้งไม่เพียงพอในการนำไปใช้ปรับปรุงแผนการสอนรวมถึงการสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งบนพื้นเอียง โดยการออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองสำหรับใช้ประกอบการบรรยายสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

ขอบเขตการวิจัย

1. ใช้กลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไปในเทอม 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 117 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 51 คน และ กลุ่มทดลอง 66 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้ ตัวแปรต้นคือการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง ตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจ ตัวแปรควบคุมคือระยะเวลาที่ใช้ในการสอน

3. ระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 3 ชั่วโมง

4. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

สมมุติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน

3. ความพึงพอใจของการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งของกลุ่มทดลองอยู่ในระดับ 3.51 ขึ้นไป

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

การสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองปฏิบัติการประกอบการอธิบายในเนื้อหาที่ดำเนินการสอนอยู่เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ทั้งทางทฤษฎีและการทดลองประกอบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดประสิทธิผลทางการเรียนทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

พิจารณาการเคลื่อนที่แบบกลิ้งของทรงกระบอกบนพื้นราบโดยมีแรงคงที่กระทำต่อทรงกระบอกที่ระดับความสูงแตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 2.1 ทรงกระบอกจะกลิ้งโดยไม่ไถล ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อวัตถุ (*F*) มวลของทรงกระบอก (*m*) ความสูงของแรง (*h*) รัศมีของทรงกระบอก (*R*) และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1) และถ้าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตมีเงื่อนไขตามสมการที่ (2) ทรงกระบอกจะกลิ้งโดยเกิดการไถล

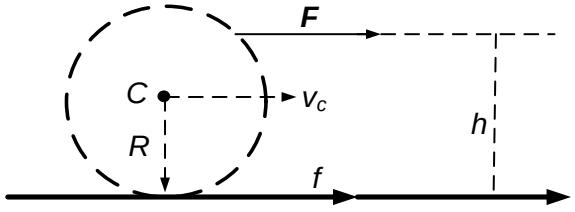
$$\mu_s \geq \frac{F}{mg}\left|\frac{2h}{3R}-1\right| \tag{1}$$

$$\mu_s < \frac{F}{mg}\left|\frac{2h}{3R}-1\right| \tag{2}$$

ในกรณีการออกแรงที่ความสูงจากพื้นเท่ากับ *h* สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทาน (*f*) และแรงที่กระทำต่อทรงกระบอก (*F*) ดังสมการ

$$f = F\left|\frac{2h}{3R}-1\right| \tag{3}$$

จากสมการที่ (3) พบว่า ค่าของแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุแปรผันตามความสูง (*h*) ถ้าความสูงอยู่ในช่วง $0 \leq h < \frac{3}{2}R$ แรงเสียดทานจะมีค่าเป็นลบ แสดงว่าแรงเสียดทานมีทิศตรงข้ามกับแรงที่กระทำ ต่อวัตถุ เมื่อ $h = \frac{3}{2}R$ แรงเสียดทานจะมีค่าเป็นศูนย์ และเมื่อ $\frac{3}{2}R < h \leq 2R$ แรงเสียดทานจะมีค่าเป็นบวก แสดงว่าแรงเสียดทานมีทิศเดียวกับแรงที่กระทำต่อวัตถุ งานวิจัยนี้ทำ ให้เข้าใจถึงทิศของแรงเสียดทานในสถานการณ์ที่ต่างกัน ดังนั้นความเข้าใจว่า*แรงเสียดทานต้องมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่เสมอ*จึงเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน



ภาพที่ 2.1 การกลิ้งของทรงกระบอกบนพื้นราบ (Pinto & Fiolhais, 2001)

พิจารณากรณีที่งานจากแรงเสียดทานเป็นศูนย์ (Carnero, Aguiar, & Hierreuelo, 1993) เพราะงานจากแรงเสียดทานมีค่าตรงข้ามทำให้งานรวมเป็นศูนย์ดังการพิสูจน์ต่อไปนี้ โดยเริ่มจากหลักการของงานและพลังงาน

$$W = \Delta E_k \tag{4}$$

เมื่อ W ประกอบไปด้วยงานของการเลื่อนที่ (W_T) และงานของการหมุน (W_R) และ ΔE_k ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์เนื่องจากการเลื่อนที่และพลังงานจลน์เนื่องจากการหมุน

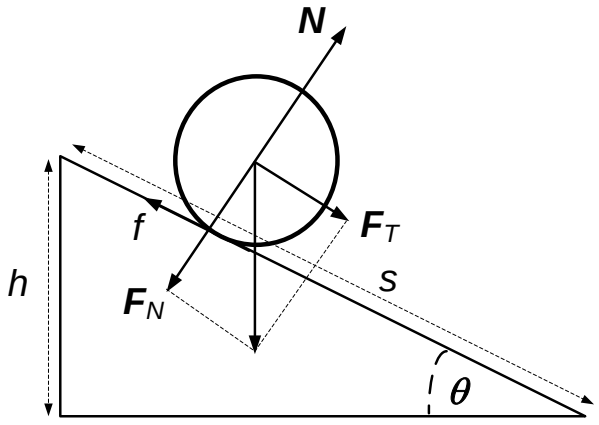
$$W = W_T + W_R \tag{5}$$

$$\Delta E_k = \left(\Delta E_k\right)_T + \left(\Delta E_k\right)_R \tag{6}$$

จากภาพที่ 2.2 งานจากการเลื่อนที่มีความสัมพันธ์กับแรง F_T ระยะทางเชิงเส้น s และแรงเสียดทาน f แสดงในสมการที่ (7) และงานจากการหมุนที่มีความสัมพันธ์กับทอร์ก τ และระยะทางเชิงมุม ϕ โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก แรงเสียดทานและรัศมีของวัตถุ คือ $\tau = fR$ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางเชิงเส้น ระยะทางเชิงมุม และรัศมีของวัตถุ คือ $s = \phi R$ แสดงในสมการที่ (8)

$$W_T = \left(F_T - f\right)s = F_T s - fs \tag{7}$$

$$W_R = \tau\phi = fR\phi = fs \tag{8}$$



ภาพที่ 2.2 แสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุขณะกลิ้งโดยไม่ไถลลงมาตามพื้นเอียง (Carnero, Aguiar, & Hierrezuelo, 1993)

เนื่องจากไม่มีการไถล ระยะทางเชิงเส้น *s* มีความสัมพันธ์กับระยะทางเชิงมุม ϕ ตามสมการ $s = \phi R$ ในทางกลับกันพลังงานจลน์ของการเลื่อนที่ $(\Delta E_k)_T$ และพลังงานจลน์ของการหมุน $(\Delta E_k)_R$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูป

$$(\Delta E_k)_T = \frac{1}{2} M v_c^2 \tag{9}$$

$$(\Delta E_k)_R = \frac{1}{2} I_c \omega^2 \tag{10}$$

เมื่อ v_c และ ω คือ อัตราเร็วเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุมของวัตถุ ณ ตำแหน่งด้านล่างของพื้นเอียงและมีความสัมพันธ์กันตามสมการ $v_c = \omega R$ และ I_c คือโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรอบแกนหมุน แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (4) จะได้

$$F_T s - fr + fr = \frac{1}{2} M v_c^2 + \frac{1}{2} I_c \omega^2 \tag{11}$$

ดังนั้น

$$F_T s = \frac{1}{2} M v_c^2 + \frac{1}{2} I_c \omega^2 \tag{12}$$

แรงที่กระทำต่อวัตถุขณะกลิ้งโดยไม่ไถลลงมาตามพื้นเอียงแสดงดังภาพที่ 2.2 ถ้าแทนค่าแรง F_T ซึ่งเป็นน้ำหนักของวัตถุในแนวขนานกับพื้นเอียงดังสมการที่ (13) และความสัมพันธ์ระหว่างความสูง *h* กับระยะทางเชิงเส้น *s* ดังสมการที่ (14) และแทนค่าลงในสมการที่ (12) จะได้สมการที่ (15) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการอนุรักษ์พลังงาน

$$F_T = Mg \sin\theta \tag{13}$$

$$h = s \sin\theta \tag{14}$$

$$Mgh = \frac{1}{2} M v_c^2 + \frac{1}{2} I_c \omega^2 \tag{15}$$

จากสมการที่ (11) แสดงว่างานเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากงานจากแรงเสียดทานและงานจากทอร์กซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานมีขนาดเท่ากันแต่มีเครื่องหมายตรงข้าม งานทั้งสองจึงหักล้างกัน ทำให้งานรวมมีค่าเป็นศูนย์

ต่อมาพิจารณาการเคลื่อนของวัตถุแบบกลิ้งโดยไม่ไถล (Rolling without slipping) และการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยมีการไถล (Rolling with slipping) (Basta, Gennaro, & Picciarelli, 1999) ทรงกลมมวล *m* และรัศมี *R* กลิ้งลงมาตามรางยาว *s* เอียงทำมุม θ แสดงดังภาพที่ 2 สำหรับการกลิ้งโดยไม่ไถลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น v และความเร็วเชิงมุม ω และ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งเชิงเส้น a และความเร่งเชิงมุม α โดยที่ $r=\sqrt{R^2-(L/2)^2}$ แสดงได้ดังนี้

$$v=\omega r \quad \text{และ} \quad a=\phi r \tag{16}$$

ในการกลิ้งของทรงกลมลงมาตามพื้นเอียง แรงที่กระทำต่อทรงกลมประกอบด้วยแรงโน้มถ่วงซึ่งแสดงในลักษณะส่วนประกอบของแรงในแนวตั้งฉากกับราง ($mg\cos\theta$) และแรงในแนวขนานกับราง ($mg\sin\theta$) แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส (N) และแรงเสียดทาน (F) สำหรับสมการการเลื่อนที่แสดงได้ดังนี้

$$mg\sin\theta - F = ma \tag{17}$$

สำหรับการหมุนรอบจุดศูนย์กลางมวล สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก (τ) และโมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกระบอกตัน (I) และความเร่งเชิงมุม (α) ได้ดังนี้

$$\tau = I\alpha \tag{18}$$

$$Fr = I\alpha \tag{19}$$

จากโมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกลมตันมวล m รัศมี R ($I=\frac{2}{5}mR^2$) แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก ($N=mg\left(\cos\theta\right)\frac{R}{r}$) สมการที่ (16), (17) และ (18) สามารถหาความเร่งของจุดศูนย์กลางมวลของทรงกลมได้ดังนี้

$$a=\frac{g\sin\theta}{1+0.4\left(R/r\right)^2} \tag{20}$$

จากสมการที่ (16), (18) และ (19) สามารถหาแรงเสียดทานที่พื้นเอียงกระทำต่อทรงกลมขณะกลิ้งลงจากพื้นเอียงได้ดังนี้

$$F \le \mu_s N \tag{21}$$

$$\mu_s \ge \frac{2}{5}\frac{R}{r}\frac{\tan\theta}{1+0.4\left(R/r\right)^2} \tag{22}$$

ในกรณีที่แรงเสียดทาน และ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต (μ_s) ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขในสมการที่ (21) ทรงกระบอกจะกลิ้งโดยเกิดการไถล ดังนั้นแรงเสียดทานที่กระทำ ต่อทรงกลมคือ แรงเสียดทานจลน์ ($F=\mu_k N$) เมื่อ μ_k คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ ซึ่งสามารถเขียนสมการการเลื่อนที่ได้ดังนี้

$$mg\sin\theta - \mu_k mg\left(\cos\theta\right)\frac{R}{r} = ma \tag{23}$$

เมื่อจัดรูปสมการที่ (22) จะได้ความเร่งของจุดศูนย์กลางมวลของทรงกลมได้ดังนี้

$$a=g\left(\sin\theta-\mu_k\left(\cos\theta\right)\frac{R}{r}\right) \tag{24}$$

สำหรับกรณีการเคลื่อนที่เชิงเส้นด้วยความเร่งคงที่ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วปลาย v ความเร่ง a และระยะทางเชิงเส้น s เมื่อความเร็วต้นเป็นศูนย์ คือ $v^2 = 2as$ เมื่อแทนค่าความเร่งจากสมการที่ (19) และ (23) จะได้ความเร็วปลายของการเคลื่อนที่แบบกลิ้งซึ่งแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

ในกรณีการกลิ้งโดยไม่ไถล $$v^2 = \frac{2gs\sin\theta}{1+0.4\left(R/r\right)^2} \quad (25)$$

ในกรณีการกลิ้งโดยเกิดการไถล $$v^2 = 2gs\left(\sin\theta - \mu_k\left(\cos\theta\right)\frac{R}{r}\right) \quad (26)$$

เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ หรือ Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) เป็นลักษณะหนึ่งของการสอนโดยมีผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน และสร้างการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง โดยเป็นการสอนแบบบรรยายและมีการสื่อใช้สาธิตประกอบการเรียนการสอน และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำนายผลและให้มีการอภิปรายกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนด้วยกันเอง โดยสื่อสาธิตอาจเป็นสื่อที่เป็นอุปกรณ์ เช่น การกลิ้งของทรงกระบอกลงตามพื้นเอียง แสดงดังภาพที่ 2.3 หรือสื่อสาธิตอาจเป็นภาพถ่ายวีดีโอของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีทางฟิสิกส์ เช่น ภาพถ่ายวีดีโอการตกอิสระของลูกขนไก่และลูกเทนนิสในหลอดสุญญากาศ เป็นต้น เพื่อสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ของผู้เรียนและเป็นการเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อต่างๆ อีกด้วย

ขั้นตอนการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยทั่วไปประกอบด้วย 1. ผู้สอนอธิบายวิธีการสาธิต 2. ให้ผู้เรียนทำนายผลไว้ในใจ 3. ถามผลการทำนายและเหตุผลของผู้เรียน 4. ผู้เรียนอภิปรายผลการทำนายกับเพื่อนข้างๆ 5. ให้ผู้เรียนสังเกตผลการสาธิต 6. ผู้สอนและผู้เรียนช่วยกันอภิปรายถึงผลการสาธิตและผู้สอนสรุปผลการสาธิต

ภาพที่ 2.3 การสอนด้วยเทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการกลิ้งของทรงกระบอกตันมวลต่างกันลงจากพื้นเอียง (Lewin, 1999)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุระ วุฒิพรหม และ ฉวีวรรณ ชัยวัฒนา (2554) ศึกษาวิจัยรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัยเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดด้วย worksheet (ไกด์สำหรับการจดเล็คเชอร์) ร่วมกับ D4L+P (ระบบการจัดการเรียนรู้) กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักศึกษามหาวิทยาลัยอุบลราชธานีจำนวน 843 คนที่ลงทะเบียนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 2 ปีการศึกษา 2551 ใช้แบบทดสอบแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์มาตรฐานเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเครื่องมือตรวจสอบความเข้าใจแนวคิด จากการวิจัยพบว่ากลุ่มควบคุมมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่กลุ่มทดลองมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

Jairuk (2007) ได้ทำการศึกษางานวิจัยการจัดการเรียนการสอนใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Lecture Demonstrations ; ILD) ในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแสดงผลประกอบการสาธิตกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็นนักเรียนโรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพฯ จำนวน 132 คน ในภาคเรียนการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2547 ILD เป็นรูปแบบการสอนที่ประกอบด้วยการทดลองง่ายๆทางฟิสิกส์โดยมีการทดลองการเคลื่อนที่ที่หลากหลาย ILD ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Thornton และ Sokoloff (1998) สามารถที่จะประเมินประสิทธิภาพการสอนนี้โดยใช้แบบทดสอบแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์มาตรฐานในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (FMCE) ฉบับภาษาไทย โดยมีการทดสอบก่อนและหลังการสอนภายหลังการสอนแบบ ILD พบว่า normalized gain เท่ากับ 0.3 ซึ่งสูงกว่าการสอนแบบเดิม (การบรรยายเพียงอย่างเดียว) ในปี 2546 พบว่า normalized gain เท่ากับ 0.1 นอกจากนี้ยัง พบว่า normalized gain จะสูงมากในกลุ่มเรื่องความเร่งและกฎข้อที่ 3 ของนิวตันจากผลการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า ILD สามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ได้ดีขึ้นกว่าเดิม

มัทยาภรณ์ และ สาคร (2559) ได้ทำการพัฒนาการเรียนรู้โดยเทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่องงานและพลังงานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความฉลาดทางสังคมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 จำนวน 43 คน พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้การสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่องงานและพลังงานมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ (75/75) ดัชนีประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.6991 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 75) และนักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์โดยรวมในระดับมาก

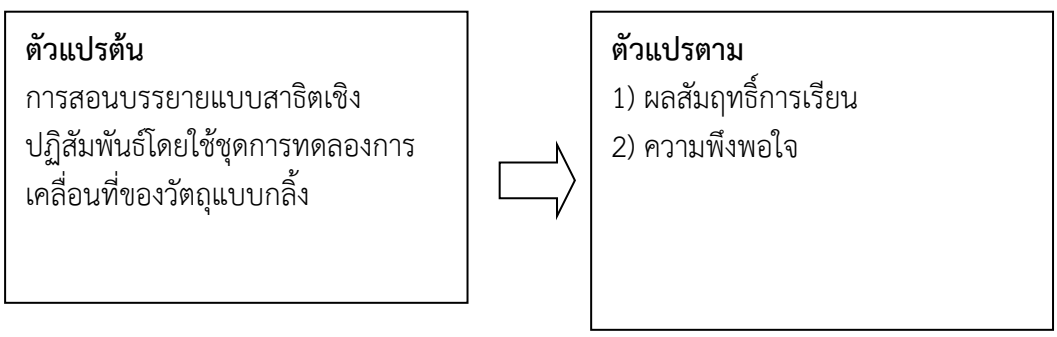
รุจิรา และ โชคศิลป์ (2558) ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยใช้ตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสิรินธร จ.สุรินทร์ จำนวน 35 คน พบว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และมีความก้าวหน้าในระดับปานกลาง ซึ่งคณะผู้วิจัยเพิ่มเติมว่าเทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ช่วยเพิ่มความเข้าใจและความก้าวหน้าทางการเรียนแนวคิดวิทยาศาสตร์

กฤตภัค และ นิวัฒน์ (2556) ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง การสั่นของสปริง โดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีของ MBL, สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์, และการรวมกันของทั้งคู่ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองหานวิทยา จังหวัดอุดรธานี จำนวน 139 คน ใช้รูปแบบวิธีวิจัยเชิงปริมาณแบบหลายกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ มีคะแนนความเข้าใจมโนมติเรื่องการสั่นของสปริงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 การวิเคราะห์แรงจูงใจในการเรียนรู้ฟิสิกส์ของผู้เรียนทั้ง 5 ด้านคือด้านความจูงใจภายใน ด้านความจูงใจในการทำงาน ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง ด้านประสิทธิภาพของตนเอง และด้านความจูงใจในผลการเรียน ทั้ง 5 ด้าน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างจำเพาะเจาะจงตามแบบการทดลองนั้น และด้านประสิทธิภาพของตนเองแตกต่างจากด้านอื่นๆ

กมลทิพย์ และ กานต์ตะรัตน์ (2558) ทำการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 โดยใช้นักเรียนจำนวน 30 คน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (<g> = 0.70) และมีความพึงพอใจต่อการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.54)

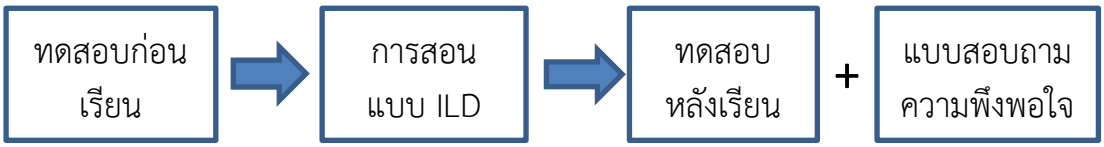
กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ ดังนั้นงานวิจัยจึงถูกออกแบบให้มีลักษณะงานวิจัยการทดลองแบบ $T_1 \times T_2$ คือ ทดสอบก่อนเรียน–สอน–ทดสอบหลังเรียน และ วัดความพึงพอใจ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัยการทดลองแบบ $T_1 \times T_2$

ซึ่งจะเห็นว่าการสอนโดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง มีการเปลี่ยนแปลงจากการสอนแบบเดิมคือ เปลี่ยนจากการทดสอบย่อยหลังเรียนที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหา เป็นการทำกิจกรรมการสอนโดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง แต่ทั้งการทดสอบย่อยหรือการทำกิจกรรมได้แจ้งนักศึกษาว่าจะมีคะแนนเก็บให้คิดเป็นร้อยละ 5 ของคะแนนทั้งหมด สำหรับกิจกรรมการสอนโดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง ที่กลุ่มทดลองได้ทำนั้นมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 3.2

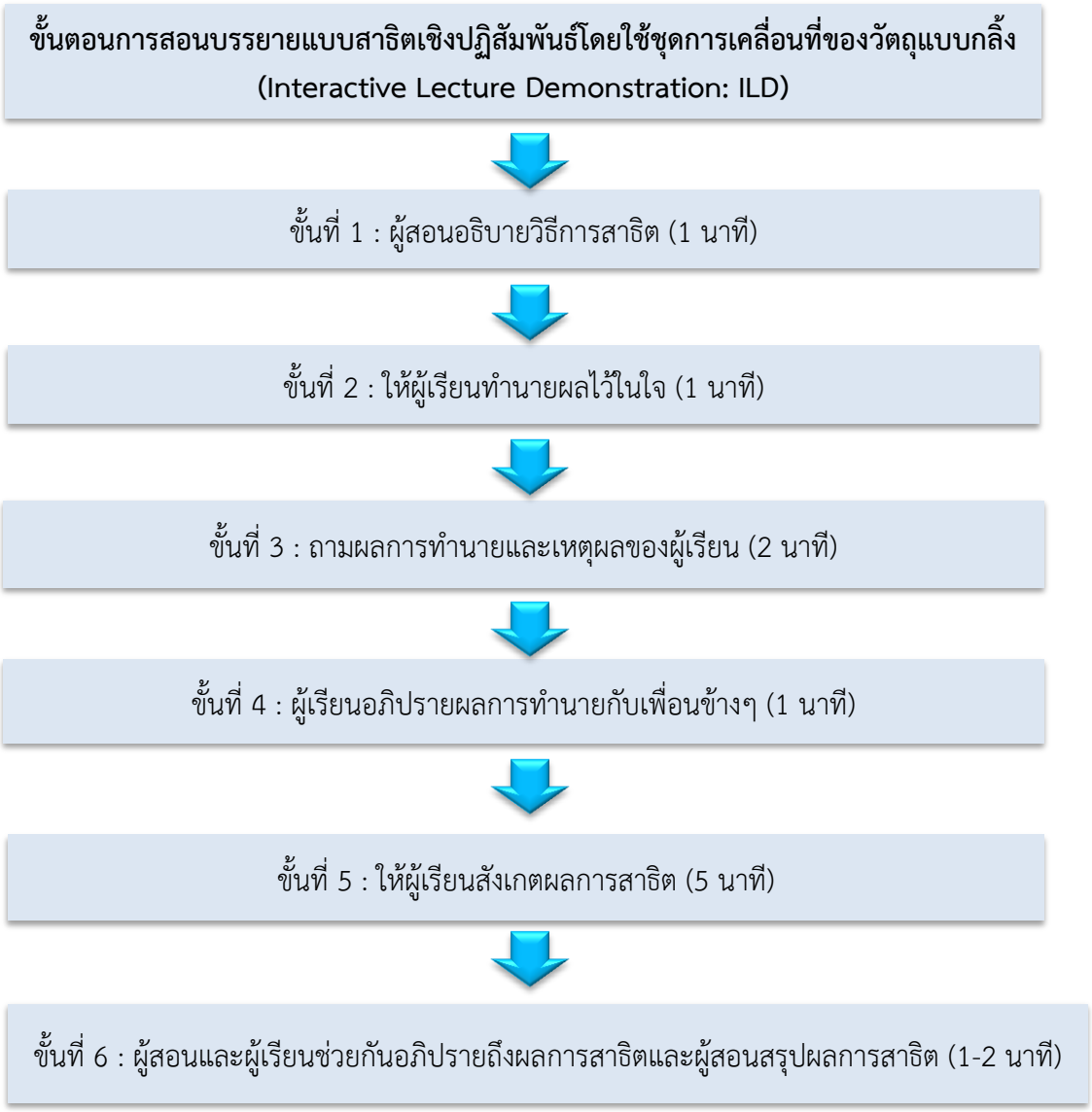
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไปในเทอม 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 117 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 51 คน และ กลุ่มทดลอง 66 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

ตารางที่ 3.1 การสอนในหนึ่งชั่วโมงครึ่งของการสอนแบบบรรยายและการสอนโดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

การสอนแบบบรรยาย (กลุ่มควบคุม)	**การสอน**โดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง (กลุ่มทดลอง)
ทดสอบก่อนเรียน ⇓ อธิบายหลักการและทฤษฎี ⇓ เชื่อมโยงทฤษฎีและสมการ	ทดสอบก่อนเรียน ⇓ อธิบายหลักการและทฤษฎี ⇓ เชื่อมโยงทฤษฎีและสมการ

⇓ ทำแบบฝึกหัด ⇓ ทดสอบหลังเรียน	⇓ ทำแบบฝึกหัด ⇓ ทำกิจกรรมการสอนโดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง และทดสอบหลังเรียน



ภาพที่ 3.2 แผนภาพลำดับขั้นตอนการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผ่านขั้นตอนกระบวนการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

2) แบบทำนายผลประกอบการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

ทำการหาคุณภาพของชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการประเมินความเหมาะสมด้านเนื้อหาและด้านสื่อ แล้วสร้างเป็นแบบสอบถามตามวิธีประเมินค่า โดยกำหนดความคิดเห็นเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเปรียบเทียบความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ

คะแนนเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมชุดทดลองและด้านเนื้อหาความรู้การสอน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
ด้านเนื้อหาวิชาการของชุดทดลอง		
1. ความสอดคล้องของชุดทดลองกับเนื้อหา	4.67	มากที่สุด
2. ความถูกต้องของชุดทดลอง	3.67	มาก
3. การจัดลำดับความสำคัญของการทดลอง	4.33	มาก
ด้านการใช้งาน		
4. การมีส่วนร่วมในการใช้สื่อของผู้เรียน	4.33	มาก
5. ขนาดเหมาะสมกับจำนวนของผู้เรียน	4.33	มาก
6. ความสะดวกในการใช้ทดลอง	4.33	มาก
7. ความน่าสนใจของชุดทดลอง	4.67	มากที่สุด
8. ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	4.33	มาก
9. ความสะดวกในการบำรุงรักษา	5.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
คุณลักษณะของชุดทดลอง		
10. การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์	4	มาก
11. ความชัดเจนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้นักศึกษาเห็น	4.67	มากที่สุด
12. ความไม่ซับซ้อนของโครงสร้าง	5	มากที่สุด
13. ความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับระดับของนักศึกษา	4.67	มากที่สุด
14. ความคงทนของวัสดุ	5	มากที่สุด
15. วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย	4	มาก
ด้านเนื้อหาความรู้ของการสอน		
16. ครอบคลุมเนื้อหาวิชากับวัตถุประสงค์ของการสอนเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง	5	มากที่สุด
17. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	มากที่สุด
18. ความเหมาะสมของเนื้อหาในการจัดลำดับในแต่ละหัวเรื่อง	4.67	มากที่สุด
19. ความเหมาะสมกับระดับของนักศึกษาที่เรียน	5	มากที่สุด
20. ความเหมาะสมลำดับขั้นการสาธิต	5	มากที่สุด
21. การก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้	5	มากที่สุด
22. แบบวัดผลสัมฤทธิ์วัดได้ตรงกับระดับการเรียนรู้	4.67	มากที่สุด
23. คำถามและคำตอบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์มีเป้าหมายที่ชัดเจน	5	มากที่สุด

จากการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมชุดทดลองและด้านเนื้อหาความรู้การสอน เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของคะแนนจากกรายการทั้งหมดทุกด้าน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 4.61 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อทำการวิเคราะห์รายด้าน ในด้านเนื้อหาวิชาการของชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.22 อยู่ในระดับมาก ในด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.5 อยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านคุณลักษณะของชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.56 อยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านเนื้อหาความรู้ของการสอนมีค่าเฉลี่ย 4.88 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะในรายการความถูกต้องของชุดทดลองได้ค่าเฉลี่ย 3.67 ซึ่งมีค่าต่ำสุดในรายการทั้งหมดน่าจะเนื่องมาจากรางที่ทำมาจากอะลูมิเนียมและวัสดุที่ใช้ในการกลิ้งเป็นโลหะ จึงทำให้มีความเป็นไปได้ในการเกิดการลื่นไถลแทนการกลิ้งถ้าวัตถุนั้นมีน้ำหนักมากเกินไป แต่โดยรวมแล้วค่าเฉลี่ยของคะแนนจากกรายการทั้งหมดทุกด้านพบว่ามีค่าเฉลี่ย 4.61 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงว่าชุดทดลองมีความเหมาะสมนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

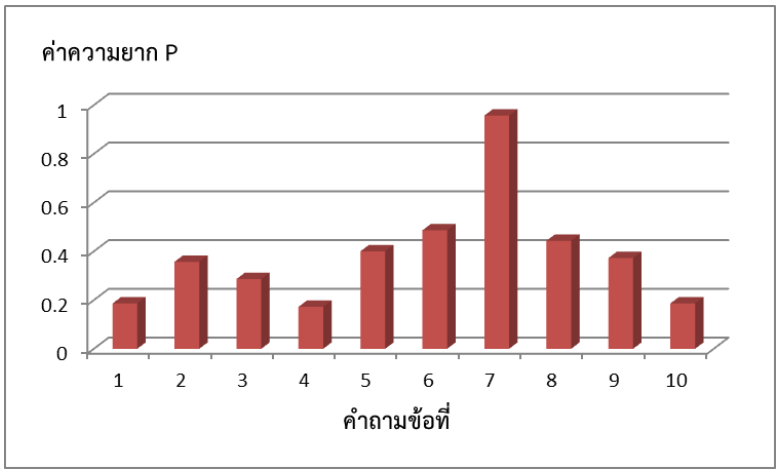
2) แบบวัดความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

ผลการวิเคราะห์รายข้อของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งของกลุ่มตัวอย่าง

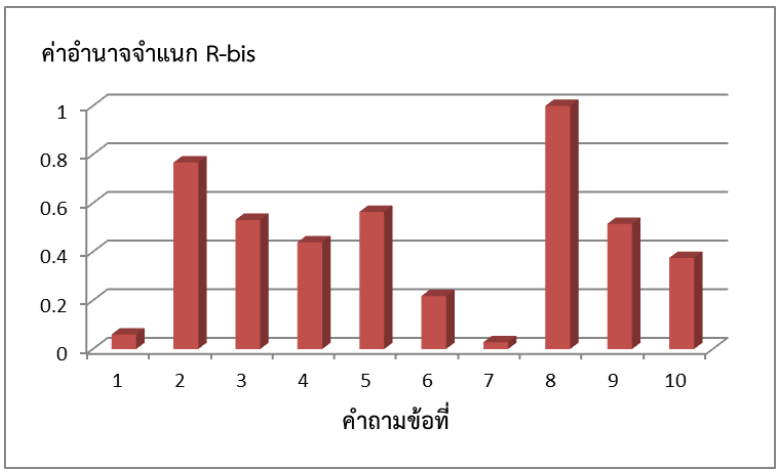
การวิเคราะห์รายข้อ (Item analysis) ประกอบไปด้วยการหาค่าความยาก (Item difficulty index) และค่าอำนาจจำแนก (Item discrimination index) สำหรับการวิเคราะห์รายข้อได้ใช้ข้อมูลจากกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกแบบ R-bis และแบบ D จากข้อมูลกลุ่มทดลอง

ข้อที่	ค่าความยาก P	ค่าอำนาจจำแนก R-bis	ค่าอำนาจจำแนก D
1	0.186	0.060	0.143
2	0.357	0.767	0.486
3	0.286	0.531	0.514
4	0.172	0.439	0.229
5	0.400	0.564	0.514
6	0.486	0.218	0.114
7	0.957	0.028	0.029
8	0.443	1.051	0.714
9	0.372	0.515	0.343
10	0.186	0.375	0.314



ภาพที่ 3.3 ค่าความยาก P รายข้อ



ภาพที่ 3.4 ค่าอำนาจจำแนก R-bis รายข้อ

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติค่าดัชนีความยากของแบบทดสอบที่แสดงในตาราง 3.3 ภาพที่ 3.3 และภาพที่ 3.4 พบว่า ค่าดัชนีความยาก (P) ของแบบทดสอบมีค่าความยากส่วนมากมีค่ามากกว่า 0.16 - 0.4 ซึ่งแสดงถึงระดับความยากของแบบทดสอบค่อนข้างยาก แต่มีข้อ7 ที่มีค่าความยาก 0.957 ซึ่งเป็นค่าที่ง่ายมาก

จากผลทางสถิติค่าอำนาจจำแนกแบบ (R-bis) ในตาราง 3.3 แสดงให้เห็นถึงการตอบแบบทดสอบของนักเรียนระหว่างกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำสามารถจำแนกกันได้อย่างชัดเจน เนื่องจากค่าอำนาจจำแนก (R-bis) มีค่าสูงคือมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไปเกือบทุกข้อ ยกเว้นข้อที่ 1 และ 7 ที่มีอำนาจจำแนกต่ำคือ มีค่า 0.06 และ 0.028 ตามลำดับ สอดคล้องกับค่าอำนาจจำแนกแบบ (D)

จากการวิเคราะห์ภาพรวมระหว่างดัชนีความยาก (P) และ ค่าอำนาจจำแนกแบบ (R-bis) และ (D) พอจะสรุปได้ว่า แบบทดสอบส่วนใหญ่ถือว่ายากพอเหมาะจนถึงค่อนข้างยาก และมีค่าอำนาจจำแนกพอใช้ ถึง ค่าอำนาจจำแนกดีมาก เช่น ข้อ 9 เป็นข้อสอบค่อนข้างยากและค่าอำนาจจำแนกดี ยกเว้นข้อ 1 ที่เป็นข้อสอบยากมากและค่าอำนาจจำแนกต่ำ และ ข้อ 7 ที่เป็นข้อสอบง่ายมากและค่าอำนาจจำแนกต่ำ

ความแม่นยำแบบทดสอบ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบเพื่อหาความแม่นยำ (Reliability) ของแบบประเมินด้วยค่าดัชนีความแม่นยำของ Kuder – Richardson -20 (KR-20) จากการวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างได้ค่าดังนี้ KR-20 = 0.013 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเห็นว่าแบบทดสอบมีความแม่นยำและเชื่อมั่นน้อย ผลการทดสอบแสดงค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเป็นเพราะความสามารถรับรู้ของผู้เรียนเอง และอาจเป็นเพราะว่าการทดสอบครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียนทำให้นักเรียนไม่ตั้งใจทำข้อสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยคะแนนเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และ t–test แบบ dependent

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}}; \quad df = n-1$$

เมื่อ D แทน ค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนคู่ของคะแนน

2) แบบวัดประเมินความพึงพอใจการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งสำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าร้อยละ

ลักษณะของตัวแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

5	คะแนน	ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
4	คะแนน	ระดับความพึงพอใจมาก
3	คะแนน	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
2	คะแนน	ระดับความพึงพอใจน้อย
1	คะแนน	ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

เมื่อรวบรวมข้อมูลและแจกแจงความถี่แล้ว จะใช้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมาพิจารณาระดับความพึงพอใจ ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

$$\text{ระดับ} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{5-1}{5} = 0.8$$

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเปรียบเทียบความพึงพอใจ

คะแนนเฉลี่ย	**ระดับระดับความพึงพอใจ**
4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

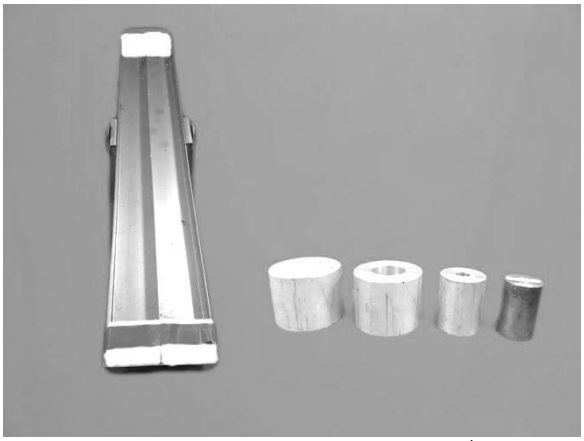
ในการวิเคราะห์และการนำเสนอและการอภิปรายผลการวิจัยในเรื่อง ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งสำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยกล่าวถึงผลการทดลองจากการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์(กลุ่มควบคุม) ผลจากการใช้ชุดสาธิตชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อชุดสาธิตดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง(ภาพที่ 4.1) สร้างจากสแตนเลสทำเป็นตัวรางยาว 1 เมตร อยู่บนแท่นซึ่งสามารถปรับขึ้นลงได้เหมือนไม้กระดกเพื่อปรับมุมในการกลิ้ง ใช้วัตถุในการกลิ้ง 4 ชิ้นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รูปร่าง ขนาด และ น้ำหนักของวัสดุที่ใช้ในการกลิ้ง

ชนิดวัสดุ	รูปร่าง	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
อะลูมิเนียม	ทรงกระบอกกลวง	67	600
อะลูมิเนียม	ทรงกระบอกกลวง	105	1300
อะลูมิเนียม	ทรงกระบอกตัน	105	1700
เหล็ก	ทรงกระบอกตัน	28	1200



ภาพที่ 4.1 ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

ชุดทดลองการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งที่ถูกนำมาใช้จะทำการแสดงให้เห็นถึงการกลิ้งว่าไม่ขึ้นกับน้ำหนักของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบกลิ้ง แต่จะขึ้นอยู่

กับรูปร่างของการกลิ้งเป็นสำคัญ ซึ่งเห็นผลว่าเมื่อกลิ้งวัตถุรูปร่างเหมือนกันแต่น้ำหนักต่างกันจะถึงปลายทางพร้อมกัน

ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนได้ใช้แบบทดสอบการเคลื่อนที่แบบกลิ้ง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2 – 4.4

ตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม

Mean	Number of student	Average	S.D.	Df	t-test	p value
Pre-test	51	3.22	2.65	50	-0.91	0.36
Post-test	51	3.45	1.69			

*p < 0.05

ตารางที่ 4.3 วิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

Mean	Number of student	Average	S.D.	Df	t-test	p value
Pre-test	66	3.33	1.92	65	-3.09	0.00*
Post-test	66	4.13	1.93			

*p < 0.05

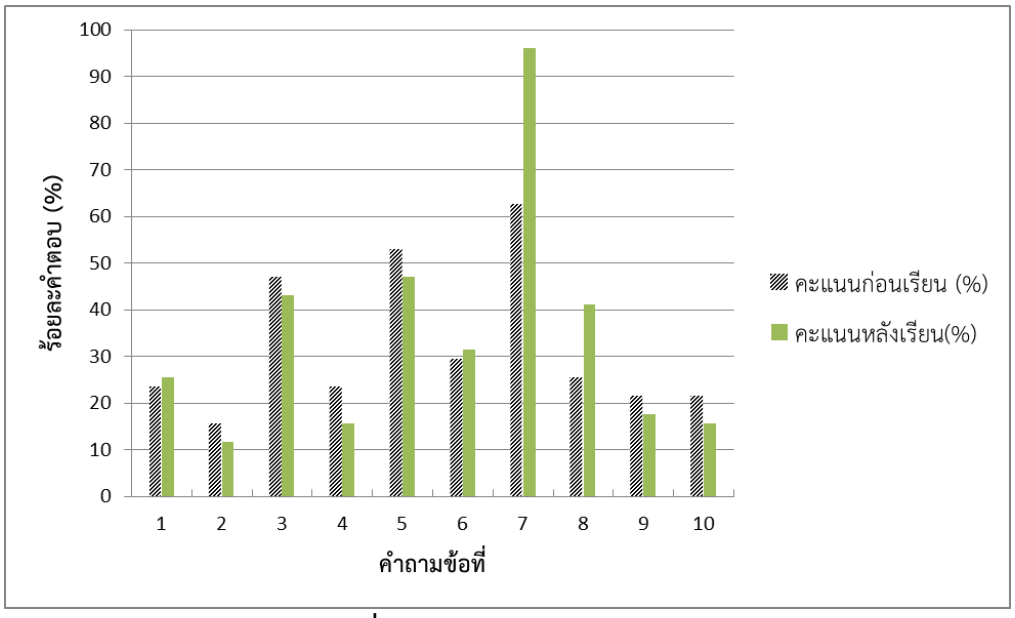
ตารางที่ 4.4 วิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

Mean	Number of student	Average	S.D.	Df	t-test	p value
Control	51	3.45	1.69	50	-5.71	0.00*
ILD	51	4.65	1.27			

*p < 0.05

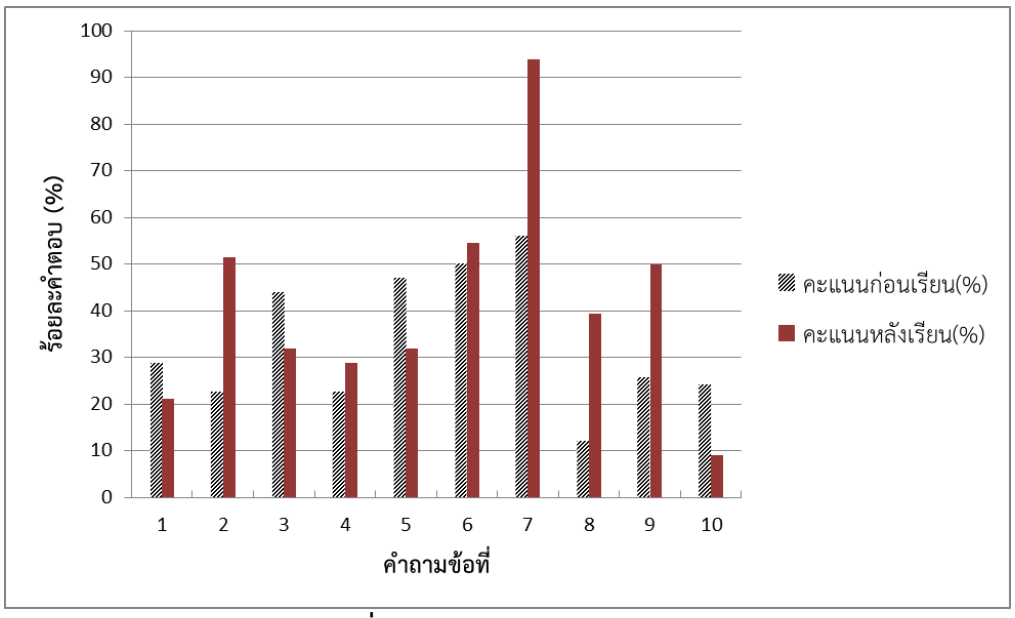
จากตารางที่ 4.2 ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้เรียนไม่ได้เห็นปรากฏการณ์จริงและอภิปรายผลการทำนายซึ่งกันและกันจึงทำให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจและจดจำปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบการกลิ้งได้ยาก แต่จะเริ่มเห็นผลที่ชัดเจนมากขึ้นจากตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ซึ่งการใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันและเห็นจริงกับปรากฏการณ์การเคลื่อนของวัตถุแบบกลิ้งจึงทำให้เกิดความเข้าใจได้ในเวลาอันรวดเร็ว แต่โดยรวมคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนก็ยังไม่สูงนักน่าจะเกิดจาก

ผู้เรียนยังไม่ได้มีเวลาในการนำความรู้ที่ได้กลับไปทำความเข้าใจเพิ่มเติม เมื่อทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลคะแนนของการทดสอบเฉพาะหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจากตารางที่ 4.4 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งมีส่วนช่วยทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น



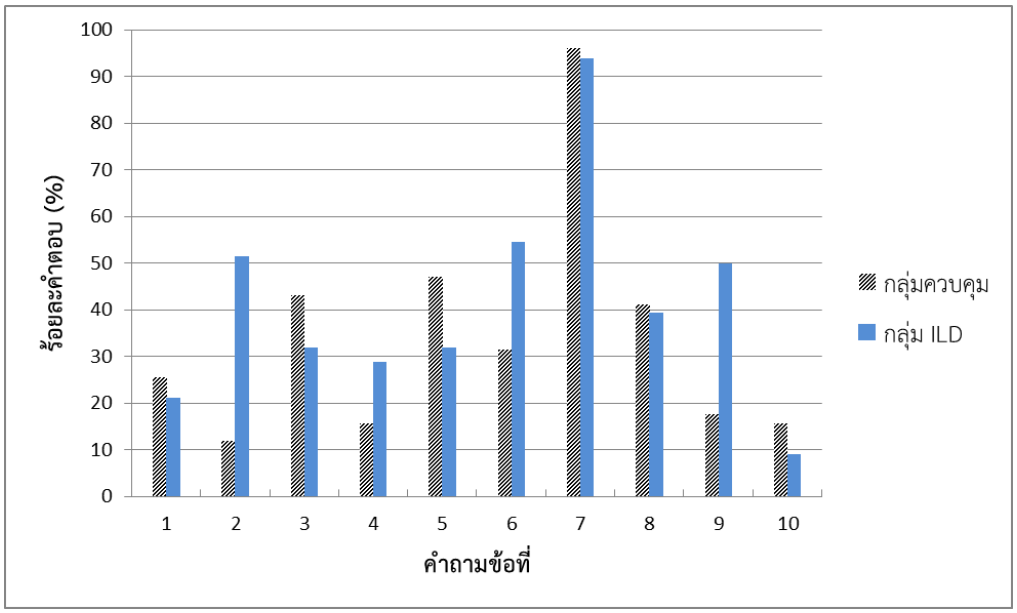
ภาพที่ 4.2 แสดงผลการเรียนของกลุ่มควบคุม

จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นผลการประเมินก่อนเรียนของกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ก็มีค่ามากกว่าหลังเรียน และมีจำหนวนหนึ่งที่คะแนนหลังเรียนมากกว่าหรือใกล้เคียงก่อนเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสอนแบบดั้งเดิมหรือสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจทางเนื้อหาและปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์มากเท่าที่ควร



ภาพที่ 4.3 แสดงผลการเรียนของกลุ่มทดลอง

จากภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง มีผลการประเมินที่ใกล้เคียงกันบางข้อก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียน บางข้อหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากกว่าร้อยละ 20 ขึ้นไป



ภาพที่ 4.4 ร้อยละของคำตอบหลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จากภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นการของคะแนนหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เห็นว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนที่สูงกว่าคะแนนกลุ่มควบคุมเป็นบางข้อ โดยเฉพาะข้อที่ 2,4,6,9 ที่คะแนนกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมถึงร้อยละ 30 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนในกลุ่มทดลองได้รับสอนด้วยการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ทำให้ผู้เรียนเห็นปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้น และทำให้เข้าใจเนื้อหาและปรากฏการณ์จริงทางการกลิ้งและโมเมนต์ความเฉื่อยมากยิ่งขึ้น

ผลประเมินความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้ง

ผลจากการสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มทดลองต่อกิจกรรมการเรียนการสอน แสดงดังตาราง 4.5 และภาพที่ 4.6 จากจำนวนร้อยละที่กลุ่มทดลองแสดงความคิดเห็น พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่จะให้ความคิดเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากในทุกข้อ ทั้งในด้านบรรยากาศการเรียนรู้ระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน คุณภาพของชุดสาธิตและใบกิจกรรมโดยภาพรวม และความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับชุดสาธิต คุณภาพของชุดสาธิตและใบกิจกรรมโดยภาพรวม และความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับชุดสาธิต เมื่อพิจารณาความคิดเห็นในแต่ละด้านแล้วเห็นว่าในด้านบรรยากาศการเรียนรู้ระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอนทำให้ผู้เรียนในกลุ่มทดลองหรือกลุ่มทดลองมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนมากขึ้นถึงร้อยละ 50.94 มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้สอนมากขึ้นร้อยละ 54.71 และในด้านบรรยากาศการเรียนรู้ระหว่าทำกิจกรรม นักศึกษามีความกระตือรือร้นและสนุกกับการเรียนมากขึ้นมากถึงร้อยละ 58.49 ในด้านคุณภาพของชุดสาธิตและใบกิจกรรมเห็นด้วยว่าชุดสาธิตมีความเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนรู้จากการบรรยายถึงร้อยละ 77.36 และที่ดีที่สุดคือ การแสดงผลของการสาธิตสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ให้ความพึงพอใจมากถึงร้อยละ 79.25 และในด้านความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับชุดสาธิต กลุ่มทดลองเห็นด้วยกับประเด็นที่ว่า กิจกรรมวิ่งๆกลิ้งๆ ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการกลิ้ง และ โมเมนต์ความเฉื่อย และเห็นสถานการณ์จริงมากขึ้นร้อยละ 76.42 และมีการตอกย้ำว่าในกิจกรรม ช่วงที่ให้ข้าพเจ้าทำนายผลก่อนที่จะสังเกตผลการสาธิต ช่วยให้ข้าพเจ้าค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการโมเมนต์ความเฉื่อยของตนเองมีความพอใจไม่มากอยู่ที่ร้อยละ 60.38 น่าจะเกิดจากเรื่องการกลิ้งเป็นเรื่องที่เข้าใจได้ยากทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

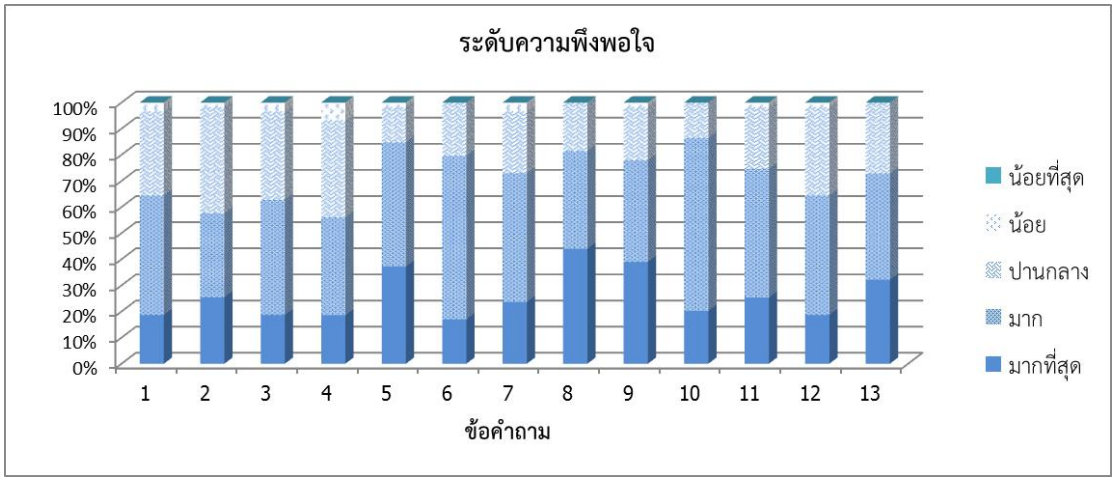
ตารางที่ 4.5 แสดงร้อยละของระดับความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มทดลอง

รายการคำถาม	**ร้อยละของระดับความคิดเห็น(%)**					**เฉลี่ย***
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	
ตอนที่ 1 บรรยากาศการเรียนรู้ระหว่างทำกิจกรรม:ในระหว่างช่วงกิจกรรมข้าพเจ้า.....						
1.มีความกระตือรือร้น และสนุกกับการเรียนมากขึ้น	0.00	1.89	39.62	41.51	16.98	3.74

รายการคำถาม	ร้อยละของระดับความคิดเห็น(%)					เฉลี่ย*
	1	2	3	4	5	
2.มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนมากขึ้น	0.00	3.77	45.28	33.96	16.98	3.64
3.มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้สอนมากขึ้น	0.00	5.66	39.62	39.62	15.09	3.64
4.มีโอกาสฝึกทักษะการเขียนอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	0.00	4.72	38.68	40.57	16.04	3.68
รวมเฉลี่ยตอนที่ 1						3.67
ตอนที่ 2 คุณภาพของชุดสาธิต และใบกิจกรรมโดยภาพรวม						
5.ชุดสาธิตมีความน่าสนใจ และท้าทายการเรียนรู้	0.00	3.77	24.53	45.28	26.42	3.94
6.คำถามที่ใช้ในการทำนายผลใช้ภาษาที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย	0.00	2.83	26.42	53.77	16.98	3.85
7.คำถามที่ใช้ในการทำนายผลช่วยกระตุ้นให้ข้าพเจ้าคิด และเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมามากขึ้น	0.00	3.77	28.30	51.89	16.04	3.80
8.การแสดงผลของการสาธิตสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน	0.00	1.89	18.87	45.28	33.96	4.11
9.ชุดสาธิตมีความเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนรู้จากการบรรยาย	0.00	2.83	19.81	43.40	33.96	4.08
รวมเฉลี่ยตอนที่ 2						3.96
ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับชุดสาธิต						
10.กิจกรรม วิ่งๆกลิ้งๆ ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการกลิ้ง และโมเมนต์ความเฉื่อย และเห็นสถานการณ์จริงมากขึ้น	0.00	1.89	21.70	56.60	19.81	3.94
11.กิจกรรมทั้งหมดช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจเนื้อหาจากการบรรยายมากขึ้น	0.00	1.89	33.96	40.57	23.58	3.86
12.ในกิจกรรม ช่วงที่ให้ข้าพเจ้าทำนายผลก่อนที่จะสังเกตผลการสาธิต ช่วยให้ข้าพเจ้าค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการโมเมนต์ความเฉื่อยของตนเอง	0.00	2.83	36.79	42.45	17.92	3.75

รายการคำถาม	ร้อยละของระดับความคิดเห็น(%)					เฉลี่ย*
	1	2	3	4	5	
13.หลังจากการสาธิต ผู้สอนอภิปราย และสรุปกิจกรรม ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจหลักการโมเมนต์ความเฉื่อยที่ประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมได้ดีขึ้น	0.00	0.94	29.25	45.28	24.53	3.93
รวมเฉลี่ยตอนที่ 3						3.87
รวมทุกด้าน						**3.84**

เฉลี่ย* คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นในแต่ละข้อ



ภาพที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนการสอนของกลุ่มทดลอง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ โดยใช้แผ่นแสตนเลสเป็นราง และใช้ท่อและเพลาโลหะในการกลิ้งทำให้เห็นภาพได้ชัดเจน ว่าวัตถุจะกลิ้งโดยไม่ไถลจะขึ้นอยู่กับค่าความเร่งของวัตถุนั้นๆหรือนั่นก็คือขึ้นกับรูปร่างของวัตถุเท่านั้น ไม่ขึ้นกับน้ำหนักตามที่ผู้เรียนเข้าใจกันก่อนหน้านี้ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้เรียนจะเข้าใจว่า ถ้ารูปร่างของวัตถุมีลักษณะเหมือนกันดังเช่นเป็นทรงกระบอกตันเหมือนกัน วัตถุชิ้นที่มีมวลมากกว่าจะกลิ้งถึงพื้นก่อนวัตถุชิ้นที่มีมวลน้อย หรือวัตถุรูปทรงกระบอกตันเหมือนกัน วัตถุชิ้นที่มีรัศมีมากกว่ามวลมากกว่าจะกลิ้งถึงพื้นก่อนวัตถุชิ้นที่มีรัศมีน้อยกว่ามวลน้อยกว่า ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาไม่ถูกต้อง โดยชุดการทดลองเห็นเป็นที่ประจักษ์ได้อย่างชัดเจนว่า วัตถุที่มีรูปร่างแบบเดียวกันเช่นรูปร่างทรงกระบอกตัน วัตถุชิ้นที่มีมวลมากกว่าจะกลิ้งถึงพื้นพร้อมกับวัตถุชิ้นที่มีมวลน้อย หรือวัตถุรูปทรงกระบอกตันเหมือนกัน วัตถุชิ้นที่มีรัศมีมากกว่ามวลมากกว่าจะกลิ้งถึงพื้นพร้อมกับวัตถุชิ้นที่มีรัศมีน้อยกว่ามวลน้อยกว่า เพราะการเคลื่อนที่แบบกลิ้งจะขึ้นอยู่กับค่าความเร่งของวัตถุเท่านั้น หรือขึ้นอยู่กับ โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุนั้นๆ

ผลคะแนนการตอบคำถามก่อนเรียนและหลังเรียนในแบบทดสอบการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ปรากฏว่าในกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 จึงทำให้เห็นว่าชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์สามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งกับผู้เรียนได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ (สุระ และ ฉวีวรรณ, 2554; Jairuk, 2007; รุจิรา และ โชคศิลป์, 2558) ที่ได้ทำการวิจัยโดยใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ กับเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ได้มากขึ้นกว่า การบรรยายเพียงอย่างเดียว

ในผลการประเมินความพึงพอใจ ชุดทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลิ้งเพื่อใช้สำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่จะให้ความคิดเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากในทุกข้อ ในด้านบรรยากาศการเรียนรู้ระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอนมีความพึงพอใจในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.67) ในด้านคุณภาพของชุดสาธิตและใบกิจกรรมโดยภาพรวมมีความพึงพอใจในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.96) และความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับชุดสาธิตมีความพึงพอใจในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.87) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (มัทยาภรณ์ และ สาคร, 2559; กมลทิพย์ และ กานต์ตะรัตน์, 2558) ที่กล่าวว่า การใช้เทคนิคการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ ในการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ จะให้ผู้เรียนมีความสนใจและพึงพอใจต่อความรู้ที่ได้รับในระดับมากขึ้นไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรปรับปรุงชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งเพื่อใช้สำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ ให้มีน้ำหนักน้อยลงและควรออกแบบให้ขนย้ายสะดวกขึ้นเพื่อสามารถเคลื่อนย้ายไปตามห้องบรรยายได้ง่ายขึ้น รวมถึงอาจจะมีการปูวัสดุกันกระแทกเพิ่มเติมเพื่อลดเสียงและเพิ่มความปลอดภัย

ในการทำวิจัยขั้นต่อไปควรที่จะต้องคัดผู้เรียนที่มีเกรดเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากกว่านี้เพื่อทำให้พื้นฐานของผู้เรียนมีจุดเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกัน น่าจะทำให้คะแนนมีความชัดเจนมากขึ้นว่ามาจากผลของการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์เพียงอย่างเดียว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กมลทิพย์ บริบูรณ์ และ กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34 มหาวิทยาลัยของแก่น จังหวัดของแก่น.* หน้า 1996- 2005

กฤตภัค โคตรหานาม และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิน. (2556). ผลของการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง การสั่นของสปริง โดยใช้การสาธิตประกอบคาบรรยายอย่างมีปฏิสัมพันธ์ผ่านสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ สาหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีของ MBL, สถานการณ์จาลองบนคอมพิวเตอร์, และการรวมกันของทั้งคู่. *การประชุมทางวิชาการประจำปีของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2556 จังหวัดของแก่น.* หน้า 3-14.

มัทยาภรณ์ รังษีคาร และ สาครอัฒจักร. (2559). การพัฒนาการเรียนรู้แบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่องงานและพลังงานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความฉลาดทางสังคมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. ปีที่ 10 (พิเศษ), 657-671.

รุจิรา ราชรักษ์ และ โชคศิลป์ ธนเฮือง. (2558). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 ปี 2558* กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สุระ วุฒิพรหม และ ฉวีวรรณ ชัยวัฒนา. (2554). การบรรยายเชิงปฏิสัมพันธ์วิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, *2*(1), 39-47.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Basta, M., Gennaro, M.D, & Picciarelli, V. (1999). A desktop apparatus for studying rolling motion. *Physics Education*, *34*, 371-375.

Carnero, C., Aguiar, J., & Hierrezuelo, J. (1993). The work of the frictional force in rolling motion. *Physics Education*, *28*, 225-227.

Eadkhong, T., Rajsadorn, R., Jannual, P., & Danworaphong, S. (2012). Rotational dynamics with Tracker. European *Journal of Physics*, *33*, 615 – 622.

Jewett, Jr W. & Serway, R.A. (2010). *Physics for Scientists and Engineers with modern physics*. 8th edition. USA: Brooks/Cole.

Lewin, W. (1999). Teaching Rolling Motion.

http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01-physics-i-classical-mechanics-fall-1999/video-lectures/lecture-24/

Marx, J. D., & Cummings, K. (2007). Normalized change. *American Journal of Physics, 75*(1), 87-91.

Mungan, C. E. (2012a). Conceptual and laboratory exercise to apply Newton's second law to a system of many forces. *Physics Education*, 47(3), 274-287.

Mungan, C. E. (2012b). Rolling friction on a wheeled laboratory cart. *Physics Education*, *47*(3), 288-292.

Mungan, C.E., & Emery, J.D. (2011). *Rolling the Black Pearl over: Analyzing the physics of a movie clip. Physics Teacher*, **49**, 266.

Mungan, C.E., & Lipscombe, T.C. (2014). Dropping a particle out of a roller coaster. *European Journal of Physics*, *35*, 045007.

Phommarach, S., Wattanakasiwich, P., & Johnston, I. (2012). Video analysis of rolling cylinders. *Physics Education*, *47*(2), 189-196.

Pinto, A., & Fiolhais, M. (2001). Rolling cylinder on a horizontal plane. *Physics Education*, *36*, 250-254.

Pejuan, A., Bohigas, X., Jaen, X., & Periago, C. (2012). Misconceptions about sound among engineering students. *Journal of Science Education and Technology*, *21*, 669-685.

Rimoldini, L.G & Singh, C. (2005). Student understanding of rotatonal and rolling motion concepts. *Physical Review Special Topics–Physics Education Research*, *1*, 010102.

Risch, M. R. (2014). Investigation about representations used in teaching to prevent misconceptions regarding inverse proportionality. *International Journal of STEM Education, 1*, 4.

Jairuk, U. (2007). The use of interactive lecture demonstrations in force and motion to teach high school–level physics. Master Thesis: Mahidol University.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพบรรยากาศในการใช้ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบกลิ้งเพื่อใช้สำหรับการสอนบรรยายแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์

ภาพที่ ก-1 แสดงความแตกต่างของน้ำหนักและรัศมีของวัตถุที่จะใช้ในชุดการทดลอง

ภาพที่ ก-2 นำเสนอชุดทดลอง

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความพึงพอใจความคิดเห็นของนักศึกษา

ตารางแสดงร้อยละของระดับความคิดเห็นของนักศึกษา

รายการคำถาม	ร้อยละของระดับความคิดเห็น(%)					เฉลี่ย*
	1	2	3	4	5	
ตอนที่ 1 บรรยากาศการเรียนรู้ระหว่างทำกิจกรรม:ในระหว่างช่วงกิจกรรมข้าพเจ้า.....						
1.มีความกระตือรือร้น และสนุกกับการเรียนมากขึ้น						
2.มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนมากขึ้น						
3.มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้สอนมากขึ้น						
4.มีโอกาสฝึกทักษะการเขียนอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์						
ตอนที่ 2 คุณภาพของชุดสาธิต และใบกิจกรรมโดยภาพรวม						
5.ชุดสาธิตมีความน่าสนใจ และท้าทายการเรียนรู้						
6.คำถามที่ใช้ในการทำนายผลใช้ภาษาที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย						
7.คำถามที่ใช้ในการทำนายผลช่วยกระตุ้นให้ข้าพเจ้าคิด และเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมามากขึ้น						
8.การแสดงผลของการสาธิตสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน						
9.ชุดสาธิตมีความเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนรู้จากการบรรยาย						
ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับชุดสาธิต						
10.กิจกรรม วิ่งๆกลิ้งๆ ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการกลิ้ง และโมเมนต์ความเฉื่อย และเห็นสถานการณ์จริงมากขึ้น						
11.กิจกรรมทั้งหมดช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจเนื้อหาจากการบรรยายมากขึ้น						
12.ในกิจกรรม ช่วงที่ให้ข้าพเจ้าทำนายผลก่อนที่จะสังเกตผลการสาธิต ช่วยให้ข้าพเจ้าค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการโมเมนต์ความเฉื่อยของตนเอง						
13.หลังจากการสาธิต ผู้สอนอภิปราย และสรุปกิจกรรม ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจหลักการโมเมนต์ความเฉื่อยที่ประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมได้ดีขึ้น						

ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

นายอุดมศักดิ์ กิจทวี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต