

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งทำการทดลองการตกอย่างอิสระของวัตถุด้วยชุดทดลองที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และการจำลองทางทฤษฎีเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยได้สรุปและอภิปรายเรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยใช้ชุดทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างชุดทดลองการตกอย่างอิสระ โดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ 2) จำลองกราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระตามทฤษฎีด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 3) เปรียบเทียบกราฟการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระระหว่างชุดทดลองที่สร้างขึ้นกับการจำลองทางทฤษฎี 4) เปรียบเทียบค่าความเร่งที่ได้จากการทดลองกับทางทฤษฎี และ 5) เปรียบเทียบค่าความเร่งที่ได้จากชุดทดลองตามหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กับชุดทดลองที่สร้างขึ้น ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองการตกอย่างอิสระของวัตถุ รวมทั้งชุดเครื่องมือวัดและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยแสดงผลแบบเวลาจริงที่มีความละเอียดระดับ 10 มิลลิวินาที เมื่อวัตถุตกอย่างอิสระผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ใช้ไดโอดอินฟราเรด (infrared emitting diode) เป็นตัวส่งสัญญาณและใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ (photo transistor) เป็นตัวรับสัญญาณย่านความถี่อินฟราเรด ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 5 จุด จากการทดลองจับเวลาการตกอย่างอิสระของวัตถุ และปรับระยะห่างของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุทั้งหมด 4 ครั้ง โดยในการปรับระยะห่างของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุแต่ละครั้งได้ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้งแล้วนำค่ากำลังสองของเวลาเฉลี่ยกับระยะทางมาเขียนกราฟเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งได้ผลจากการทดลองเท่ากับ 977.96 เซนติเมตร/วินาที² หรือเท่ากับ 9.7796 เมตร/วินาที²

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองทางทฤษฎีด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยวิธีการเขียนกราฟระหว่างระยะทางกับเวลา และกราฟระหว่างระยะทางกับกำลังสองของเวลาซึ่งพบว่ากราฟทั้งสองส่วนใหญ่ซ้อนทับกันแสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองตรงตามสมมติฐานและเมื่อนำค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้จากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับค่าที่ได้จากการใช้ชุดทดลองตามหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาเปรียบเทียบจุดเด่นจุดด้อยพบว่าชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจุดเด่นในด้าน ความละเอียดของเวลา วิธีการเก็บค่าที่วัดได้ การส่งผ่านข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น เวลาที่ใช้ในการทดลอง ติดตั้งอุปกรณ์และวิเคราะห์ข้อมูล การใช้วัสดุสิ้นเปลือง และค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับทฤษฎี โดยชุดทดลองตามหนังสือเรียนมีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน 7.4778 ในขณะที่ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน 0.0184 ซึ่งตรงกับสมมติฐานของการวิจัย ส่วนชุดทดลองตามหนังสือเรียนมีจุดเด่นในด้านของราคาชุดทดลองถูกกว่า โดยที่การใช้กระบวนการกลุ่มในการทดลอง การใช้ทักษะการวัด และความยากง่ายในการใช้ชุดทดลองไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จากการสร้างชุดทดลองเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ได้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 977.96 เซนติเมตรต่อวินาที² โดยค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกตามทฤษฎีเชิงสถิติจุด ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ละติจูด 8 องศา 41 ลิปดา 96 ฟลิปดาเหนือ มีค่าเท่ากับ 978.14 เซนติเมตรต่อวินาที² โดยมีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับทฤษฎีเท่ากับ 0.0184 ซึ่งค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำมากกว่างานวิจัยของ ศิริพงษ์ มีมั่งคั่ง (2553) ซึ่งทำการวิจัยเรื่อง ชุดทดลองหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกแบบประหยัดโดยวิธีตกแบบเสรี ด้วยวิธีจับเวลาการตกของลูกเหล็กจากขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ระดับความสูง 0.40 จนถึง 1.15 เมตร ซึ่งจะเพิ่มระดับความสูงครั้งละ 0.05 เมตร แล้วนำระยะทางกับกำลังสองของเวลาไปเขียนกราฟเพื่อนำไปหาค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากชุดทดลอง เครื่องหมายการค้า ชนิดหนึ่ง โดยทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นวัดค่าได้ 9.76 เมตรต่อวินาที² เมื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเชิงทฤษฎี ณ ละติจูดของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ 14 องศา 59 ลิปดา 5 ฟลิปดาเหนือ จะมีค่าเท่ากับ 9.838 เมตรต่อวินาที² ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.20

งานวิจัยของศิริวิชัย อรุโณทัย (2555) เรื่องการประยุกต์หลักของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพื่อสร้างชุดการทดลองการตกอิสระ เพื่อใช้ชุดทดลองนี้ในการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้การทดลองแบบตกอิสระของแท่งแม่เหล็ก ตัดผ่านขดลวดตัวนำ 2 ตำแหน่ง ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อกับเครื่องวัดสัญญาณออสซิลโลสโคป เพื่อหาเวลาที่แม่เหล็กตัดผ่านขดลวดทั้ง 2 ตำแหน่งของการตกอิสระ นำเวลาที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ กับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกทางทฤษฎี จากผลการทดลองพบว่าค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.72 เมตรต่อวินาที² ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าทางทฤษฎีร้อยละ 0.61 และงานวิจัยของ มานะ อินทรสว่าง (2552) ที่ทำการวิจัยเรื่องเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการหาค่าโน้มถ่วงโดยใช้หลอดโคโคดเปล่งแสง โดยสร้างชุดทดลองที่มีแนวคิดมาจากการตกอย่างอิสระของวัตถุ เมื่อปล่อยให้โคโคดเปล่งแสงที่ทราบค่าความถี่ตกลงมา บันทึกภาพและเส้นทางการเคลื่อนที่ของโคโคด คำนวณค่าความโน้มถ่วงจากภาพถ่าย จากการศึกษาพบว่ามีความเท่ากับ 980 ± 0.02 เซนติเมตรต่อวินาที² ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ณ กรุงเทพฯ จะมีค่า 978 เซนติเมตรต่อวินาที² มีความคลาดเคลื่อนเทียบกับสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติร้อยละ 1.00

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวิจัยในครั้งนี้นี้ยังสูงกว่าความคลาดเคลื่อนในงานวิจัยของ วิภาดา งานสม (2553) ซึ่งทำการวิจัยเรื่องการตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกโดยตัวเก็บประจุทรงกระบอก สร้างเครื่องมือวัดค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ณ พื้นผิวโลก เพื่อตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระบบมวลสปริงกับค่าความจุภายในตัวเก็บประจุทรงกระบอก เมื่อค่าความจุภายในตัวเก็บประจุทรงกระบอกแปรผันตามความยาวของอุปกรณ์ตัวนำทรงกระบอกส่วนในแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากระบบมวลสปริงได้ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ -0.0003 เซนติเมตรต่อวินาที² และค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งทดสอบอ้างอิงเท่ากับ 978.310 เซนติเมตรต่อวินาที² ซึ่งเมื่อคิดค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 0.00003

การหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกในแต่ละสถานที่จะได้ค่าที่แตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ การดูประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดจึงต้องเทียบจากค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน ว่าเครื่องมือชนิดไหนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

ปัจจัยที่ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่างานวิจัยเรื่องอื่นๆ เนื่องจากการวัดค่าเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุมีจำนวนทั้งหมด 5 จุด ในขณะที่งานวิจัยเรื่องอื่นๆ มีการวัดเพียงแค่ 2 จุดเท่านั้นซึ่งไม่สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟได้ และการปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระงานวิจัยอื่นๆ ส่วนใหญ่ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในการปล่อยวัตถุ เมื่อวงจรไฟฟ้าเปิดแต่อำนาจ

แม่เหล็กยังไม่หมดในทันที วัตถุจึงยังไม่ตก การเริ่มนับเวลาตั้งแต่เปิดวงจร ทำให้เวลามากกว่าความเป็นจริง แต่การวิจัยครั้งนี้ปล่อยวัตถุด้วยที่หนีบและไม่ได้เริ่มจับเวลาตั้งแต่จุดแรก ด้วยปัจจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้ผลการทดลองที่ได้มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับทฤษฎีน้อยกว่างานวิจัยอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ได้มีความละเอียดมากขึ้นควรเพิ่มจำนวนเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุและเพิ่มระดับความสูงที่ใช้ในการทดลองให้มากขึ้น
2. เพื่อให้การหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกับนักเรียน ควรเพิ่มหลอดไฟแสดงการทำงานเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ ซึ่งในขั้นนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มวงจรลงในเครื่องมือวัดและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ไว้แล้ว
3. เครื่องมือวัดและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทดลองเรื่องอื่นๆ ได้ เช่น การทดลองกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน การหาแรงเสียดทาน การเคลื่อนที่ในแนวราบของวัตถุ การหาขนาดของแรงต้านอากาศ การหาขนาดของแรงลอยตัวของวัตถุ เป็นต้น