

การสร้างชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
Construction of the Experimental Set for Mechanical Energy Conservation and Projectiles

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ¹
Kanchana Chanprasert¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ที่มีราคาต้นทุนในการผลิตต่ำ ง่ายต่อการใช้งาน ชุดทดลองนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นรางโค้ง ส่วนที่ 2 เป็นเสารับรางโค้ง และ ส่วนที่ 3 เป็นแถบวัดระยะ วิธีใช้ชุดทดลองนี้จะปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่จากที่สูงไปตามรางโค้งและพุ่งจากปลายรางโค้งในลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ตกกระทบพื้น (2) เพื่อทดสอบความแม่นยำของชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์พบว่าชุดทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยไม่เกิน 2% (3) สัมรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ใน 5 หัวข้อ คือ ชุดทดลองตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม เสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติและชุดทดลองสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และ โดยภาพรวมพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32, 4.21, 4.06, 4.32, 4.56 และ 4.30 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

คำสำคัญ : หลักการอนุรักษ์พลังงานกล การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ชุดทดลอง

ABSTRACT

The purposes of this research were (1) to construct a conservation of mechanical energy and projectile experimental set. It was low cost and easy to use. It was composed of three parts: part 1 was the curved track, part 2 was the pole for supporting the curved track set and part 3 was the scale for measurement. In the experiment, the object is released from one point of the curved track above the ground and a projectile is launch at the end of the curved landing track. (2) to find the accuracy of the conservation of mechanical energy and projectile experimental set .The percentage of error of them was less than 2%. (3) to find the mean of the student's opinions on the conservation of mechanical energy and projectile experimental set: to support the aim of the experimental, to add substantial understanding , to stimulate active learning , to correlate between lecture and laboratory , to be easy for use and overall results were 4.32,4.21, 4.06, 4.32, 4.56 and 4.30 respectively. All these parameters were at a favorable level.

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จ. ปทุมธานี 12000

Department of Physics, Faculty of Science, Rangsit University, Patumthanee 12000

Keywords : the conservation of mechanical energy projectile motion the experimental set

E-mail : atomy 0101@ yahoo.com

คำนำ

การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในความรับผิดชอบของภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยรังสิตจะประกอบด้วยภาคบรรยายและภาคปฏิบัติการ ซึ่งในภาคปฏิบัติการมีจุดประสงค์ที่สำคัญคือให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง องค์ประกอบที่สำคัญการเรียนภาคปฏิบัติการ คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะเป็นตัวการสำคัญที่นำเอาความรู้และประสบการณ์เข้าไปสู่การรับรู้ของผู้เรียนที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจน การเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนในครั้งนั้นๆ ในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่ามีการเลือกใช้การรับรู้ไม่เหมาะสมกันมากอันเนื่องมาจากยึดเอาความสะดวกคุ้นเคยของผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนจะรับรู้และเกิดผลของการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างแน่นอน สำหรับวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นวิชาที่มีสูตร สมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกท้อในการรับรู้ แต่ถ้ามีการใช้สื่อที่แสดงเหตุและผลของสูตร สมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเป็นสื่อการสอนที่ทำให้ความเป็นนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน

จากการที่ผู้วิจัยเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ และสอนในรายวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นให้กับนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในเรื่องของการใช้รอกมาเป็นอุปกรณ์ในการ Traction ผู้ป่วย นักศึกษาจะมีความเข้าใจว่าเมื่อมีรอกเข้ามาอยู่ระบบต้องมีการแตกเวกเตอร์ของแรงทุกครั้ง และในขณะที่เดียวกันถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุมากกว่าหนึ่งแรงให้คำนวณหาแรงลัพธ์ นักศึกษาจะนำขนาดของแรงมารวมกันทันที จากปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบในการเรียนการสอนนี้ทำให้ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองแรงในภาคเรียนที่ 1/2549 เพื่อให้ให้นักศึกษาได้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้รอกเดี่ยวตายตัว การแยกองค์ประกอบของแรง และการรวมแรง เมื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนพบว่าชุดทดลองมีค่าประสิทธิภาพ (80/88) เกินเกณฑ์ที่ตั้งสมมติฐานไว้ (80/80) และมีค่าประสิทธิผล 0.78 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.50 แสดงว่าสื่อการสอนที่ใช้มีประสิทธิภาพช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ได้จริง และจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง สมดุล ส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีการพัฒนาชุดทดลองเรื่องอื่นเพิ่มขึ้นด้วย (กาญจนา , 2550) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองสำหรับการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์อย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรม ต่อมาผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองโมเมนต์และวัดแรงดึงผิว ในภาคเรียนที่ 2/2549 เมื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนพบว่ามีความมีประสิทธิภาพ 80/84 ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และค่าประสิทธิผลสูงกว่า 0.50 ความคิดเห็นของผู้เรียนต่อชุดทดลองโมเมนต์และวัดแรงดึงผิว ด้านความเชื่อมโยงระหว่างสื่อการสอนกับเนื้อหา และด้านรูปแบบกับการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ระดับดี (กาญจนา , 2551) และได้พัฒนาชุดพื้นเอียงติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมและรอกในภาคเรียนที่ 2/2551 เมื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนพบว่า (1) ชุดพื้นเอียงพร้อมอุปกรณ์วัดมุมที่พื้นเอียงเป็นเหล็กสามารถปรับค่ามุมได้ตั้งแต่มุม 10° - 45° และทดลองให้มวลเหล็กเคลื่อนที่บนพื้นเอียง ได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตที่มากที่สุด ($\mu_{s,max}$) และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ (μ_k) ระหว่างเหล็กกับเหล็กเท่ากับ 0.36 และ 0.25 ตามลำดับ (2) ประสิทธิภาพของชุดพื้นเอียงพร้อมอุปกรณ์วัดมุมเท่ากับ 81% อยู่ในเกณฑ์มีประสิทธิภาพพอใช้ ซึ่งหาได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนของคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียนกับคะแนนเต็ม (\bar{E}_d) มีค่าเท่ากับ 0.69 และค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน

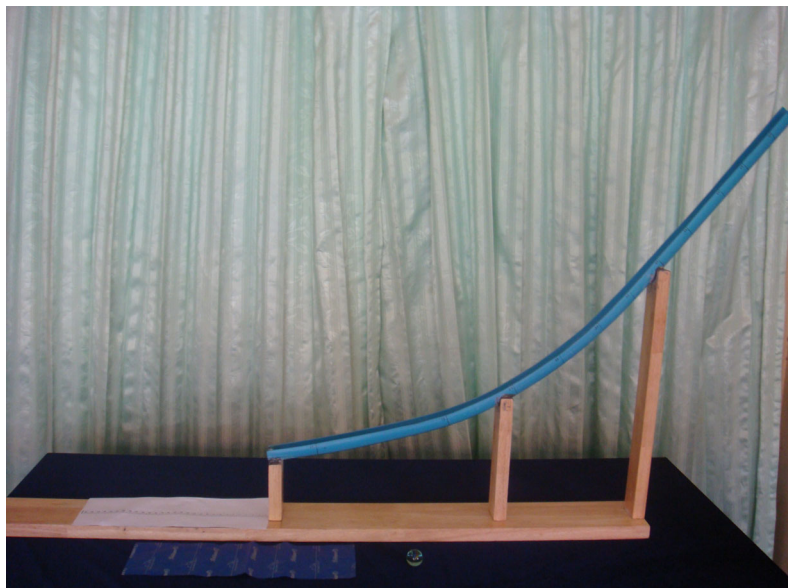
ของคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนกับคะแนนเต็ม (\bar{E}_b) มีค่าเท่ากับ 0.88 (3) ประสิทธิภาพของชุดพื้นเอียงพร้อมอุปกรณ์วัดมุมเท่ากับ 0.77 (4) ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างใน 5 หัวข้อ คือ ชุดพื้นเอียงพร้อมอุปกรณ์วัดมุมตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม เสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และชุดทดลองสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และโดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28, 3.98, 4.01, 4.05, 3.97 และ 4.06 ตามลำดับซึ่งความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (กาญจนา¹, 2552 และ กาญจนา², 2552) จากผลที่ปรากฏดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดทดลองสำหรับฟิสิกส์ส่วนกลศาสตร์อย่างต่อเนื่องอีกโดยในครั้งนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาวิจัยออกแบบและสร้างชุดทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

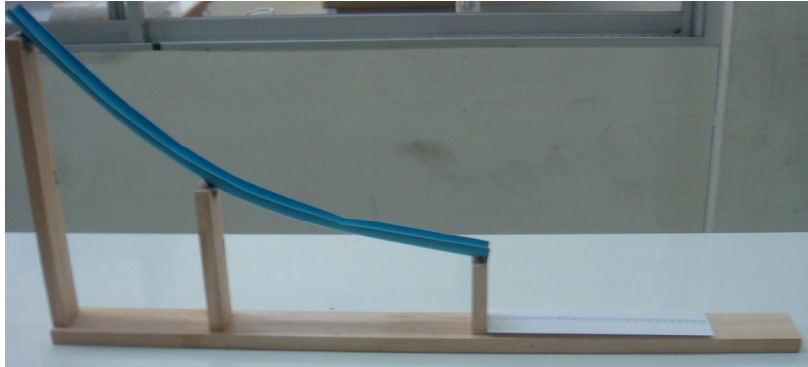
ขั้นตอนที่ 1 จัดสร้างชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีกระบวนการดำเนินการดังนี้

- 1.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการเรื่องพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มาประกอบการผลิตชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 1.2 ออกแบบชุดทดลองโดย คำนึงถึงความประหยัด สามารถใช้งานได้อย่างคุ้มค่า มีคุณภาพดี แข็งแรงทนทาน สามารถหาได้ง่าย ชุดทดลองนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนที่1 เป็นรางโค้ง ส่วนที่2 เป็นเสารับรางโค้ง และ ส่วนที่3 เป็นแถบวัดระยะ
- 1.3 จัดทำคู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยใช้ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวอร์ชัน 1 (รูปที่ 1) แล้วนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของการทดลองที่สอดคล้องกับเนื้อหา และแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ปรับเป็นชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เวอร์ชัน 2



รูปที่ 1 ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวอร์ชัน 1

- 1.4 นำชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวกอร์ชัน 2 (รูปที่ 2) มาทดลองใช้ (Try out) กับนักศึกษาคณะเกษตรศาสตร์ จำนวน 20 คน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจตรงกันทั้งวิธีการใช้ชุดทดลองการใช้ภาษาสื่อสารในคู่มือปฏิบัติการและความแม่นยำของชุดทดลอง และได้มีปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง เป็นชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวกอร์ชัน 3



รูปที่ 2 ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวกอร์ชัน 2

- 1.5 นำชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวกอร์ชัน 3 (รูปที่ 3) ไปใช้ในการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 3 ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวกอร์ชัน 3

ขั้นตอนที่ 2 จัดสร้างเครื่องมือทดสอบชุดทดลองเพื่อหาความแม่นยำ (Accuracy) และเครื่องมือสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อชุดทดลอง

- 2.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการเรื่องพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มาเรียบเรียงเป็นคู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 2.2 แบบสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นแบบสอบถามแบบเรียงลำดับ (Ordinal Scales) ใช้รูปแบบลิเคิร์ต (Likert's Scale) 5 ระดับโดยเลือกข้อความทางบวก ประกอบด้วย 5 ข้อย่อย คือ

- ก. ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน
 - ข. ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา
 - ค. ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม
 - ง. ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ
 - จ. ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน
- 2.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาโดยวิธีเจาะจงเป็นนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคเรียนที่ 1/2552 จำนวน 142 คน

ขั้นตอนที่ 3 วิธีการเก็บและรวบรวมข้อมูล

- 3.1 ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ ทำการทดลองตามคู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ พร้อมสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยใช้แบบสำรวจที่สร้างขึ้น
- 3.2 นำข้อมูลที่ได้จากผลของการทำการทดลองมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำ(Accuracy)ของชุดทดลอง
- 3.3 ระดับความคิดเห็นต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จากแบบสำรวจความคิดเห็นวิเคราะห์โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์และแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย	แปลความหมาย
1.00-1.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยน้อยที่สุด
1.50-2.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยน้อย
2.50-3.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยปานกลาง
3.50-4.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมาก
4.50-5.00	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมากที่สุด

ผลการทดลองและการวิจารณ์

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า

1. จากการใช้ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เวอร์ชัน 3 ในการทดลอง เมื่อปล่อยวัตถุที่เป็นทรงกลมตกอย่างอิสระจากปลายบนของรางโค้งที่ตำแหน่งสูงจากพื้นชุดทดลอง 40 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตรตามลำดับ วัตถุจะเคลื่อนที่ไปตามรางโค้งและที่ปลายล่างของรางโค้งวัตถุจะเคลื่อนที่ต่อไปในลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ อ่านค่าระยะที่วัตถุตกในแนวราบจากแถบวัดระยะ เรียกว่าระยะ S_x นำไปเปรียบเทียบกับค่าคำนวณตามสมการ (4)

จากสมการหลักการอนุรักษ์พลังงาน

$$mgh_A = mgh_c + \frac{1}{2}mv_c^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega^2 \quad (1)$$

แทนค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวงวัตถุที่เคลื่อนที่ $I_{cm} = \frac{2}{5}mr^2$ และ $\omega = \frac{v}{r}$ ในสมการที่ (1)

$$mgh_A = mgh_c + \frac{1}{2}mv_c^2 + \frac{1}{5}mv_c^2 \quad (2)$$

$$v_c = \sqrt{\frac{10}{7}g(h_A - h_C)} \quad (3)$$

$$\text{และ } S_x = \left(\sqrt{\frac{10}{7}g(h_A - h_C)}\right)\left(\sqrt{\frac{2S_y}{g}}\right) \quad (4)$$

ตาราง 1 แสดงผลการทดลองและค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ตำแหน่งที่ปล่อย สูงจากพื้นชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ยระยะ S_x จากการทดลอง	ค่าเฉลี่ยระยะ S_x จากการคำนวณ	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน
40 cm	28.9 cm	29.3 cm	1.35%
20 cm	16.5 cm	16.9 cm	2.37%

2. ความคิดเห็น 5 ระดับของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในหัวข้อชุดทดลองตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน ชุดทดลองช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา ชุดทดลองกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม ชุดทดลองเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติและชุดทดลองสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน พบว่ามีค่าร้อยละอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ตาราง 2) และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32, 4.21, 4.06, 4.32, 4.56 ตามลำดับและค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมเท่ากับ 4.30 ซึ่งอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ตาราง 3)

ตาราง 2 แสดงค่าร้อยละของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

รายการ	จำนวนคน (ร้อยละ)				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ชุดทดลองตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน	51 (35.9%)	85 (59.9%)	6 (4.2%)		
ชุดทดลองช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา	51 (35.9%)	72 (50.7%)	17 (12.0%)	2 (1.4%)	-
ชุดทดลองกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม	40 (28.2%)	73 (51.4%)	26 (18.3%)	3 (2.1%)	-
ชุดทดลองเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ	59 (41.5%)	70 (49.3%)	13 (9.2%)	-	-
ชุดทดลองสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	80 (56.3%)	61 (43.0%)	1 (0.7%)	-	-

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

รายการ	ค่าเฉลี่ย	SD.	ระดับความคิดเห็น
ชุดทดลองตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน	4.32	.551	มาก
ชุดทดลองช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา	4.21	.703	มาก
ชุดทดลองกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม	4.06	.742	มาก
ชุดทดลองเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ	4.32	.636	มาก
ชุดทดลองสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.56	.513	มากที่สุด
โดยภาพรวม	4.30	.629	มาก

สรุปผลและเสนอแนะ

ชุดทดลองหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างเพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ภาคปฏิบัติการนี้มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยไม่เกิน 2% แสดงถึงความแม่นยำ (accuracy) ของชุดทดลอง สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ในการทดลองที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างหลักการอนุรักษ์พลังงานกลและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ ชุดทดลองนี้มีคุณภาพดี แข็งแรง ทนทาน สามารถสร้างได้ง่าย ใช้งานได้อย่างคุ้มค่า และจากผลการสำรวจความ

ความเห็นของผู้เรียนพบว่าชุดทดลองนี้ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม เสริมให้ผู้เรียนเกิดความเชื่อมโยงความรู้ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติได้จริง การออกแบบและพัฒนาสร้างชุดทดลองนี้จะเป็นแนวทางให้ครู อาจารย์ และผู้สนใจได้ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้สื่อ การสร้างสื่ออุปกรณ์ในการเรียนการสอน รวมถึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอนและเพิ่มศักยภาพด้านการวิจัยของครูอาจารย์

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2550.**การพัฒนาชุดทดลองเรื่องสมดุลแรง**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ: RSU Research Conference 2007, มหาวิทยาลัยรังสิต: 329-331.

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ.2551.**ชุดทดลองโมเมนต์และความตึงผิว.รวมบทคัดย่อการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียนครั้งที่ 18 (วทร.18)**, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และมหาวิทยาลัยศิลปากร : 256.

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ. 2552.**การพัฒนาชุดทดลองแรงเสียดทาน** . เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ : RSU Research Conference 2009, มหาวิทยาลัยรังสิต: 597-604.

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ. 2552.**การออกแบบและสร้างชุดพื้นเอียงปรับมุมได้ที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมและรอก**. รวมบทคัดย่อการประชุมวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 5: งานวิจัยกับงานพัฒนาพื้นที่, มหาวิทยาลัยนเรศวร: 66.

Hugh D. Young, Roger A. Freedmen.1996.**University Physics**, 9th Edition, Addison – wesley Publishing company, Inc, USA.

James S Walker. 2004. **Physics.2nd ed**. Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey.