บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ในการศึกษาฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะนักศึกษาเอกฟิสิกส์หัวข้อหนึ่งที่นักศึกษาจะต้องผ่านการเรียนทั้งในภาคทฤษฎี และการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการ ก็คือการเคลื่อนที่แบบแกว่ง(Oscillatory motion)ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่เปลี่ยนแปลงโดยการกลับไปกลับมาซ้ำเส้นทางเดิมหรือบางส่วนของเส้นทางเดิมของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาเท่าๆกัน หรือเป็นคาบนั่นเอง(ลิขิต ฉัตรสกุลและคณะ, 2532 : 159) ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่แบบแกว่งของมวลอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของสนามของแรงในการแกว่ง คือ สนามสถิต(Static field)ซึ่งเป็นสนามของแรงที่ขึ้นกับตำแหน่งเพียงอย่างเดียวโดยไม่ขึ้นกับเวลา เช่น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย(Simple harmonic motion) ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของมวลติดสปริง การเคลื่อนที่ของเพนดูลัมอย่างง่าย(Simple Pendulum) การเคลื่อนที่ของฟิสิกัลเพนดูลัม(Physical pendulum) การเคลื่อนที่ของเพนดูลัมซนิดบิด (Torsional pendulum) และการแกว่งที่ถูกหน่วง(Damped oscillations) การแกว่งอีกประเภทคือการแกว่งในสนามที่เปลี่ยนตามเวลา เช่น การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ แต่อย่างไรก็ตามการแกว่งต่างๆนั้นมีความคล้ายคลึงกันและสามารถอธิบายด้วยหลักการทางฟิสิกส์อันเดียวกัน ดังนั้นเพื่อที่จะเป็นการศึกษาตัวอย่างของการเคลื่อนที่แบบแกว่งและไม่ยุ่งยากมากนักสำหรับที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาระดับที่สูงขึ้นไป และมีความซับซ้อนมากขึ้น ในการศึกษาฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่จึงเลือกที่จะให้นักศึกษาศึกษาในกรณีของสนามสถิต เช่น การทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก(Acceleration of gravity) จากเพนดูลัมอย่างง่าย หรือ จากการทดลองโดยใช้เพนดูลัมเชิงประกอบ(Compound pendulum) แต่ทั้งนี้โดยทั่วไปในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบแกว่งนั้นในทางทฤษฎีจะสมมุติให้เป็นกรณีที่ไม่มีแรงต้านทานเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้สะดวกในการคำนวณ ซึ่งแตกต่างจากความเป็นจริงในทางปฏิบัติที่ในการทดลองจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นเสมอ เช่น แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นกับวัตถุในการทดลองที่ใช้วัตถุติดกับสปริง หรือแรงต้านของอากาศที่เกิดขึ้นใน

การทดลองที่เกี่ยวการเคลื่อนที่ของเพนดูลัม ซึ่งมีประเด็นที่น่าสนใจอยู่ที่ว่าแรงต้านทานที่เกิดขึ้นในการทดลองนั้นมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร และผลจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในการทดลองมีความแตกต่างกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีอย่างไร ตลอดจนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพลังงานกลของการเคลื่อนที่แบบแกว่งว่ามีลักษณะการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงต้องการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลที่ได้จากการคำนวณในทางทฤษฎีว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยทำการทดลองโดยใช้เพนดูลัมอย่างง่าย เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลในระบบการเคลื่อนที่ ผลกระทบของแรงต้านทานของอากาศที่มีต่อการเคลื่อนที่ และคาบของการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมเมื่อแอมปลิจูดมีค่ามาก ตลอดจนประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมเชิงประกอบในการทดลองหาจุดศูนย์กลางมวล(Center of mass) และโมเมนต์ความเฉื่อย(Moment of inertia)ของวัตถุ

ในการทดลองเกี่ยวกับเพนดูลัมในห้องปฏิบัติการทั่วไปจะทำการวัดคาบของการเคลื่อนที่โดยให้ผู้ทำการทดลองเป็นผู้จับเวลาโดยใช้นาฬิกาแล้วนำค่าเวลาที่ได้มาเฉลี่ยกับจำนวนรอบ ซึ่งมีข้อจำกัดคือทำให้ไม่สามารถวัดคาบของการเคลื่อนที่ในแต่ละรอบของการเคลื่อนที่ได้โดยตรงและต่อเนื่องตลอดการทดลอง อีกทั้งยังไม่สามารถที่จะวัดความเร็วที่ตำแหน่งสมดุลของการเคลื่อนที่ในแต่ละรอบได้เลย ดังนั้นหากต้องการที่จะศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างละเอียดจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถวัดคาบ และความเร็วที่ตำแหน่งสมดุลของเพนดูลัมได้อย่างถูกต้องแม่นยำและต่อเนื่องตลอดจนสามารถบันทึกข้อมูลที่ได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่มีความสามารถดังกล่าว ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์(Hardware)และส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ ในส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับตรวจจับการเคลื่อนที่ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ CP-JR6811 ใช้ในการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลให้กับเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะใช้ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงทำหน้าที่คอยตรวจจับการเคลื่อนที่ของเพนดูลัม โดยตัวต้านทานแปรค่าตามแสงจะให้สัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเพนดูลัม แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากตัวต้านทานแปรค่าตามแสงยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ จึงต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยแปลงสัญญาณจากตัวต้านทานแปรค่าตามแสงให้มีความเหมาะสมเสียก่อน แล้วจึงส่งสัญญาณที่ผ่านการแปลงแล้วไปยังบอร์ด CP-JR6811 ซึ่งจะทำหน้าที่คอยตรวจจับขอบขาของสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งมาจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และแปลงค่าสัญญาณที่ได้ให้เป็นคาบเวลาในการเคลื่อนที่ โดยเวลาที่เพนดูลัมใช้เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุลสามารถนำไปคำนวณหาความเร็วที่ตำแหน่งสมดุลของเพนดูลัม

ส่วนที่ 2 คือ ซอฟต์แวร์(Software)ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของบอร์ด CP-JR6811 การเก็บข้อมูลที่ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งมาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และการติดต่อกับผู้ใช้ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6 พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับติดต่อกับผู้ใช้ และโปรแกรม Sbasic สำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของบอร์ด CP-JR6811

ในการออกแบบระบบการทดลองนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นการทำงานที่เชื่อมโยงกับไมโครคอมพิวเตอร์และเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบการทดลองนี้จึงมีจุดมุ่งหมายอีกประการหนึ่งคือ ต้องการใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับพื้นฐานเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมในแง่มุมต่างๆ และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากการคำนวณในทางทฤษฎี อีกทั้งยังสามารถนำอุปกรณ์ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการทดลองหาจุดศูนย์กลางมวล และโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุที่ไม่สามารถหาได้โดยใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และอาจจะใช้ในการทดลองอื่นที่เกี่ยวข้องกับ คาบเวลา ความถี่ และความเร็วของการเคลื่อนที่ได้

การตรวจเอกสาร

การศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมเป็นหัวข้อหนึ่งที่นักศึกษาฟิสิกส์จะต้องเรียนและทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งส่วนใหญ่จะศึกษาและทดลองเพนดูลัมอย่างง่ายในกรณีที่มุมเริ่มต้นไม่โตมากนักหรือเพนดูลัมเชิงประกอบ เพื่อใช้คาบที่วัดได้จากการทดลองในการคำนวณหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และนอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้คาบที่วัดได้จากการทดลองเพนดูลัมเชิงประกอบ(Hinrichsen, 1981)ช่วยในการคำนวณหาจุดศูนย์กลางมวล และโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุเพื่อช่วยในการออกแบบอุปกรณ์กีฬา เช่น เรือใบ หรือยานพาหนะ ในปี1985 รศ.บุญเหลือ พงศ์ดารา ได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาคาบของการแกว่งของลูกตุ้มเชิงประกอบโดยใช้การเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ในการควบคุมการทดลอง เพื่อหาจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 150kΩ เป็นจุดหมุนและเป็นตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ โดยในขณะที่มีการแกว่งของเพนดูลัมจะทำให้สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้มีสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไป และสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเพนดูลัมเชิงประกอบ โดยการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทาง game I/O และไอซี เบอร์ 6840PTM ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ทำให้สามารถหาคาบของการเคลื่อนที่

และนำไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางมวลแต่เนื่องจากมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดหมุนจึงทำให้แอมปลิจูดของการแกว่งลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้(Stround and Matthews, 1987)ได้ทำการศึกษาคาบของเพนดูลัมบนจุดหมุนที่เป็นใบมีดโดยทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนของคาบที่สังเกตุได้จากการทดลองที่มุมมีขนาดโตขึ้นเรื่อยๆกับคาบเมื่อมุมมีขนาดเล็กมาก โดยศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนดังกล่าวกับค่ากำลังสองของขนาดของมุมซึ่งพบว่าเมื่อมุมมีขนาดโตขึ้นอัตราส่วนของคาบก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย และมุมกับขนาดความกว้างของใบมีดก็มีผลต่อคาบของการเคลื่อนที่เช่นกัน(Santarelli ,Carolla and Ferner, 1993)ในการศึกษาการการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่ายโดยใช้ชุดทดลอง Microcomputer-based laboratory system (MBL) ซึ่งใช้การเชื่อมต่อการทดลองเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งชุดการทดลองจะประกอบด้วย Photogate sensor Universal Laboratory Interface (ULI) และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคาบของการเคลื่อนที่กับค่ากำลังสองของความเร็วที่ตำแหน่งสมดุล และค่ากำลังสองของความเร็วกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของเพนดูลัมอย่างง่าย โดยในการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ของคาบและค่ากำลังสองของความเร็วมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น และยังพบว่าค่ากำลังสองของความเร็วจะมีค่าลดลงแบบเอ็กโปแนนเชียลตามเวลาด้วย และด้วยการใช้ชุดทดลอง MBL(Zheng, *et al.*, 1994)ทำการทดลองหาคาบของเพนดูลัมอย่างง่ายเช่นกัน โดยการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงตัวเลข(Numerical integral methods) และแคลคูลัสในการคำนวณหาคาบของเพนดูลัมเพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าที่วัดคาบได้จากการทดลองกับคาบที่ได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ Mathcad ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาภาวะของเพนดูลัมที่มีความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นของเพนดูลัม (nonlinear pendulum)ซึ่งพบว่าในการทดลองคาบที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับคาบที่คำนวณได้จากทฤษฎีเมื่อมุมเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 50 องศา และเมื่อมุมเริ่มต้นเพิ่มมากขึ้นค่าคาบจากการทดลองและการคำนวณจากทฤษฎีก็มีความแตกต่างกันมากขึ้น โอคายา(Ocaya, 2000) ได้ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยบอทสวานา(University of Botswana)ก็ได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาคาบของเพนดูลัมเชิงประกอบเช่นกันโดยใช้โฟโต้ไดโอด(Photodiode sensor) เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ ที่เกิดขึ้นจากการตัดผ่านลำแสงที่ตกกระทบโฟโต้ไดโอดของเพนดูลัมเชิงประกอบ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโฟโต้ไดโอดเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยในการออกแบบการทดลองได้ใช้วงจรการเปลี่ยนกระแสเป็นศักย์ไฟฟ้า(I-V converter) และไอซีเบอร์555 ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ให้เป็นสัญญาณพัลส์(Pulse) ที่มีความเหมาะสม เพื่อให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ (Interrupts)ขึ้น โดยในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่อง

ไมโครคอมพิวเตอร์ การรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรแปลงสัญญาณกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะสื่อสารกันผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์(Printer port) และใช้ซอฟต์แวร์ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลโดยเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้โปรแกรมภาษา C ในการเขียนซอฟต์แวร์ และในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดคาบจากการทดลองมีความละเอียดถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง และสามารถนำคาบที่ได้จากการทดลองคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกโดยพบว่าค่าที่ได้มีความผิดพลาดเฉลี่ยประมาณ 1 %

ดังนั้นจากการศึกษาข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงได้แนวคิดในการออกแบบการทดลอง และสร้างชุดการทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม และการประยุกต์ใช้ในการทดลองหาจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุของวัตถุ โดยเน้นการเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทดลอง ซึ่งชุดทดลองจะใช้ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงเป็นตัวตรวจจับสัญญาณ และใช้ระบบรีลไทม์อินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์CP-JR6811ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล68HC11ของโมโตโลล่า(ชัยวัฒน์, 2538) ในการตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการตัดผ่านลำแสงที่ตกกระทบตัวต้านทานแปรค่าตามแสงของเพนดูลัม ซึ่งจะให้สัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเพนดูลัม แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากตัวตานทานแปรค่าตามแสงมีลักษณะไม่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณที่ได้ให้เหมาะสมกับการใช้งานก่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการแปลงสัญญาณที่ได้จากตัวต้านทานแปรค่าตามแสง ให้มีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์(pulse) ซึ่งสัญญาณที่ได้จะมีคาบเวลาตรงกับคาบของการเคลื่อนที่ของเพนดูลัม โดยลักษณะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะคอยตรวจจับขอบขาของสัญญาณที่ส่งมาจากวงจรแปลงสัญญาณ จากนั้นจะทำการบันทึกค่าที่ได้จากการทดลองเพื่อนำไปคำนวณหาค่าต่างๆที่เกี่ยวของได้ โดยชุดการทดลองจะแบบออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ใช้สำหรับการตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และส่วนที่เป็นซอต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการทดลอง การบันทึก และการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะเป็นส่วนที่จะใช้ติดต่อกับผู้ใช้ โดยสาเหตุที่เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ CP-JR6811 ก็เนื่องจากเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกออกแบบมาโดยรวมอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ภายในตัวเอง เช่น พอร์ตรับ-ส่งข้อมูล วงจรตั้งเวลา ตัวนับอิสระ ระบบการอินเตอร์รัปต์ หน่วยความจำรอม-แรม และอีอีพรอม วงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นดิจิตอล(ADC)ระบบป้องกันความ

ผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากโปรแกรม และส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมกับไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้และควบคุมการทดลองจะใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรมภาษา Visual Basic 6 ซึ่งสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ทำให้สะดวกในการใช้งาน โดยในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่งรูปแบบของการทดลองดังกล่าวจะเป็นการใช้วิธีการวัด การเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้การทดลองมีความสะดวก รวดเร็ว วัดได้ละเอียดและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบ และสร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัววัดการทดลอง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นช่วยในการหาจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุ และโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ
3. เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจากทฤษฎี