บทนำ

ความเป็นมา

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในส่วนเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน ได้มีการกำหนดสูตรสำเร็จที่ใช้หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุรูปทรงเรขาคณิตแบบต่าง ๆ โดยมิได้แสดงที่มาของสูตร ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ทักษะด้านความจำเพียงอย่างเดียวในการนำไปประยุกต์ใช้คำนวณ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 : 105) ในเรื่อง พลังงานจากการหมุน ทอร์ก หรือโมเมนตัมเชิงมุม ส่วนการศึกษาในระดับอุดมศึกษาชั้นปีที่ 1 - 2 วิชาฟิสิกส์ ในหัวข้อเดียวกันนั้น มีทั้งให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงแคลคูลัสในการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวล และมีการปฏิบัติการทดลองเพื่อตรวจสอบความรู้ทางทฤษฎีควบคู่กันไป ซึ่งแต่ละมหาวิทยาลัยจะมีรูปแบบการทดลองที่แตกต่างกันออกไป

ดังนั้น ถ้าหากเรามีรูปแบบชุดการทดลองที่สามารถทำให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความรู้ทางทฤษฎีด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติการทดลอง ควบคู่กับการเรียนทางทฤษฎี จะส่งผลให้ระบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากแนวคิดในบทความ An Experiment on a Physical Pendulum and Steiner's Theorem (Russeva, Tsutsumanova and Russev. 2010 : 58 - 62) ได้ทำการทดลองฟิสิกัลเพนดูลัม ตรวจสอบทฤษฎีแกนขนานของสไตเนอร์ โดยการนำกระดาษแข็งตัดเป็นรูปปลาวาฬเพื่อทำเป็นลูกตุ้มฟิสิกัล นำมาหาจุดศูนย์กลางมวลอย่างง่ายด้วยการพยายามวางลูกตุ้มฟิสิกัลรูปปลาวาฬนี้บนปลายเข็ม หลังจากนั้นเจาะรูรอบตัวปลาวาฬ จำนวน 7 จุด ทำการทดลองโดยการปล่อยลูกตุ้มฟิสิกัลรูปปลาวาฬให้แกว่ง ที่จุดแขวนบริเวณปลายไม้บรรทัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จำนวน 7 ตำแหน่ง พร้อมจับเวลา คำนวณหาคาบ และคำนวณคาบเวลาเฉลี่ยในการแกว่ง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลต่อมวลของวัตถุ โดยไม่ได้แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลทางทฤษฎี และจากบทความข้างต้น เนื่องจากผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงเกิดความสนใจที่จะนำความรู้ดังกล่าวมาศึกษาและตรวจสอบ เพื่อสร้างชุดทดลองที่สามารถพัฒนามาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไปได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบชุดทดลองฟิสิกัลเพนดูลัมรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบางเพื่อหาโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นอะคริลิกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยมมุมฉาก และสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยนำลูกตุ้มฟิสิกัลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยมมุมฉาก และสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มาปล่อยให้แกว่งพร้อมจับเวลาในการแกว่ง 20 รอบ จำนวน 5 ตำแหน่ง ปล่อยให้แกว่ง

ตำแหน่งละ 5 ครั้ง คำนวณหาคาบและคาบเวลาเฉลี่ย และนำค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ได้แทนในสมการ $I_{Z_{CM}} = \frac{mgdT^2}{4\pi^2} - md^2$ และตรวจสอบทฤษฎีแกนขนาน โดยนำค่าโมเมนต์ความเฉื่อยที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีแคลคูลัสตามทฤษฎี ทำการพิจารณาแนวโน้มความสัมพันธ์ของคาบกับระยะห่างในแนวขนานวัดจากจุดศูนย์กลางมวล เพื่อหาระยะห่างในแนวขนานวัดจากจุดศูนย์กลางมวลที่ทำให้คาบการแกว่งต่ำสุด โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากทฤษฎี จากการทดลอง และจากการสร้างเส้นแนวโน้ม แล้วแก้สมการพหุนามกำลังสองและพหุนามกำลังสี่ หลังจากนั้นทำการทดลองเพิ่มโดยนำลูกตุ้มฟิสิกัลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยมมุมฉาก และสามเหลี่ยมหน้าจั่วเจาะรู ณ ตำแหน่งที่คาบการแกว่งต่ำสุดทางทฤษฎี ทำการทดลองและคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยเหมือนกับการทดลองในครั้งแรก นำค่าโมเมนต์ความเฉื่อย ณ ตำแหน่งที่คาบการแกว่งต่ำสุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการแก้สมการพหุนามกำลังสี่ และคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน ถ้าวิธีการนี้มีการตรวจสอบหรือแสดงให้เห็นว่าเป็นจริงเชื่อถือได้ เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในชีวิตประจำวัน และเหมาะสมกับการเรียนการสอนในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบชุดทดลองฟิสิกัลเพนดูลัมรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบาง
2. เพื่อหาโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นอะคริลิครูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยมมุมฉาก และสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยใช้ทฤษฎีแกนขนาน
3. เพื่อตรวจสอบทฤษฎีแกนขนาน โดยการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบางที่ได้จากชุดทดลองกับการคำนวณโดยวิธีแคลคูลัสตามทฤษฎี
4. เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของตำแหน่งที่ห่างจากจุดศูนย์กลางมวล ที่ทำให้ได้คาบการแกว่งต่ำสุด

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ชุดทดลองฟิสิกัลเพนดูลัมที่มีประสิทธิภาพสามารถหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวล ($I_{Z_{CM}}$) ของวัตถุรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบางที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 จากค่าทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีแคลคูลัส
2. ได้วิธีการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวล ($I_{Z_{CM}}$) ของวัตถุรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบางโดยใช้ทฤษฎีแกนขนานของสไตน์เนอร์ ซึ่งได้ค่าค่อนข้างถูกต้องแม่นยำ
3. ได้แนวโน้มของตำแหน่งที่ห่างจากจุดศูนย์กลางมวล ที่ทำให้ได้คาบการแกว่งต่ำสุด

ขอบเขตของการวิจัย

1. หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวล ($I_{Z_{CM}}$) ของวัตถุแผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยมมุมฉาก และสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยใช้ชุดทดลองฟิสิกัลเพนดูลัมและคำนวณกลับโดยใช้ทฤษฎีแกนขนานของสไตน์เนอร์

2. ตรวจสอบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลที่ได้จากการทดลองด้วยชุดทดลองฟิสิกัลเพนดูลัม กับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีแคลคูลัสทางทฤษฎี

3. ตรวจสอบแนวโน้มของตำแหน่งที่ห่างจากจุดศูนย์กลางมวล ที่ทำให้ได้คาบเวลาน้อยที่สุดในการแกว่ง โดยเปรียบเทียบคาบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างเส้นแนวโน้ม แล้วแก้สมการพหุนามกำลังสี่กับผลจากการทดลอง ณ ตำแหน่งคาบการแกว่งต่ำสุดทางทฤษฎี

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. วัตถุรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบาง คือ แผ่นอะครีลิค ที่ถูกตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามเหลี่ยมมุมฉาก และสามเหลี่ยมหน้าจั่ว

2. ค่า ($I_{z_{cm}}$) โมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุของวัตถุรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบาง

3. ค่า d_T เป็นระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลที่ทำให้ได้คาบการแกว่งต่ำสุดทางทฤษฎี

4. ค่า d_E ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลที่ทำให้ได้คาบการแกว่งต่ำสุดจากการทดลอง

5. ค่า d_C ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลที่ทำให้ได้คาบการแกว่งต่ำสุดจากการหาค่าวิกฤต

6. ค่า $T_{MIN\text{-}THEORY}$ เป็นคาบการแกว่งต่ำสุดทางทฤษฎี

7. ค่า $T_{MIN\text{-}CRISIS}$ เป็นคาบการแกว่งต่ำสุดที่เกิดจากการแทนค่าระยะ d_C ลงในสมการพหุนามกำลังสี่ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบการแกว่ง และระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวล

สมมุติฐานของการวิจัย

1. ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุรูปเรขาคณิตแบบแผ่นบางจากการทดลองด้วยชุดทดลองฟิสิกัลเพนดูลัมและทฤษฎีแกนขนานของสไตน์เนอร์ จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีแคลคูลัส โดยมีความคลาดเคลื่อนในระดับที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกินร้อยละ 5

2. แนวโน้มของคาบการแกว่งต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแก้สมการพหุนามกำลังสี่ให้ผลที่สอดคล้องและเป็นไปในทางเดียวกัน