

การศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลวด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Investigating the collision of objects in liquids using tracker program for teaching in upper secondary school level

จันจิรา มีภิปราย, พิชชาภา ทองเสวย, วิศัลย์ศยา นาละคร และ สรายุทธ์ พานเทียน*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี ประเทศไทย

Janjira Meepipay, Phitchapha Thongsawet, Wisansaya Nalakorn, Sarayut Pantian*

Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Meung, Lopburi province, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลวด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่และสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวในแต่ละช่วงเวลาก่อนและหลังชนกันด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์ อ้างอิงกับระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน 2 มิติ และเพื่อหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอน โดยของเหลวที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำเปล่า น้ำเชื่อม และน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ หาค่าไม่ได้, 2453.37 และ 84.53 มิลลิปาสคาล-วินาที ตามลำดับ วัตถุที่นำมาใช้เป็นโลหะทรงกลมมีขนาดรัศมี 3.17×10^{-3} เมตร และมวล 1.04×10^{-3} กิโลกรัม ผลการวิจัย พบว่า ความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่ก่อนและหลังชนของลูกเหล็กในน้ำเชื่อม และน้ำมันปาล์มแปรผันตรงกับค่าความหนืดและเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์พลังงาน ในส่วนการศึกษาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ทางการ ศึกษาตามเกณฑ์ 80/80 พบว่า ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคะแนนระหว่างเรียน (การประเมินการทดลองและแบบฝึกหัดระหว่างเรียน) และหลังเรียน (ผลการเรียนรู้) มีค่าเป็น 85.67 และ 81.98 ตามลำดับ และความเข้าใจและการนำไปใช้ ด้านทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนสูง

* Corresponding author : sarayutpantian@lawasri.tru.ac.th

กว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำสำคัญ : โมเมนตัมการชนกัน, ของเหลว, กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม, กฎการอนุรักษ์พลังงาน, ความหนืด

Abstract

The investigation of the collision of objects in liquids using tracker program for teaching in upper secondary school level is intended to study the movement patterns and movement conditions of objects in liquids at each subsequent period with the tracer program, refer to 2D Cartesian coordinate system, and to find out the effectiveness of the lesson plans and compare the average of the pre-test and post-test scores of the subjects who which using the video tracker program. It teaches physics of collisions of objects in the liquids using the video tracker program. The experimental fluids were water, syrup, and palm oil, which had a viscosity of 20 degrees Celsius, N/A, 2453.37, and 84.53 mPa-s, respectively. The material used as round metal has a radius of 3.17×10^{-3} m and 1.04×10^{-3} kg of mass. The results found that the speed and acceleration of those objects before and after the collision were direct variations to the fluid's viscosity, according to the conservation law of momentum and the conservation law of energy. The results of the educational efficiency of lesson plans of the course on momentum and collision was 85.67/81.98 and which corresponded to the 80/80 standard criteria. The student achievement of the course on momentum and collision score of the pre-test were significantly higher than the post-test which was at the level of 0.05

Keywords : Momentum and collision, Fluid, Conservation law of momentum, Conservation law of energy, Viscosity

ที่มาและความสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลก ณ ปัจจุบัน เป็นเหตุให้มนุษย์จำเป็นต้องปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยมีมิติที่อาจส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพเพื่อสร้างรายได้ คือ มิติด้านความรู้ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 [1] โดยบุคคลที่ต้องตื่นตัวในการเพิ่มเติมความรู้และทักษะ คือ ครูผู้สอน เพื่อถ่ายทอดสิ่งเหล่านี้ต่อผู้เรียนซึ่งครูทุกคนต้องตระหนักถึงการปรับเปลี่ยนบทบาทครู วิธีการเรียนของนักเรียน การจัดหลักสูตรสถานศึกษา พัฒนาแหล่งเรียนรู้ ห้องเรียนและชุมชน โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นมาใหม่ตามยุคสมัยทำให้มนุษย์ต้องเรียนรู้และนำความรู้และทักษะนั้นมาประยุกต์ใช้รวมถึงความคิดสร้างสรรค์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานจริยธรรมที่ดี [2] ปัจจุบันประเทศไทยขาดบุคลากรที่มีทักษะ ความคิดสร้างสรรค์และนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ต่ำกว่าเกณฑ์ [3] ดังนั้น การเตรียมความพร้อมให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์สูงขึ้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องอย่างยิ่ง

การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่มุ่งให้นักเรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักการ กฎ และทฤษฎี รวมถึงการนำไปใช้ไปแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เป็นสิ่งจำเป็น ทว่าการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป

แบบการบรรยาย [4] อาจเป็นเพราะอุปกรณ์การทดลองไม่เพียงพอ หรือบางโรงเรียนมีอุปกรณ์ทดลองแต่การทดลองดังกล่าวไม่มีเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อช่วยในการสังเกตการณ์และการประมวลผลที่แม่นยำเพิ่มมากขึ้น โมเมนตัมและการชน เป็นหัวข้อพื้นฐานหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำความเข้าใจฟิสิกส์ตามแบบฉบับของนิวตันซึ่งเป็นการนิยามตัวแปรสมมติที่เป็นตัวแทนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุที่จะนำไปสู่การนิยามแรงซึ่งเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่ถูกสมมติขึ้นมาเพื่ออธิบายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ การคำนวณโมเมนตัมในหลายสถานการณ์ต้องนำไปเชื่อมโยงกับกฎการอนุรักษ์พลังงานด้วยจึงจะสามารถแก้ปัญหาหรือศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างครบถ้วน ในส่วนของประเด็นการเชื่อมโยงระหว่างการคำนวณโมเมนตัมกับกฎการอนุรักษ์พลังงานนั้น เป็นส่วนที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมปลายความสับสนอยู่มาก ซึ่งอาจเกิดจากระหว่างเรียนนั้นนักเรียนไม่สามารถทฤษฎีกับความเป็นจริงได้ ดังนั้น การจัดการเรียนเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่องโมเมนตัมและการชนนั้นหากต้องการให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจและเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ธรรมชาติได้นั้นควรให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกับการออกแบบและทำการทดลองที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

โปรแกรมแทรคเกอร์เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการประมวลผลการเคลื่อนที่ของวัตถุรูปแบบไฟล์วิดีโอ โดยสามารถเลือกติดตามวัตถุทั้งได้ใน 1 มิติ และ 2 มิติ ทั้งนี้ โปรแกรมแทรคเกอร์ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในการนำมาใช้ในการทำวิจัยพื้นฐานและกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นภาพพจน์ของการเคลื่อนที่ของวัตถุรวมถึงการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุได้เป็นอย่างดี [5] อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์ยังมีเงื่อนไขบางประการคือไม่สามารถกำหนดเฟรมเรทที่ละเอียดได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลวด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่และสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวในแต่ละช่วงเวลาก่อนและหลังชนกันด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์ อ้างอิงกับระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน 2 มิติ และหาแรงอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลวอีกด้วย พร้อมกันนี้ยังศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการเรียนในหัวข้อโมเมนตัมและการชน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้วางแผนศึกษาค้นคว้าแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุผลดังวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้แบ่งส่วนงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการทดลองการชนกันของวัตถุในของเหลวเพื่อหาแรงอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลว และส่วนการนำการทดลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการเรียนในหัวข้อโมเมนตัมและการชน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การทดลองการชนกันของวัตถุในของเหลว

1.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กฎการอนุรักษ์พลังงาน และกฎของสโตกส์ โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \quad (1)$$

สมการ (1) เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมในกรณีที่มีวัตถุ 2 ก้อน มวล m_1 และ m_2 หน่วย กิโลกรัม โดยมวลแต่ละก้อนมีความเร็วลัพธ์ก่อนเข้าชนกันเป็น $\vec{u}_1$ และ $\vec{u}_2$ หน่วย เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และมวลแต่ละก้อนมีความเร็วลัพธ์หลังเข้าชนเป็น $\vec{v}_1$ หน่วย $\vec{v}_2$ เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และกฎการอนุรักษ์พลังงานในกรณีนี้เป็นไปตามสมการ (2)

$$m_1gh_{1i} + m_2gh_{2i} + \frac{1}{2}m_1|\vec{u}_1|^2 + \frac{1}{2}m_2|\vec{u}_2|^2 + w_{1i} + w_{2i} \quad (2)$$

$$= m_1gh_{1f} + m_2gh_{2f} + \frac{1}{2}m_1|\vec{v}_1|^2 + \frac{1}{2}m_2|\vec{v}_2|^2 + w_{1f} + w_{2f} \quad (3)$$

เมื่อ h_1 และ h_2 คือ ความสูงของมวลก้อนที่ 1 และ 2 หน่วย เมตร เมื่อเทียบกับระดับอ้างอิง ตามลำดับ โดยตัวห้อย i และ f คือ ก่อนเข้าชน และหลังเข้าชน ตามลำดับ ในขณะที่ w_1 และ w_2 คือ งานอันเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุมวลก้อนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ หน่วย จูล สำหรับการวัดหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด (Viscosity Coefficient) หรือความ-หนืด หาได้จากกฎของสโตกส์ กรณีปล่อยลูกกลมโลหะให้เคลื่อนที่ลงในของเหลวตามสมการ [5]

$$\eta = \frac{2r^2(\rho - \sigma)}{9v}g \quad (4)$$

เมื่อ η คือ สัมประสิทธิ์ความหนืดหรือความหนืด หน่วย มิลลิปาสกาล-วินาที r คือ รัศมีของลูกกลม หน่วย เมตร v คือ อัตราเร็วของลูกกลมโลหะเมื่อลูกกลมโลหะเคลื่อนที่ในของเหลวด้วยความเร็วคงที่ หน่วย เมตรต่อวินาที ρ คือ ความหนาแน่นของลูกกลมโลหะ หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร σ คือ ความหนาแน่นของของเหลว หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ g คือ ค่าความเร่งอันเนื่องมาจากความโน้มถ่วงของโลก

1.2 หาค่าความหนืดของของเหลวสามชนิด ได้แก่ น้ำเปล่า น้ำเชื่อม และน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิของของเหลวประมาณ 20 องศาเซลเซียส โดยการนำลูกกลมโลหะขนาดรัศมี 3.17×10^{-3} เมตร และมวล 1.04×10^{-3} กิโลกรัม มาปล่อยลงในของเหลวที่ละชนิด จากนั้นทำการบันทึกวิดีโอและนำวิดีโอดังกล่าวไปวิเคราะห์หาอัตราเร็วของลูกกลมโลหะเมื่อลูกกลมโลหะเคลื่อนที่ในของเหลวด้วยความเร็วคงที่ด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์ทั้งหมด 10 ครั้ง และนำอัตราเร็วเฉลี่ยที่ได้และค่าต่าง ๆ ไปคำนวณค่าความหนืดดังสมการ (3) ทั้งนี้ ความหนาแน่นของลูกกลมโลหะและความหนาแน่นของของเหลวใช้วิธีการของอาร์คิมิดีส

1.3 ศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลว โดยตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองดังภาพที่ 1 ทั้งนี้ การปล่อยลูกกลมโลหะจะทำการปล่อยวัตถุที่บริเวณผิวของเหลวเมื่อลูกกลมโลหะจมในของเหลวนั้น ๆ พอดี (ภาพที่ 1 ลูกกลมโลหะไม่ได้จมอยู่ในของเหลว ณ ตำแหน่งปล่อยลูกกลมโลหะ เพื่อแสดงภาพลูกกลมโลหะแต่ละก้อนให้เห็นอย่างชัดเจน) จากนั้นทำการบันทึกวิดีโอโดยจะทำทั้งหมด 10 ครั้ง นำไฟล์วิดีโอของแต่ละครั้งที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความหนืดของลูกกลมโลหะชนกันที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับจุดศูนย์กลางมากที่สุด จากนั้นนำไฟล์วิดีโอครั้งดังกล่าวมาหาอัตราเร็วของลูกกลมโลหะด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์ เมื่อแล้วเสร็จกระบวนการทำการเปลี่ยนของเหลวและทำซ้ำกระบวนการเดิม

1.4 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยจะทำการวิเคราะห์เพียงการชนของวัตถุในของเหลวเท่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ



ภาพที่ 1: การจัดตั้งอุปกรณ์สำหรับศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลว

1.4.1 วิเคราะห์ความเร็วหลังชนของลูกกลมโลหะที่ถูกปล่อยลงมา (mass A, $\vec{v}_1$) ชนกับลูกกลมโลหะที่หยุดนิ่ง (mass B) ในช่วงเวลาทันทีหลังจากชนแล้วเท่านั้น จากนั้น เปรียบเทียบความเร็วหลังชนกับค่าได้คำนวณได้จากสมการ (1)

1.4.2 วิเคราะห์หางานอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลวโดยการกำหนดให้ตำแหน่งที่ลูกกลมโลหะที่อยู่นิ่งเป็นระยะอ้างอิง จากนั้น หาค่าความสูงของของลูกกลมโลหะที่ถูกปล่อยลงมา h_1 จากนั้น ใช้ความเร็ว ณ ตำแหน่งที่ชนกันพอดีมาคำนวณตามสมการ (2)

ส่วนที่ 2. การนำการทดลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการเรียนรู้ในหัวข้อโมเมนตัมและการชน

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1.1 ประชากร นักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้อง รวม 71 คน

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง กำหนดโดยการใช้สูตรของยามานะที่ความคลาดเคลื่อน 0.10 [6] จากนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 42 คน

2.2 เครื่องมือที่ใช้

2.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชน หัวข้อ การชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอน ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญว่าอยู่ในระดับดีมาก

2.2.2 แบบฝึกหัดระหว่างเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 ข้อ

2.2.3 แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกัน เรื่อง โมเมนตัม

และการชน จำนวน 20 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.86

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่าง

2.3.1 ทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบวัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน จำนวน 20 ข้อ

2.3.2 จัดการเรียนรู้วิธีการใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอ แทรคเกอร์ เบื้องต้นให้นักเรียน เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้นักเรียนโดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน โดยประมาณ

2.3.3 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตาม ส่วนที่ 1 การทดลองการชนกันของวัตถุในของเหลว ใช้ระยะเวลา 8 คาบ คาบละ 50 นาที เก็บรวบรวมคะแนนระหว่างการจัดการเรียนรู้จากการประเมินจากการทดลองและแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

2.3.4 ทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบวัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน จำนวน 20 ข้อ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 หาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยหาค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้ระหว่างการจัดการเรียนรู้กับคะแนนหลังการเรียนรู้โดยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งกลุ่ม จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 / 80

2.4.2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติค่าที (t-test for dependent samples)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ด้วยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัยตามแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การทดลองการชนกันของวัตถุในของเหลว

1. ค่าความหนืดของของเหลวที่อุณหภูมิของของไหล 20 องศาเซลเซียส โดยการนำลูกกลมโลหะขนาดรัศมี 3.17×10^{-3} เมตร และมวล 1.04×10^{-3} กิโลกรัม มาปล่อยลงในของเหลวที่ละชั้นจำนวน 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 1

2. เมื่อนำของเหลวแต่ละชนิดมาใช้ในการทดลองการชนกันของวัตถุในของเหลวและวิเคราะห์ตำแหน่ง เวลาและความเร็วของวัตถุก่อนชนและหลังชนดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2 ภาพที่ 3 โดยผลการทดลองปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1: แสดงค่าต่างที่ใช้ในการทำลองตามกฎของสโตกส์เพื่อคำนวณค่าความหนืดของของเหลว

ชนิดของ ของเหลว	ความหนาแน่นของวัตถุ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ความหนาแน่นของเหลว (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	อัตราเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)	ค่าความหนืด (มิลลิปาสคาล-วินาที)
น้ำเปล่า	7790.89	1007.03	_*	_*
น้ำเชื่อม	7790.89	1344.21	0.06	2453.37
น้ำมันปาล์ม	7790.89	823.67	1.81	84.53

หมายเหตุ * ไม่สามารถระบุความเร็วคงที่ของลูกกลมโลหะที่เคลื่อนที่ในน้ำเปล่าได้เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำทดลองสูงเพียง 1.50 เมตร เป็นเหตุให้ลูกกลมโลหะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งตลอดช่วง ทั้งนี้ ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้วิจัยใช้ค่าความหนืดของน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.0020 มิลลิปาสคาล-วินาที [7]

ตารางที่ 2: แสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์การชนกันของวัตถุในของเหลวด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์และค่าความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี

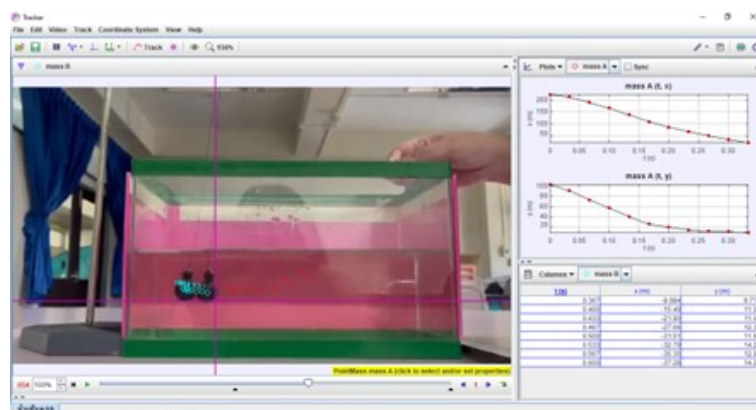
ชนิดของ ของเหลว	จากการทดลอง			จากทฤษฎี	ร้อยละความ คลาดเคลื่อน
	ความเร็วก่อนชน ของ mass A (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วหลังชน ของ mass B (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วหลังชน ของ mass A (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วหลังชน ของ mass A (เมตรต่อวินาที)	ความเร็วหลังชน ของ mass A
น้ำเปล่า	4.99	4.42	0.22	0.57	60.60
น้ำเชื่อม	0.84	0.69	0.11	0.15	25.49
น้ำมันปาล์ม	4.65	4.33	0.17	0.32	47.81

จากตารางที่ 2 พบว่า การชนกันของลูกกลมโลหะในของเหลวแต่ละชนิดเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์โดยอิงตามกันทุกกรณี โดยของเหลวยังมีความหนืดมากยังมีร้อยละความคลาดเคลื่อนความเร็วหลังชนน้อยลงทั้งนี้อาจเป็นเพราะของเหลวที่มีความหนืดมากจะทำให้ลูกกลมโลหะเคลื่อนที่ช้าเวลาที่สัมผัสกันเพื่อเกิดการแลกเปลี่ยนโมเมนตัมหรือเวลาในการเกิดการดลจะเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากตำแหน่งการชนกันของลูกกลมโลหะ จากงานวิจัยของ F. L. Yang และ M. L. Hunt [8] กล่าวว่า ตำแหน่งของการชนของวัตถุส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ ทั้งยังส่งผลให้ทิศทางการเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากแนวเดิมเป็นเหตุให้การสังเกตการณ์แบบสองมิติอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามจะสังเกตได้ว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนความเร็วหลังชนของ mass A มีค่าสูงอาจเนื่องจากข้อจำกัดของการตั้งอัตราเฟรม (frame rate) ของอุปกรณ์ถ่ายวิดีโอกับโปรแกรมไม่สอดคล้องกัน

จากตารางที่ 3 พบว่า น้ำเปล่า และน้ำมันปาล์ม ให้ค่างานอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลวเป็นลบ โดยมีจุดที่น่าสังเกตว่าน้ำเปล่ามีค่างานอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลวน้อยกว่าน้ำมันปาล์ม ซึ่งแปรผกผันกับความเร็ว

ตารางที่ 3: แสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์งานอันเนื่องมาจากแรงต้านที่คำนวณได้จากสมการ (2)

ชนิดของของเหลว	มวลของลูกกลมโลหะ mass A (กิโลกรัม)	ความสูงของลูกกลมโลหะ mass A จากระยะอ้างอิง (เมตร)	ความเร็วก่อนชนของ mass A (เมตร/วินาที)	งานอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลว (จูล)
น้ำเปล่า	1.04×10^{-3}	0.15	4.99	-0.0114
น้ำเชื่อม	1.04×10^{-3}	0.15	0.84	0.0012
น้ำมันปาล์ม	1.04×10^{-3}	0.15	4.65	-0.0097



ภาพที่ 2: ตัวอย่างการติดตามการเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะและผลการทดลองเรื่องการชนกันของวัตถุในของเหลว โดย mass A (ลูกกลมขาวเมื่อ) ติดตามด้วยจุดสีแดง ขณะที่ mass B (ลูกกลมซ้ายมือ) ติดตามด้วยจุดสีฟ้า

ก่อนชนของ mass A และค่าความหนืดของของเหลว อย่างไรก็ตาม จากการคำนวณพบว่างานอันเนื่องมาจากแรงต้านของของน้ำเชื่อมมีค่าเป็นบวก จากสมการ (2) จะสามารถแปลความได้ว่าค่าพลังงานจลน์มีค่ามากกว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะน้ำเชื่อมมีค่าความหนืดสูงจนทำให้ขณะลูกกลมเคลื่อนตัวในน้ำเชื่อม น้ำเชื่อมถูกดึงให้เกิดการม้วนตัวหลังลูกกลมและผลของการม้วนตัวนี้ดันลูกกลมให้มีพลังงานจลน์มากกว่าพลังงานศักย์

ส่วนที่ 2. การนำการทดลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการเรียนรู้ในหัวข้อโมเมนตัมและการชน

1. ผลประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ทางการ ศึกษาตามเกณฑ์ 80/80 พบว่า ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคะแนนระหว่างเรียน (การประเมินการทดลองและแบบฝึกหัดระหว่างเรียน) และหลังเรียน (ผลการเรียนรู้) มีค่าเป็น 85.67 และ 81.98 ตามลำดับ แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชน หัวข้อ การชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพทางการศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ร้อยละคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนมีคะแนนที่สูงกว่าร้อยละ 80 ซึ่งสอดคล้องกับ สุภาวรรณ สวนพลอย และคณะ [9] กล่าวว่า โปรแกรมวิดีโอแทรคเกอร์นี้เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกในกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและยังกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้ ด้วยตนเองมากขึ้น

Columns mass A				
t (s)	x (m)	y (m)	v (m/s)	a (m/s ²)
0.033	211.2	114.8		
0.067	207.3	105.8	429.2	
0.100	195.2	91.05	632.0	6.934E3
0.133	177.2	76.31	834.5	4.848E3
0.167	151.6	56.45	948.9	3.948E3
0.200	124.7	41.07	959.2	3.780E3
0.233	93.28	30.18	826.9	4.543E3
0.267	72.77	22.49	632.4	4.638E3
0.300	52.91	18.01	557.9	3.049E3
0.333	36.25	15.44	445.8	1.842E3
0.367	23.44	14.16	420.4	
0.400	9.702	10.22		

Columns mass B				
t (s)	x (m)	y (m)	v (m/s)	a (m/s ²)
0.433	-24.61	12.24		
0.467	-29.74	12.88	163.7	
0.500	-35.51	11.60	182.6	443.6
0.533	-41.91	12.88	145.4	1.236E3
0.567	-45.12	12.88	87.03	1.567E3
0.600	-47.68	12.24	49.01	582.5
0.633	-48.32	13.52	38.44	0.000
0.667	-50.24	12.24	58.46	703.8
0.700	-52.16	12.88	28.83	
0.733	-50.24	14.16		

ภาพที่ 3: ตัวอย่างผลการทดลองของลูกกลมโลหะ (mass A) ที่ถูกปล่อยจากผิวน้ำ ขณะที่ลูกกลมโลหะของลูก (mass B) เริ่มต้นอยู่นิ่งกับที่

ตารางที่ 4: ผลการเรียนรู้แต่ละด้านในหัวข้อการชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอน

ด้านที่	การทดสอบ	คะแนน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	T-test	Sig
1	ก่อนเรียน	3.89	1.58	19.48	.000
	หลังเรียน	7.67	1.26		
2	ก่อนเรียน	4.12	1.77	14.67	.000
	หลังเรียน	8.30	1.33		
รวม	ก่อนเรียน	7.33	2.23	22.23	.000
	หลังเรียน	15.67	2.16		

2. ผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยทำการศึกษาผลการเรียนรู้ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 คือ ด้านความเข้าใจและการนำไปใช้ ด้านที่ 2 คือ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง 5 ทักษะ แสดงดังตารางที่ 4 จะพบว่า มีผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสุภาวรรณ สวนพลอย และคณะ [9] ที่พบว่ากลุ่มนักเรียนที่ใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ในการวิเคราะห์วิดีโอมีทักษะการตีความจากกราฟได้ดีกว่านักเรียนเรียนผ่านการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม และ Vera, Rivera and Fuentes [10] ที่ศึกษาเรื่อง Learning Physics with Video Analysis พบว่าโปรแกรมวิดีโอแทรคเกอร์สามารถช่วยแยกแยะความแตกต่างในสิ่งที่ตาของมนุษย์ไม่สามารถแยกแยะได้

สรุปผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 การทดลองการชนกันของวัตถุในของเหลว ของเหลวที่นำมาใช้ในการทดลองน้ำเชื่อมมีค่าความหนืด

มากกว่าน้ำมันปาล์ม ในขณะที่น้ำเปล่าไม่สามารถให้ค่าความหนืดได้ด้วยเพราะข้อจำกัดของอุปกรณ์ ขณะที่การทดลองเรื่องการชนกันของวัตถุในของเหลวเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ทุกกรณีและสอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยมีร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนความเร็วหลังชนของ mass A แปรผกผันกับค่าความหนืดของของเหลว ในส่วนของการทำงานอันเนื่องมาจากความเสียดทานนั้นพบว่ามีความเร็วที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ส่วนที่ 2. การนำการทดลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการเรียนรู้ในหัวข้อโมเมนตัมและการชน ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ทางการ ศึกษาตามเกณฑ์ 80/80 พบว่า ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคะแนนระหว่างเรียน (การประเมินการทดลองและแบบฝึกหัดระหว่างเรียน) และหลังเรียน (ผลการเรียนรู้) มีค่าเป็น 85.67 และ 81.98 ตามลำดับ แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชน หัวข้อ การชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพทางการศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ในขณะที่ผลการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชน หัวข้อ การชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอนในด้านความเข้าใจและการนำไปใช้ ด้านทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนสถานที่และเวลารวมถึงผลักดันให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดี และนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท, 42 (189), 7-8.
- [2] ปุณณวัฒน์ กาสรณ, ชนาพร รัตนมาล, อัจฉรา คำหล้า, ธัญญวริน ชูวัฒนวรกุล และกาญจนา ทองจบ. (2565). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เรื่อง กล้องบรรจุภัณฑ์กันกระแทก. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 9 (3), 355-367.
- [3] ศิว วัชร ภูมิโคก รัช. (2562). การ ศึกษา ผล การ เรียน รู้ คณิตศาสตร์ และ ความ คิด สร้ างสรรค์ ของ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วารสาร ราชพฤกษ์, 17(2), 73-79.
- [4] กรวิทย์ เกื้อคลัง. (2561). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องสภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 18(2), 124-135.

- [5] สุรัตน์ กาบทุม. (2562). การเคลื่อนที่ของฟองอากาศภายใต้อิทธิพลของความหนืดของของไหล และการสั่นสะเทือน สำหรับการสอนฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย ราชภัฏเชียงใหม่)
- [6] อัจฉรวรรณ งามบุญ. (2554). อันเนื่องมาแต่สูตรของยามาเน. วารสารบริหารธุรกิจ, 131, 46-60.
- [7] ธัญธร ออกวะลา. (2553). กลศาสตร์ของไหล. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 16.
- [8] F.-L. Yang, and M. L. Hunt. (2006). Dynamics of particle-particle collisions in a viscous liquid. Phys. Fluids 18, 121506.
- [9] สุภาวรรณ สวนพลอย, วัฒนะ รัมมะเอ็ด และอารยา มุ่งชำนาญกิจ. (2558). การใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอ แทรคเกอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบคาบเพื่อเพิ่มผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรณีศึกษาของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2558, 1293-1299.
- [10] Vera, Francisco., Rivera, Rodrigo and Fuentes, Raúl. (2013). Learning Physics with Video Analysis. Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE.