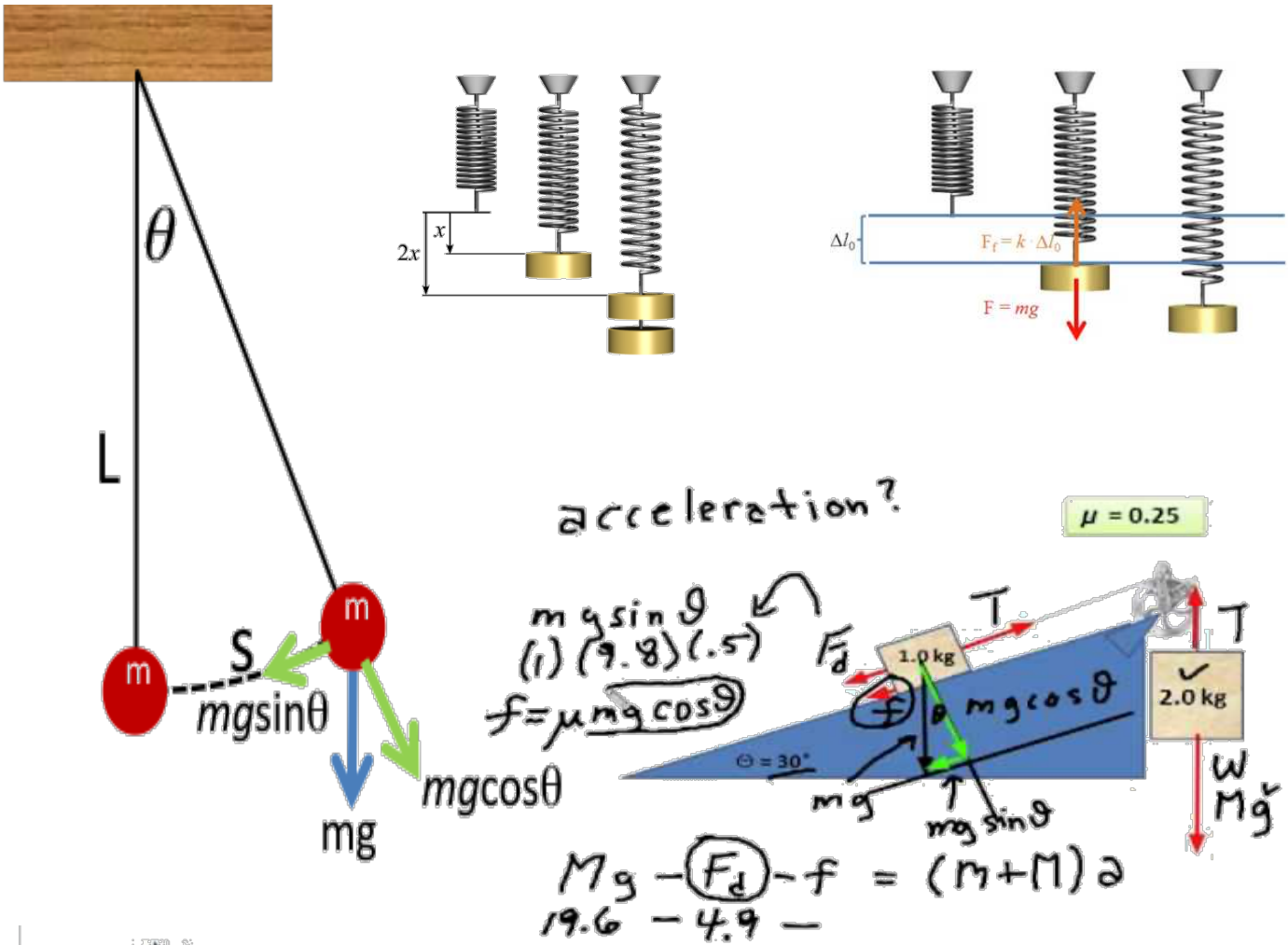
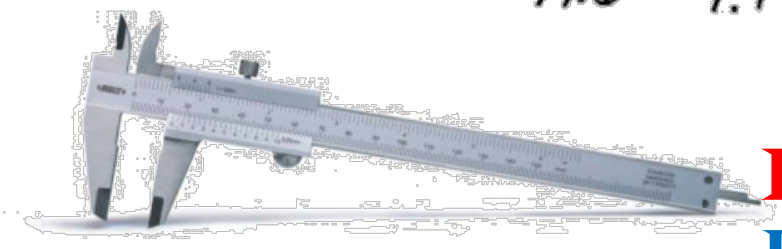
ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1





PHYSICS 1
LABORATORY

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี

สารบัญ

ปฏิบัติการทดลองที่ 1 การวัดขนาดอย่างละเอียด	1
บันทึกผลการทดลอง	9
ปฏิบัติการทดลองที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	13
บันทึกผลการทดลอง	15
ปฏิบัติการทดลองที่ 3 การหาค่าคงตัวสปริง	20
บันทึกผลการทดลอง	22
ปฏิบัติการทดลองที่ 4 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย	27
บันทึกผลการทดลอง	28

ปฏิบัติการทดลองที่ 1
การวัดขนาดอย่างละเอียด

วัตถุประสงค์

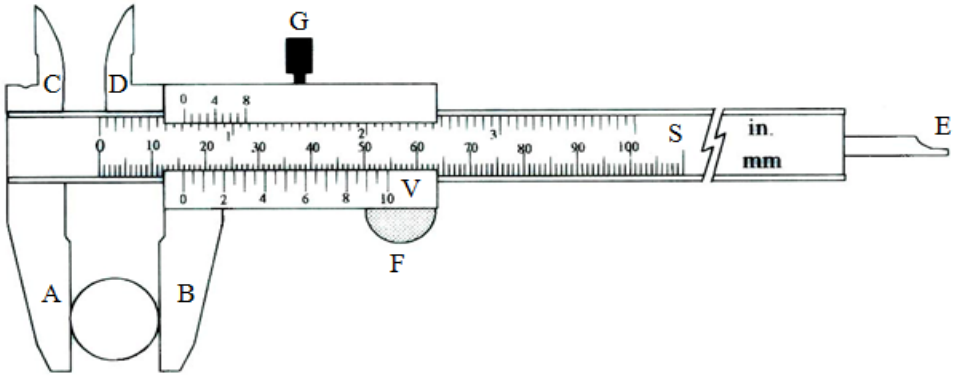
1. เพื่อศึกษาการวัดขนาดวัตถุด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์และไมโครมิเตอร์
2. เพื่อศึกษาการใช้สเฟียโรมิเตอร์ในการวัดรัศมีความโค้งของวัตถุที่มีผิวโค้งหรือวัตถุทรงกลม

ทฤษฎี

การวัดขนาดของวัตถุโดยการใช้ไม้บรรทัดนั้นจะมีความละเอียดไม่เกินทศนิยมตำแหน่งที่สอง ในหน่วยเซนติเมตร ดังนั้นจึงมีการสร้างสเกลแบบอื่นที่สามารถวัดได้ละเอียดมากกว่าเดิม เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) เป็นเครื่องมือวัดที่มีการสร้างสเกลที่ละเอียดกว่าไม้บรรทัดธรรมดาจะประกอบด้วยสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์ นอกจากนี้ยังมีการออกแบบเครื่องวัดที่ใช้หลักการของสกรูมาประกอบกับสเกลหลักทำให้สามารถอ่านค่าได้ละเอียดขึ้น เช่น ไมโครมิเตอร์ (micrometer) และสเฟียดรมิเตอร์ (spherometer)

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (หรือเรียกสั้นๆ ว่า เวอร์เนียร์) เป็นเครื่องมือวัดขนาดที่ใช้วัดความยาว ความหนา เส้นผ่านศูนย์กลางทั้งภายในและภายนอก รวมถึงวัดความลึกของวัตถุ มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้



ภาพที่ 1.1 ลักษณะของเวอร์เนียร์คาลิเปอร์

1. สเกลหลัก S เป็นสเกลเหมือนไม้บรรทัด มีทั้งหน่วยนิ้ว และหน่วยมิลลิเมตร
2. สเกลเวอร์เนียร์ V เป็นสเกลสั้น ๆ ที่เลื่อนไปมาได้บนสเกลหลัก S สเกลเวอร์เนียร์ใช้บอกขนาดวัตถุที่วัดได้ทั้งในหน่วยนิ้วหรือมิลลิเมตร
3. ปากวัด AB สำหรับหนีบวัตถุที่ต้องการวัดขนาดโดยปากวัด B จะตรึงติดกับสเกลเวอร์เนียร์ส่วนปากวัด A ตรึงติดกับสเกลหลัก
4. ปากวัด CD สำหรับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวัตถุ โดยปากวัด C ตรึงติดกับสเกลหลัก และปากวัด D ตรึงติดกับสเกลเวอร์เนียร์
5. ปลายแหลม E สำหรับใช้วัดความลึกของวัตถุ
6. ปุ่ม F ใช้ผลักหรือดัน เพื่อเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ไปมาบนสเกลหลัก
7. สกรู G ใช้สำหรับหมุนตรึงสเกลเวอร์เนียร์ให้ติดแน่นกับสเกลหลัก ก่อนจะอ่านขนาดวัตถุ

ทั้งนี้ ความละเอียดของเวอร์เนียร์ (least count of Vernier) หรือความยาวที่น้อยที่สุดที่เวอร์เนียร์สามารถวัดได้นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนช่อง (n) ที่อยู่บนสเกลเวอร์เนียร์ นั่นคือ

$$v = \frac{s}{n} \qquad (1.1)$$

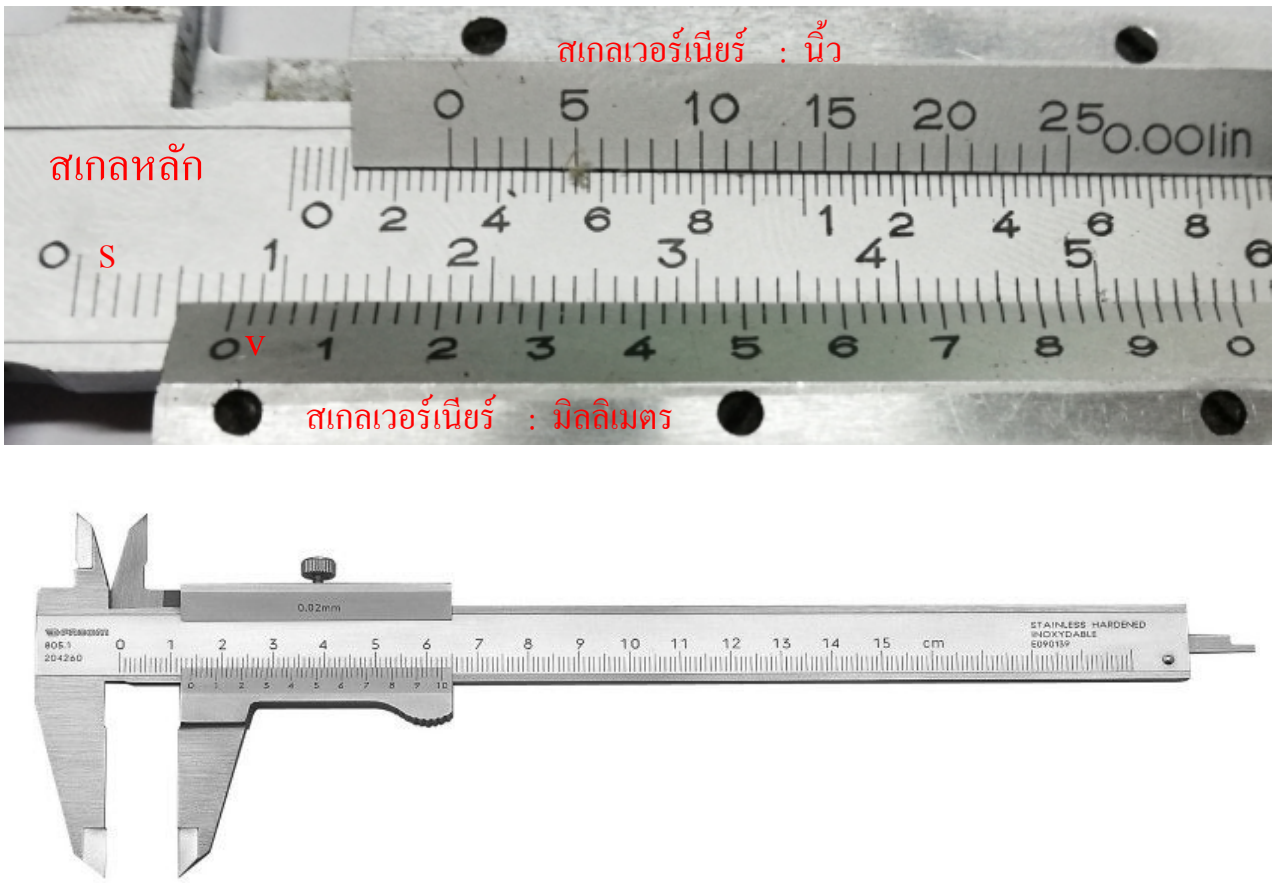
เมื่อ v คือ ความละเอียดในการวัด (ความยาวของหนึ่งช่องสเกลเวอร์เนียร์)

s คือ ความยาวของหนึ่งช่องสเกลหลัก โดยปกติทั่วไปจะเท่ากับ 1.00 มิลลิเมตร

n คือ จำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์

1.1 ความยาวของหนึ่งช่องของสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์

ภาพที่ 1.2 แสดงสเกลหลักของเวอร์เนียร์ (s) จะมีหน่วยเป็น นิ้ว (In) และมิลลิเมตร (mm) ซึ่งมีหน่วยเป็นนิ้ว (ด้านบน) และมิลลิเมตร (ด้านล่าง) โดยในหน่วยมิลลิเมตร จะเห็นว่าระยะ 1 เซนติเมตร(10 มิลลิเมตร) มีจำนวน 10 ช่อง ดังนั้นความยาวหนึ่งช่องของสเกลจึงเท่ากับ 1.00 มิลลิเมตร และในหน่วยนิ้วระยะ 1 นิ้ว สเกลหลักมี 40 ช่อง ดังนั้นความยาวของหนึ่งช่องสเกลหลักจึงเท่ากับ 1/40 นิ้ว หรือ 0.025 นิ้ว) ในขณะที่ สเกลเวอร์เนียร์ (v) ในหน่วยมิลลิเมตร แบ่งเป็น 50 ช่อง (เลข 0 – 0 ด้านล่าง) ดังนั้น ความยาวของหนึ่งช่องาเกลเวอร์เนียร์จึงเท่ากับ 1/50 มิลลิเมตร หรือ 0.02 มิลลิเมตร



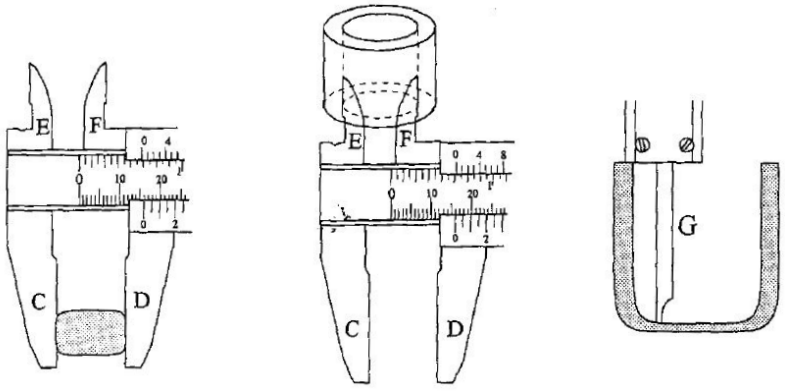
ภาพที่ 1.2 สเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์ของเวอร์เนียร์ ทั้งในหน่วยนิ้วและหน่วยมิลลิเมตร

1.2 หลักการใช้งานของเวอร์เนียร์

1. การวัดความยาว ความหนาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของวัตถุ จะใช้ปากวัด C และ D หนีบชิ้นงานที่ต้องการวัดโดยให้ผิวทั้งสองด้านของวัตถุแตะพอดีกับปากวัด C และ D ดังภาพที่ 1.3(ก)

2 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวัตถุรูปทรงกระบอกจะต้องเลือกใช้ปากวัด E และ F กดบนผิวด้านในทั้งสองด้านของวัตถุรูปทรงกระบอกดังภาพที่ 1.3(ข)

3 การวัดความลึกของวัตถุจะต้องใช้ปลายแหลม G แหย่ลงไปในชิ้นงานที่ต้องการวัดดังภาพที่ 1.3(ค)

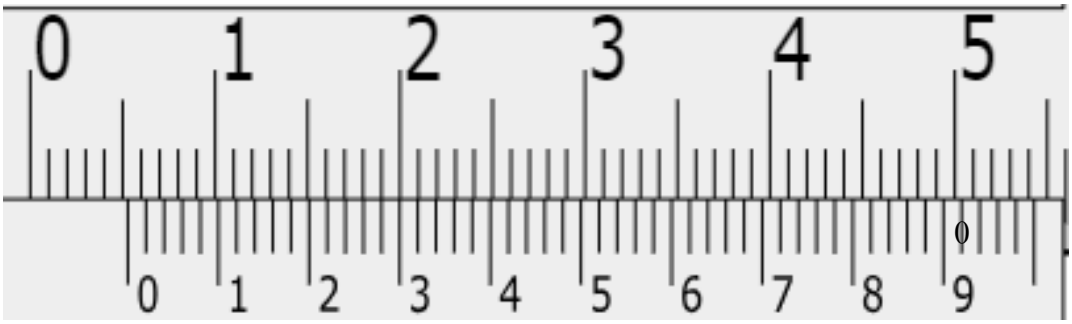


(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1.3 การวัดชิ้นงานโดยใช้ส่วนต่างๆ ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

1.3 การอ่านค่าเวอร์เนียร์

ถ้าเวอร์เนียร์ที่ใช้มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร (mm) และสเกลเวอร์เนียร์แบ่งเป็น 50 ช่อง ดังภาพที่ 1.4

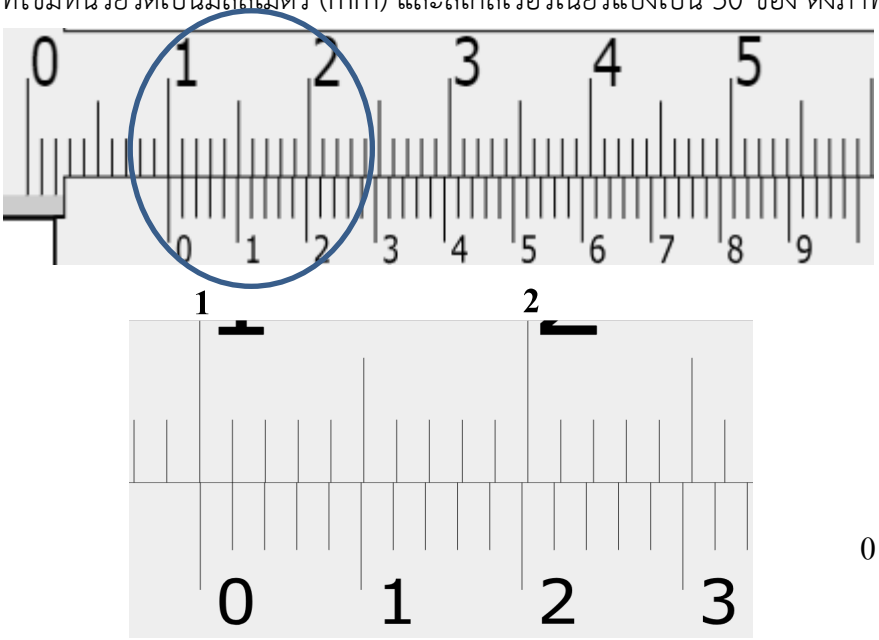


ภาพที่ 1.4 การอ่านค่าปริมาณที่วัดด้วยเวอร์เนียร์ชนิดสเกลแบ่งเป็น 50 ช่อง

วิธีการอ่านค่าจากการวัดด้วยเวอร์เนียร์มีดังนี้

1. หาค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์ ตามสมการ (1.1)
2. ดูขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ว่าผ่านสเกลหลักไปเท่าใด จากภาพที่ 1.4 ได้ 5 มิลลิเมตร
3. อ่านค่าละเอียดบนสเกลเวอร์เนียร์โดยดูว่าขีดใดบนสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ในภาพที่ 1.4 คือ ขีดที่ 14 ถ้าเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์มีค่าความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร จะได้ $0.02 \times 14 = 0.28$ มิลลิเมตร
4. นำตัวเลข ข้อ 2 และ 3 มารวมกัน จะได้ 5.28 มิลลิเมตร

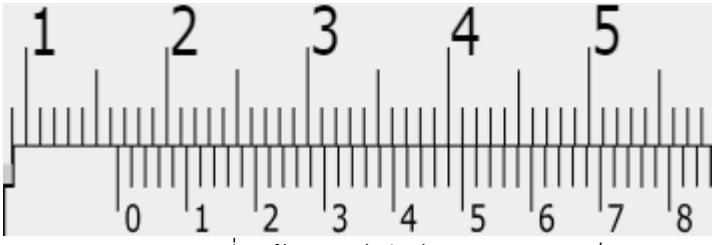
ถ้าเวอร์เนียร์ที่ใช้มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร (mm) และสเกลเวอร์เนียร์แบ่งเป็น 50 ช่อง ดังภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 การอ่านค่าปริมาณที่วัดด้วยเวอร์เนียร์ชนิดสเกลแบ่งเป็น 50 ช่อง

1. หาค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์ ตามสมการ (1.1) (1/50 = 0.02 มิลลิเมตร)
2. ดูขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ว่าผ่านสเกลหลักไปเท่าใด จากภาพที่ 1.5 ได้ 10 มิลลิเมตร
3. อ่านค่าละเอียดบนสเกลเวอร์เนียร์โดยดูว่าขีดใดบนสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ในภาพที่ 1.5 คือ ขีดที่ 1 ถ้าเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์มีค่าความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร จะได้ 0.02×1 = 0.02 มิลลิเมตร
4. นำตัวเลข ข้อ 2 และ 3 มารวมกัน จะได้ 10.02 มิลลิเมตร

ถ้าเวอร์เนียร์ที่ใช้มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร (mm) และสเกลเวอร์เนียร์แบ่งเป็น 50 ช่อง ดังภาพที่ 1.6

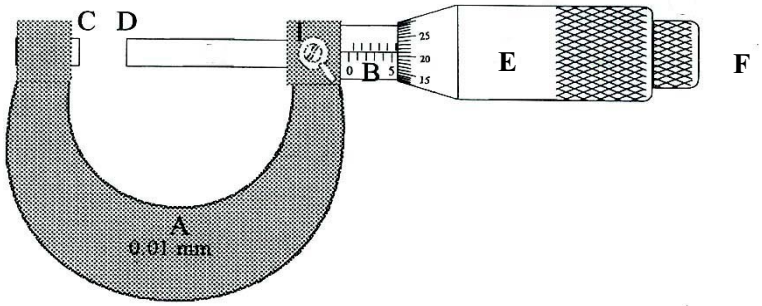


ภาพที่ 1.6 การอ่านค่าปริมาณที่วัดด้วยเวอร์เนียร์ชนิดสเกลแบ่งเป็น 50 ช่อง

1. หาค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์ ตามสมการ (1.1) (1/50 = 0.02 มิลลิเมตร)
2. ดูขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ว่าผ่านสเกลหลักไปเท่าใด จากภาพที่ 1.6 ได้ 16 มิลลิเมตร
3. อ่านค่าละเอียดบนสเกลเวอร์เนียร์โดยดูว่าขีดใดบนสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ในภาพที่ 1.6 คือ ขีดที่ 25 ถ้าเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์มีค่าความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร จะได้ 0.02×25 = 0.50 มิลลิเมตร
4. นำตัวเลข ข้อ 2 และ 3 มารวมกัน จะได้ 16.50 มิลลิเมตร

2. ไมโครมิเตอร์

ไมโครมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่วัดขนาดวัตถุได้ละเอียดกว่าเวอร์เนียร์ โดยวัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย ไมโครมิเตอร์มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้



ภาพที่ 1.7 ไมโครมิเตอร์

1. โครง A เป็นโลหะโค้งงอรูปตัว C

2. แกน B ตรึงติดอยู่ที่ปลายด้านหนึ่งของโครง A และมีสเกลอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร อยู่บนเส้นแกนนอนของ B

3. ปลอกวัดทรงกระบอกกลวง E มีเกลียวด้านในสวมอยู่บนเกลียวของแกน B เมื่อหมุนปลอกวัด E 1 รอบ ปลอกวัด E จะเคลื่อนที่ไปบนสเกลของแกน B เป็นระยะทางเท่ากับระยะ 1 ช่วงเกลียวของแกน B ที่ปลายปลอกวัด E ด้านใกล้กับโครง A จะมีสเกลโดยรอบปลอกวัด E

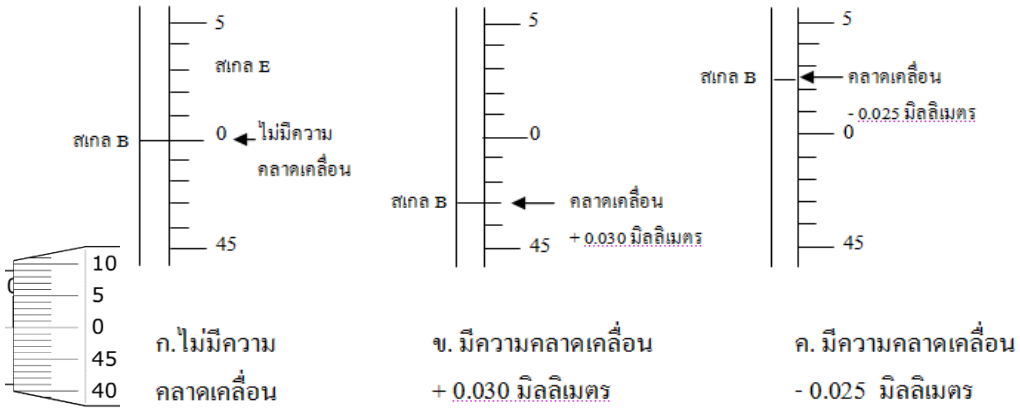
4. ปากวัด CD สำหรับหนีบวัตถุที่ต้องการวัดขนาดโดยปากวัด D จะเป็นแกนทรงกระบอกที่สอดเข้าไปในแกน B และตรึงติดกับปลอกวัด E เมื่อหมุนปลอกวัด E ปากวัด D จะเลื่อนออก หรือเข้าใกล้ปากวัด C เป็นระยะทางเท่ากับที่ปลอกวัด E เลื่อนไปบนแกน B เพื่อหนีบวัตถุที่จะวัดขนาด ส่วนปากวัด C จะตรึงติดกับปลายอีกด้านหนึ่งของโครง A ความยาวของปากวัด C สามารถปรับได้เล็กน้อย เพื่อประโยชน์ในการปรับให้ขอบของปลอกวัด E อยู่ตรงขีดศูนย์ของสเกลบนเส้นแกนนอนของ B และขีดศูนย์ของสเกลบนปลอกวัด E อยู่ตรงกับเส้นแกนนอนของ B พอดี เมื่อปากวัด CD อยู่ชิดติดกัน

5. ปุ่ม F จะติดอยู่ตรงส่วนปลาย อีกด้านหนึ่งของปลอกวัด E ปุ่ม F จะถูกใช้งานเมื่อหมุนปลอกวัด E จนปากวัด CD ใกล้จะหนีบวัตถุ จึงย้ายไปหมุนปุ่ม F แทน จนปากวัด CD หนีบวัตถุจะได้ยินเสียงดังเบา ๆ ออกมาจากปุ่ม F ที่ถูกหมุน และปากวัด CD จะไม่เคลื่อนที่อีกต่อไป

ไมโครมิเตอร์มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรค่าความละเอียดของไมโครมิเตอร์ หาได้ดังนี้

$$\text{ความละเอียดของไมโครมิเตอร์} = \frac{\text{ระยะหนึ่งช่วงเกลียวของแกน B}}{\text{จำนวนช่องสเกลรอบปลอกวัด E}} \qquad (1.2)$$

2.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของไมโครมิเตอร์



ภาพที่ 1.8 ตำแหน่งสเกลของไมโครมิเตอร์ที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน และมีความคลาดเคลื่อน

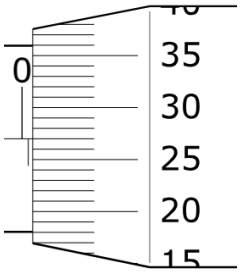
2.3 การอ่านค่าไมโครมิเตอร์

1. หาค่าความละเอียดของไมโครมิเตอร์จากสมการ (1.2)

2. สเกลหลักเป็นสเกลที่อยู่บนแกน B โดยความยาวของแต่ละช่องสเกลเป็น 0.5 มิลลิเมตร ดูขอบของปลอกหมุน E ว่าผ่านสเกลหลักไปเท่าใด จากภาพที่ 1.8 อ่านได้ 0.5 มิลลิเมตร

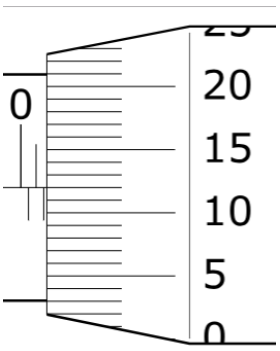
3. สเกลรองเป็นสเกลโดยรอบปลอกวัด E มี 50 ช่อง ดูค่าสเกลรองที่มีขีดตรงกับขีดกลางของสเกลหลัก จากภาพที่ 1.8 เป็นขีดที่ 27 ถ้าไมโครมิเตอร์มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร จะอ่านได้ 0.01×27 = 0.27 มิลลิเมตร

4. นำตัวเลขข้อ 2 และ 3 มารวมกัน จะได้ 0.5+0.27 = 0.77 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1.8 สเกลที่อ่านขนาดวัตถุจากไมโครมิเตอร์

ภาพที่ 1.9 แสดงไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตรและสเกลหลักแต่ละช่องมีความยาว 0.5 มิลลิเมตร เมื่อดูขอบของปลอกหมุน E พบว่า อ่านได้ 1.5 มิลลิเมตร



และสเกลรองรอบปลอกวัด E มี 50 ช่อง ดูค่าสเกลรองที่มีขีดตรงกับขีดที่ 12 ดังนั้น จะอ่านค่าได้ 0.01×12 = 0.12 มิลลิเมตร

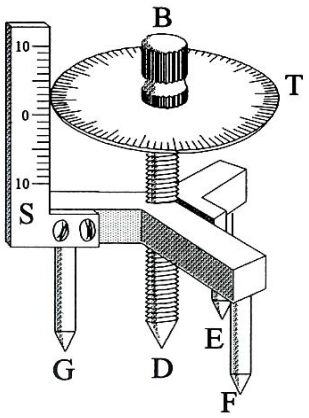
นำค่าสเกลหลักไปรวมกับขีดสเกลรอง

จะได้ 1.5 + 0.12 = 1.62 มิลลิเมตร

ภาพที่ 1.9 สเกลที่อ่านขนาดวัตถุจากไมโครมิเตอร์

3. สเฟียโรมิเตอร์

สเฟียโรมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดรัศมีความโค้งของวัตถุที่มีผิวโค้ง เช่น กระจกนูน/เว้า เลนส์นูนหรือเลนส์เว้า โดยการอ่านค่าสเกลบนแผ่นหมุนวงกลมที่เลื่อนไปบนสเกลหลัก สเฟียโรมิเตอร์มีลักษณะประกอบด้วยสเกลวงกลมที่ติดอยู่บนแกนโลหะมีเกลียวที่หมุนขึ้นลงบนสามขาที่มีแผ่นสเกลหลักติดอยู่ในแนวดิ่งและตั้งฉากกับสเกลบนแผ่นวงกลมดังภาพที่ 1.10

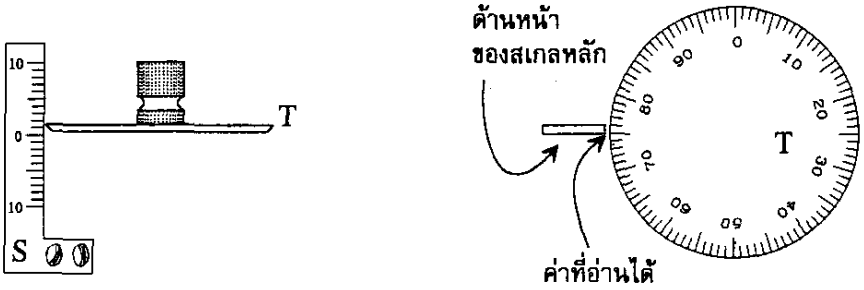


ภาพที่ 1.10 สเฟียโรมิเตอร์

สเกลหลัก S เป็นสเกลติดตั้งอยู่ในแนวดิ่งบนสามขาปลายแหลม EFG โดยทั่วไป สเกลหลัก S จะมีความละเอียด 0.5 มิลลิเมตร

สกรู BD มีเกลียวหมุนขึ้นลงในรูกลมตรงกลางของสามขาใกล้ปลายบน B มีแผ่นสเกลวงกลม T เกือบสัมผัสกับขอบสเกล S และปลายล่าง D ของสกรู BD มีลักษณะปลายแหลม

แผ่นสเกลวงกลม T ติดอยู่ใกล้กับปลายบนของสกรู BD มีสเกลแบ่งเป็นช่องเท่าๆ กัน โดยรอบแผ่นวงกลม เมื่อหมุนสกรู BD 1 รอบ แผ่นสเกลวงกลม T จะเคลื่อนที่ไปบนสเกลหลัก S เป็นระยะทางเท่ากับระยะห่าง 1 ช่วงเกลียวของสกรู BD



ภาพที่ 1.11 สเกลหลักและสเกลรองของสเฟียโรมิเตอร์

ความละเอียดของสเฟียโรมิเตอร์คล้ายกันกับไมโครมิเตอร์ดังนี้

$$\text{ความละเอียดของสเฟียโรมิเตอร์} = \frac{\text{ระยะทางหนึ่งช่วงเกลียวของสกรูBD}}{\text{จำนวนช่องสเกลบนแผ่นสเกลวงกลม T}} \qquad (1.3)$$

3.1 การอ่านค่าสเฟียโรมิเตอร์

1. หาค่าความละเอียดของเสเฟียโรมิเตอร์จากสมการ (3)

2. สเกลหลักเป็นสเกล S จะมีความละเอียด 0.5 มิลลิเมตร อ่านค่าสเกลหลักจากตำแหน่งระดับที่แผ่นสเกลวงกลม T อยู่

3. สเกลรองเป็นสเกลวงกลม T (บนจาน) ถ้าสเฟียโรมิเตอร์มีความละเอียด 0.005 มิลลิเมตร จะอ่านได้ 0.005×จำนวนช่องของสเกลรอง

4. นำตัวเลขข้อ 2 และ 3 มารวมกัน

3.2 การคำนวณหาค่ารัศมีความโค้ง R ของผิวโค้ง

ให้ O เป็นจุดศูนย์กลางความโค้ง จะได้รัศมีความโค้ง R = OH + h

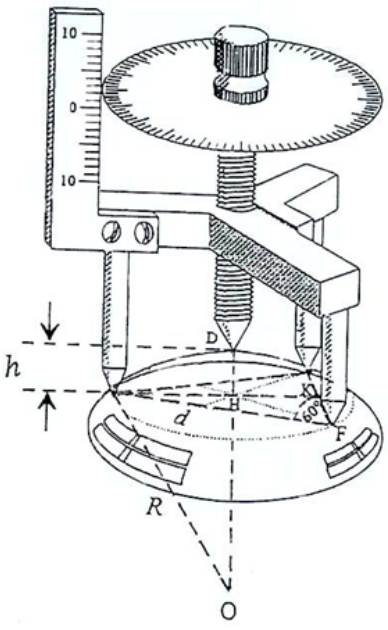
ใน Δ มุมฉาก OGH $OH^2 = R^2 - (GH)^2$

นั่นคือ $(R-h)^2 = R^2 - (\frac{2}{3}GK)^2$ จะได้ $R^2-2Rh+h^2 = R^2-(\frac{2}{3}d\sin 60^0)^2$

$$-2Rh+h^2 = -(\frac{2}{3}d\frac{\sqrt{3}}{2})^2 = -\frac{d^2}{3}$$

$$2Rh = \frac{d^2}{3} + h^2$$

$$R = \frac{d^2}{6h}+\frac{h}{2} \qquad (1.4)$$



ภาพที่ 1.12 ตำแหน่งขาของสเฟียโรมิเตอร์

ปฏิบัติการทดลองที่ 1 การวัดขนาดอย่างละเอียด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการวัดขนาดวัตถุด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และไมโครมิเตอร์
2. เพื่อศึกษาการใช้สเฟียโรมิเตอร์วัดรัศมีความโค้งของวัตถุที่มีผิวโค้ง

อุปกรณ์

1. เวอร์เนียร์ 1 อัน
2. ไมโครมิเตอร์ 1 อัน
3. สเฟียรอมิเตอร์ 1 อัน
4. วัตถุทรงกระบอกกลวง 1 อัน
5. แผ่นแก้วระนาบ 1 อัน
6. แผ่นกระดาษบางจำนวน 3 แผ่น
7. วัตถุผิวโค้ง 1 อัน
8. แผ่นกระดาษแข็ง 1 แผ่น

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 วัดขนาดวัตถุด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ในการวัดต่อไปนี้ให้บันทึกในหน่วยมิลลิเมตร

1. หาความยางของ 1 ช่องสเกลหลัก (s)
2. นับจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ (n) แล้วคำนวณค่าละเอียดของเวอร์เนียร์จากสมการ (1.1)
2. วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของทรงกระบอกกลวงในหน่วยมิลลิเมตร จำนวน 3 ครั้ง บันทึกผล หาค่าเฉลี่ยของแต่ละปริมาณบันทึกผล
3. หาค่าความหนาเฉลี่ยของวัตถุทรงกระบอก
4.วัดความหนาของแผ่นแก้ว 3 ครั้งบันทึกไว้แล้วหาค่าเฉลี่ยบันทึกผล

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 การใช้เวอร์เนียร์วัดวัตถุทรงกระบอก

ความยาวของ 1 ช่องสเกลหลัก s = ...มิลลิเมตร

จำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ n = ... ช่อง

ค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์ s/n .....มิลลิเมตร

ทรงกระบอกกลวง	ค่าที่อ่านได้ (mm)			ค่าเฉลี่ย (mm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน				
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก				
ความหนาของทรงกระบอกกลวง				

แสดงวิธีคำนวณความหนาเฉลี่ยของทรงกระบอกกลวงและความหนาเฉลี่ยของแผ่นแก้ว

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 การใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดของวัตถุ

วัตถุ	ค่าที่อ่านได้ (มิลลิเมตร)			ค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ความหนาของแผ่นแก้ว				
ความหนาของกระดาษ A4				
ความหนาของ.....				

ตอนที่ 2 วัดขนาดวัตถุด้วยไมโครมิเตอร์

1. หาค่าความยาวของ 1 ช่องสเกลหลัก (s) และนับจำนวนช่องบนสเกลวงกลม (n)
2. เลื่อนแกนวัดจนปากวัด C และ D สัมผัสกัน บันทึกค่าความคลาดเคลื่อนที่ขีดศูนย์
3. หมุนสเกลวงกลมไป 1 รอบ อ่านระยะที่เลื่อนไปบนสเกลหลักค่านี้คือระยะ 1 พิตช์ของสกรู (p)
   คำนวณค่าความละเอียดของไมโครมิเตอร์ จากอัตราส่วน p/n

4.วัดความหนาของกระดาษ 3 แผ่นซ้อนกัน วัดซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกผลแล้วหาค่าเฉลี่ย

5. นำหาค่าเฉลี่ยที่แก้ค่าคลาดเคลื่อนที่ขีดศูนย์ไปหาค่าเฉลี่ยของกระดาษบาง 1 แผ่น

6.วัดความหนาของแผ่นแก้ว 3 ครั้ง บันทึกผล หาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาแก้ค่าคลาดเคลื่อนที่ขีดศูนย์

5. คำนวณค่าร้อยละของความแตกต่างของความหนาเฉลี่ยของแผ่นแก้วที่วัดด้วยเวอร์เนียร์ (ตอนที่ 1) กับค่าที่วัดได้จากไมโครมิเตอร์ (ตอนที่ 2)

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2 การใช้ไมโครมิเตอร์

ระยะ 1 ช่องบนสเกลหลัก s = ...มิลลิเมตร

จำนวนช่องบนสเกลวงกลม n = ... ช่อง

ระยะ 1 พิตช์ของสกรู p = ... มิลลิเมตร .

ค่าความละเอียดของไมโครมิเตอร์ p/n = ... มิลลิเมตร

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ขีดศูนย์ ..... มิลลิเมตร

ขนาดของวัตถุ	ค่าที่วัดได้ (mm)						ค่าเฉลี่ย (mm) (แก้ขีดศูนย์)
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		
	วัดได้	แก้ขีดศูนย์	วัดได้	แก้ขีดศูนย์	วัดได้	แก้ขีดศูนย์	
ความหนาของแก้ว							
ความหนาของกระดาษ 3 แผ่นซ้อนกัน							
ความหนาของกระดาษ 1 แผ่น							

วิธีคำนวณร้อยละของความแตกต่างระหว่างความหนาของแผ่นแก้วที่วัดโดยไมโครมิเตอร์กับเวอร์เนียร์

ตอนที่ 3 การวัดรัศมีความโค้งของกระจกนูนด้วยสเฟียโรมิเตอร์

1. หาค่าความยาวของ 1 ช่องบนสเกลหลัก (s) และนับจำนวนช่องบนสเกลวงกลม (n)

2. หมุนสเกลวงกลมไป 1 รอบ อ่านระยะที่เลื่อนไปบนสเกลหลัก (p)

3. คำนวณค่าความละเอียดของสเฟียรอมิเตอร์ จาก p/n

ข้อสังเกต การวัดส่วนนูนของผิวโค้ง h ไม่จำเป็นต้องปรับให้สเกลเริ่มต้นตรงกับขีดศูนย์บนสเกลหลัก เนื่องจากผลการวัดดูจากผลต่างของค่าที่อ่านได้จากสเกลทั้งสองครั้ง โดย

ถ้าค่าที่อ่านอยู่เหนือขีดศูนย์ของสเกลหลักให้ใส่เครื่องหมายบวก (+)

ถ้าต่ำกว่าขีดศูนย์ให้ใส่เครื่องหมายลบ (-) และการคำนวณผลต่างให้ระบุเครื่องหมายไว้ด้วย

4.วางสเฟียโรมิเตอร์บนผิวโค้งหมุนสกรู D ขึ้นก่อนจึงหมุนให้จรดผิวโค้งใหม่ แล้วอ่านค่าบนสเกลหลัก

5.วางสเฟียโรมิเตอร์ลงบนกระดาษแข็งหรือพื้นราบ หมุนปลายแหลมของสกรู D ให้จรดผิวกระดาษแข็ง/พื้นราบ แล้วอ่านค่าบนสเกลหลัก บันทึกผล ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 และ 4 จำนวน 3 ครั้ง

6. หาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากข้อ 3 และข้อ 4 เป็นระยะ h (ส่วนนูนของผิวโค้ง)

7. กดขาทั้งสามของสเฟียโรมิเตอร์บนกระดาษ เขียนจุดให้ชัดด้วยดินสอหรือปากกา แล้ววัดระยะระหว่างจุดทั้งสามเป็นค่า L_1 L_2 และ L_3 แล้วหาค่าเฉลี่ย L

8. นำค่าเฉลี่ยของ h และ L มาคำนวณหารัศมีความโค้งจากสมการ (1.4) บันทึกผล

ตารางบันทึกตอนที่ 3 การใช้สเฟียโรมิเตอร์วัดรัศมีความโค้ง

ครั้งที่	ค่าสที่อ่านได้ (mm)		h	L	R
	บนผิวโค้ง	บนกระดาษแข็ง	(mm)	(mm)	(mm)
1				L_1	
2				L_2	
3				L_3	
เฉลี่ย				L เฉลี่ย	

วิธีคำนวณหา R ของวัตถุที่วัดด้วยสเฟียรอมิเตอร์

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

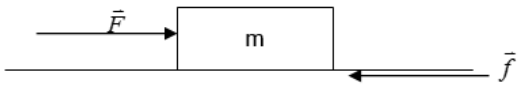
ปฏิบัติการทดลองที่ 2
การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

วัตถุประสงค์

เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานที่ผิวสัมผัสของวัตถุบนพื้นราบและพื้นเอียง

ทฤษฎี

เมื่อออกแรงพยายามทำให้วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่บนผิวสัมผัสกับอีกวัตถุหนึ่งจะพบว่ามีแรงต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุบนผิวสัมผัสของวัตถุทั้งสอง เรียกแรงนี้ว่าแรงเสียดทาน (Forces of Friction) ซึ่งแรงเสียดทานจะต้านหรือพยายามต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ โดยแรงเสียดทานจะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามแรงพยายาม แต่จะมีขีดจำกัดมากที่สุดค่าหนึ่งเท่านั้นตามลักษณะของแรงกดน้ำหนักหรือผิวสัมผัส



ภาพที่ 2.1 แรงเสียดทานบนผิวสัมผัสของวัตถุ

เมื่อออกแรง $\vec{F}$ กระทำกับวัตถุมวล m ซึ่งวางอยู่บนพื้น จะเกิดแรงเสียดทาน $\vec{f}$ จากผิวสัมผัสของพื้นกับวัตถุซึ่งต้านการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่กระทำเสมอ แรงเสียดทานมี 2 แบบคือ

1. แรงเสียดทานสถิต $\vec{f}_s$ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อออกแรงกระทำกับวัตถุแต่ขนาดของแรงกระทำยังไม่มากพอที่จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ ขนาดของแรงเสียดทาน $\vec{f}$ จะเท่ากับขนาดของแรง $\vec{F}$ สังเกตว่าแรงเสียดทานสถิตจะมีค่าได้หลายค่าแปรตามแรงกระทำตราบที่วัตถุยังคงอยู่นิ่งและจะมีค่าสูงสุดได้ค่าหนึ่งก่อนที่วัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่ โดยแรงเสียดทานสถิต

$$f_s = \mu_s N \qquad (2.1)$$

เมื่อ μ_s คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต และ N คือ แรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก

2. แรงเสียดทานจลน์ $\vec{f}_k$ เป็นแรงเสียดทานที่มีค่ามากสุดพอดีที่จะทำให้วัตถุที่ถูกแรงกระทำเคลื่อนที่ในสภาวะสมดุล (ความเร็วคงตัว) แรงเสียดทาน $\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}$ เมื่อพิจารณาเฉพาะขนาด จะได้

$$f_k = \mu_k N \qquad (2.2)$$

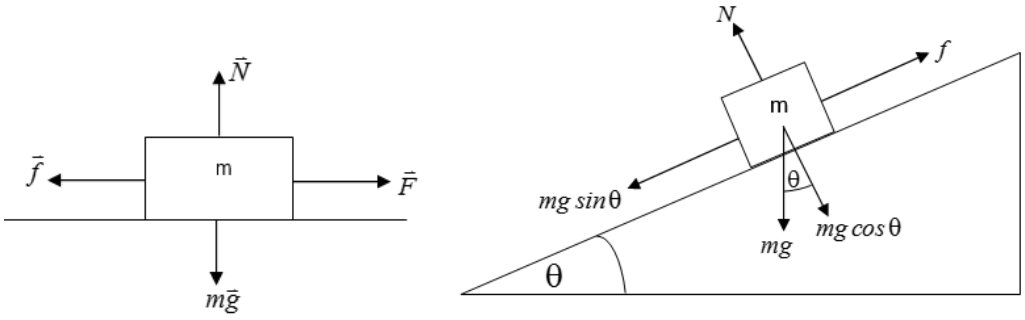
เมื่อ μ_k คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ เป็นค่าคงที่ของผิวสัมผัสแต่ละคู่ของวัตถุขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัสของคู่วัตถุนั้น

2.1 ความเสียดทานบนพื้นราบ

เมื่อออกแรงขนาด F กระทำกับวัตถุมวล m ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบที่มีความเสียดทาน (f) ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว และจากกฎข้อที่สามของนิวตันจะได้ $\vec{f} = -\vec{F}$ ดังนั้นจะได้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} \qquad (2.3)$$

2.2 ความเสียดทานบนพื้นเอียง



ภาพที่ 2.2 (ก) ความเสียดทานบนพื้นราบ และ (ข) ความเสียดทานบนพื้นเอียง

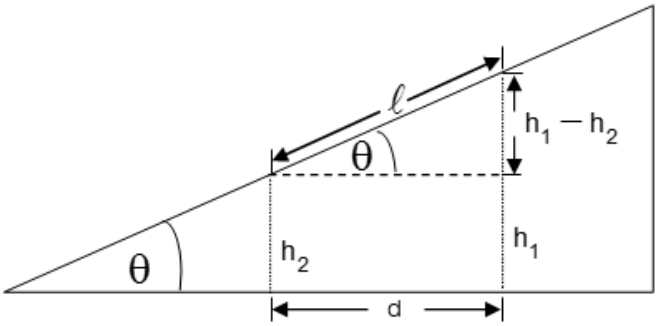
กำหนดวัตถุมวล m วางอยู่บนพื้นเอียงที่มีความเสียดทานโดยพื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ จะได้ว่า $m\bar{g}\sin\theta$ คือน้ำหนักของวัตถุที่พยายามทำให้วัตถุไถลลงจากพื้นเอียง และ $m\bar{g}\cos\theta$ คือ น้ำหนักของวัตถุในแนวตั้งฉากกับผิวพื้นเอียง เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงตัว $f = mg\sin\theta$ และ $N = mg\cos\theta$ แล้วเราจะหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจากสมการ

$$\mu = \frac{mg\sin\theta}{mg\cos\theta} = \tan\theta \qquad (2.4)$$

กรณีที่ออกแรง $\vec{F}$ ในแนวขนานกับพื้นเอียงเพื่อทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน จะได้ $F = f + mg\sin\theta$ หรือ $f = F - mg\sin\theta$ ดังนั้นจะได้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเป็น

$$\mu = \frac{F - mg\sin\theta}{mg\cos\theta} \qquad (2.5)$$

การวัดมุม θ ตามแนวพื้นเอียงในทางปฏิบัติอาจทำได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การบอกค่ามุมเอียงด้วยตรีโกณมิติฟังก์ชัน

จากภาพที่ 2.3 จะได้ $\sin\theta = \frac{h_1 - h_2}{\ell}$ และ $\cos\theta = \frac{d}{\ell}$ ดังนั้นจะได้

$$\tan\theta = \frac{h_1 - h_2}{d} \qquad (2.6)$$

ปฏิบัติการทดลองที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

วัตถุประสงค์

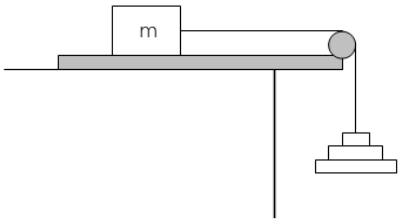
เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานที่ผิวสัมผัสของวัตถุบนพื้นราบและพื้นเอียง

อุปกรณ์

1. ชุดพื้นเอียงที่ปรับมุมได้ 2. ลูกน้ำหนักหรือดินน้ำมัน 3. แท่งไม้
4. ไม้บรรทัดหรือไม้เมตร 5. เชือกสำหรับผูกน้ำหนักคล้องผ่านรอก

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานบนพื้นราบ



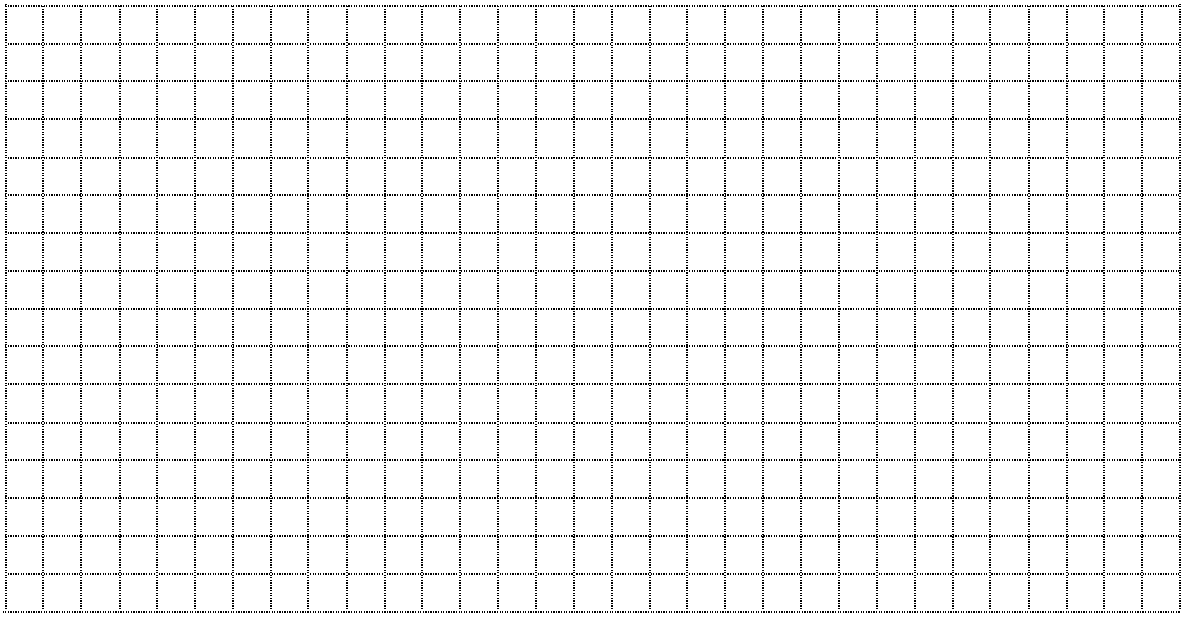
ภาพที่ 2.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานบนพื้นราบ

1. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 2.4 โดยแผ่นไม้ของชุดการทดลองจะต้องอยู่ในแนวระดับ
2. วางแท่งไม้สี่เหลี่ยมลงบนพื้นแผ่นไม้ ผูกแท่งไม้ด้วยเชือก คล้องผ่านรอกที่ตรึงอยู่อีกด้านหนึ่งของแผ่นไม้ ปลายเชือกอีกด้านหนึ่งผูกกับจานรองน้ำหนักปรับให้แนวของเชือกจากแท่งไม้ถึงรอกอยู่ในแนวระดับ
3. ใส่ดินน้ำมันลงบนจานทีละน้อยพร้อมกับกระตุ้นเพื่อให้แท่งไม้เริ่มเคลื่อนที่จนกระทั่งแผ่นไม้เคลื่อนที่ช้าๆ ด้วยความเร็วคงตัว แล้วบันทึกค่าน้ำหนักถ่วง (รวมน้ำหนักจานรองด้วย) และน้ำหนักของแท่งไม้
4. เพิ่มมวลของแท่งไม้ ครั้งละ 100 กรัม อีก 4 ครั้ง ในแต่ละครั้งทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 – 3
5. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานแต่ละครั้ง จากสมการ 2.2 โดย $\vec{F}$ คือน้ำหนักที่ใช้ดึงเชือก และ $m\vec{g}$ คือน้ำหนักของแท่งไม้ที่วางบนแผ่นไม้
6. เขียนกราฟระหว่างน้ำหนักถ่วง ($\vec{F}$) เป็นแกนตั้งกับน้ำหนักของแท่งไม้ ($m\vec{g}$) เป็นแกนนอน แล้วเปรียบเทียบผลกับข้อ 5

ตารางบันทึกผลการทดลอง

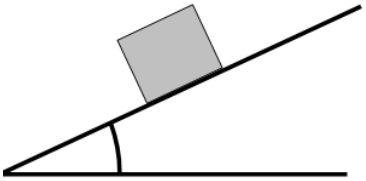
ครั้งที่	น้ำหนักถ่วง (นิวตัน)	น้ำหนักแท่งไม้ (นิวตัน)	$\mu_k = F/N$
1			
2			
3			
4			
5			
			μ เฉลี่ย

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง .....



ตอนที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานบนพื้นเอียง

2.1 เมื่อปล่อยวัตถุเคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียง



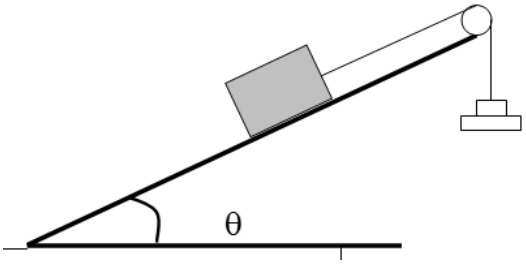
ภาพที่ 2.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียง

1. วางแท่งไม้บนแผ่นไม้ของชุดพื้นเอียง โดยเริ่มต้นแผ่นไม้ยังอยู่ในแนวระดับแล้วปรับมุมเอียงของแผ่นไม้พื้นเอียงให้มีค่ามากขึ้นทีละน้อย จนกระทั่งมุมเอียงค่าหนึ่งจะทำให้แท่งไม้ค่อย ๆ เคลื่อนลงตามพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว
2. หาค่ามุมเอียงโดยการวัดความสูง h_2 และ h_1 ที่ห่างกัน d ดังภาพที่ 2.3 แล้วคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจากสมการ (2.4) และ (2.6)
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่เพิ่มมวลบนแท่งไม้ครั้งละ 100 กรัม อีก 4 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	**น้ำหนักแท่งไม้ (N)**	h_1(m)	h_2(m)	d(m)	$\mu = \frac{h_1 - h_2}{d}$
1					
2					
3					
4					
5					
					μ เฉลี่ย =

2.2 เมื่อออกแรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียง



ภาพที่ 2.6 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง

1. จัดอุปกรณ์ ดังภาพที่ 2.6 โดยกำหนดมุมเอียงค่าหนึ่ง วางแท่งไม้บนพื้นเอียงด้านล่างใช้เชือกผูกแท่งไม้ด้านบนคล้องผ่านรอกโดยแนวของเชือกจะต้องขนานกับแนวของแท่งไม้เอียงปลายเชือกอีกด้านหนึ่งผูกกับจานรองน้ำหนัก
2. ค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักที่จานรองทีละน้อย จนกระทั่งแท่งไม้เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงช้า ๆ ด้วยความเร็วคงตัว บันทึกค่าน้ำหนักของแท่งไม้ น้ำหนักถ่วง (รวมจานรองด้วย) และค่ามุมเอียงตามวิธีในสมการ

   $sin\,\theta = \frac{h_1 - h_2}{\ell}$ และ $cos\,\theta = \frac{d}{\ell}$
3. เพิ่มน้ำหนักของแท่งไม้ครั้งละ 100 กรัม อีก 4 ครั้ง ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 1 –2 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจากสมการ (2.5)

ตารางบันทึกผลการทดลอง

h_1 =.....เมตร h_2 =.....เมตร d =..... เมตร ℓ =.....เมตร

$\sin\theta = \frac{h_1 - h_2}{\ell}$ =..... $\cos\theta = \frac{d}{\ell}$ =.....

ครั้งที่	น้ำหนักถ่วง F (N)	น้ำหนักแท่งไม้ (N)	$\mu = \frac{F - mg\sin\theta}{mg\cos\theta}$
1			
2			
3			
4			
5			
			μ เฉลี่ย =

คำถามท้ายการทดลอง

1. เพราะเหตุใดการหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานต้องพิจารณาเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว การทดลองนี้จัดเป็นแรงเสียดทานประเภทใด .....

.....

.....

.....

2. จงยกตัวอย่างการใช้แรงเสียดทานในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

3. มีความจำเป็นอย่างไรที่จะต้องให้เส้นเชือกอยู่ในแนวขนานกับระนาบของพื้นเอียง

.....

.....

.....

4. ข้อแนะนำในการทดลองแต่ละตอนเพื่อที่จะให้แท่งไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ควรช่วยออกกระตุ้นในตอนเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ เพราะถ้าไม่ช่วยออกแรงกระตุ้นแล้วเพิ่มน้ำหนักขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าแท่งไม้จะเริ่มเคลื่อนที่เอง แท่งไม้จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จงอธิบายเรื่องนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการทดลองที่ 3
การหาค่าคงตัวสปริง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าคงตัวของสปริง
2. เพื่อหาคาบในการเคลื่อนที่ของสปริง
3. เพื่อสามารถคำนวณหาพลังงานของการเคลื่อนที่ได้

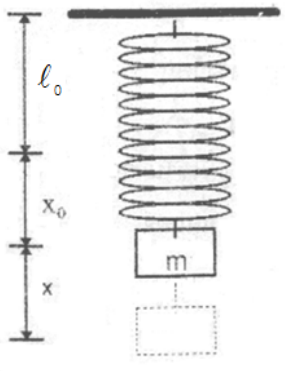
ทฤษฎี

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple Harmonic Motion) เป็นการเคลื่อนที่แบบซ้ำรอยเดิมกลับไปกลับมา โดยมีความถี่และแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่มีค่าคงตัว พิจารณาการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายในแนวดิ่งของลวดสปริง ลักษณะของแรงที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบนี้ เรียกว่า แรงสะสม หรือ แรงนำกลับ (restoring force) มีทิศทางกลับสู่สมดุลเสมอ นั่นคือ $\vec{F} \ \alpha \ -\vec{x}$ หรือ

$$\vec{F} = -k\vec{x} \qquad (3.1)$$

เมื่อ $\vec{x}$ คือ การกระจัดจากสมดุล มีหน่วยเป็น เมตร

k คือ ค่าคงตัวของสปริง (หรือค่านิจของสปริง) มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร



ภาพที่ 3.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของสปริง

กำหนด สปริงมีความยาวเป็น ℓ_0 ถูกทำให้ยืดออกโดยแขวนวัตถุมวล m ในแนวดิ่ง ทำให้สปริงยืดออกเป็นระยะ x_0 และเรียกตำแหน่งนี้ว่า ตำแหน่งสมดุล จะได้ $\sum F = 0$ นั่นคือ $mg - kx_0 = 0$ หรือ $mg = kx_0$ เมื่อออกแรงดึงมวล m ให้สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุลเป็นการกระจัด x แรงดึงกลับของสปริงจะเป็น $-k(x+x_0)$ จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\sum F = ma$ จะได้ $mg - k(x+x_0) = m\ddot{x}$

$$m\ddot{x} - kx = 0 \qquad (3.2)$$

สมการ (3.2) คือสมการทั่วไปของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของสปริง จากสมการนี้จะได้ว่า

$$x = A\sin(\omega t + \phi) \qquad (3.3)$$

เมื่อความเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่ คือ $\omega = \sqrt{k/m}$

และคาบของการเคลื่อนที่

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \tag{3.4}$$

คาบการเคลื่อนที่ของสมการ (3.4) พิจารณาในกรณีที่วัตถุเป็นลูกตุ้มน้ำหนักมวล (m_w) มวลของสปริงมีค่าน้อย แต่ในกรณีที่มวลของสปริงมีค่ามากจะต้องคิดมวลรวมทั้งหมดดังสมการ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\left(m_w + m_s\right)}{k}} = \sqrt{\frac{M}{k}} \tag{3.5}$$

เมื่อ m_w คือ มวลของลูกตุ้มน้ำหนัก

m_s คือ มวลของสปริง

M คือ มวลรวมของสปริงกับลูกตุ้มน้ำหนัก

สมการนี้เขียนแยกมวลของลูกตุ้มน้ำหนัก (m_w) กับมวลของสปริง (m_s) เพื่อความสะดวกของการเปลี่ยนมวลในขณะทดลอง

สำหรับพลังงานในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของสปริงนั้น ถ้าไม่มีแรงภายนอกกระทำกับระบบพลังงานของการเคลื่อนที่จะสอดคล้องตามหลักอนุรักษ์พลังงาน (conservation of energy) กล่าวคือ

$$E = E_k + E_p = \text{คงตัว}$$

เมื่อ E คือ พลังงานรวม

E_k คือ พลังงานจลน์

E_p คือ พลังงานศักย์

ณ ที่การกระจัด x ใดๆ พลังงานรวมของการเคลื่อนที่ คือ

$$E = \frac{1}{2}M\omega^2\left(A^2 - x^2\right) + \frac{1}{2}kx^2 \tag{3.6}$$

เมื่อ ω คือ อัตราเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่

A คือ การกระจัดสูงสุดของการเคลื่อนที่

จากสมการ (3.6) เทอมที่ 1 คือ พลังงานจลน์

$$E_k = \frac{1}{2}M\omega^2\left(A^2 - x^2\right) \tag{2.7}$$

และจากสมการ (2.6) เทอมที่ 2 คือ พลังงานศักย์

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \tag{2.8}$$

ปฏิบัติการทดลองที่ 3 การหาค่าคงตัวสปริง

วัตถุประสงค์

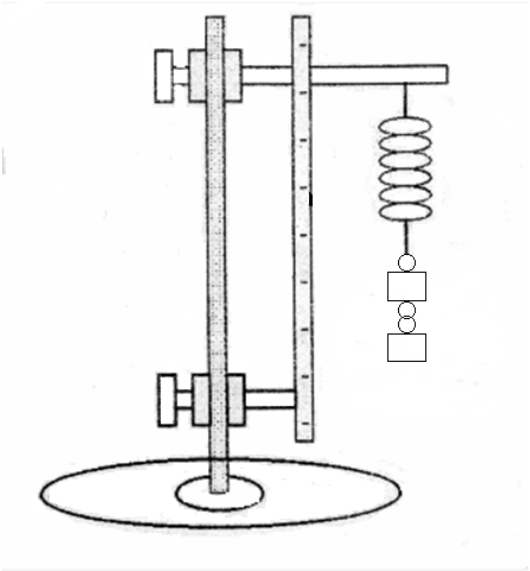
1. เพื่อหาค่าคงตัวของสปริง
2. เพื่อหาคาบในการเคลื่อนที่ของสปริง
3. เพื่อสามารถคำนวณหาพลังงานของการเคลื่อนที่ได้

อุปกรณ์การทดลอง

1. สปริง 2. เสาทดลอง 3. ลูกตุ้มน้ำหนัก 4. ไม้เมตร 5. นาฬิกา

วิธีการทดลอง

จัดอุปกรณ์ดังรูป 3.2



ภาพที่ 3.2 ชุดการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของสปริง

ตอนที่ 1 การหาค่าคงตัวของสปริง

1. นำสปริงไปชั่งและบันทึกน้ำหนักของสปริง
2. แขวนสปริงบนเสาวัดความยาวของสปริงโดยไม่ใส่ลูกตุ้มน้ำหนัก บันทึกเป็นตำแหน่งสมดุลของสปริง
3. แขวนลูกตุ้มน้ำหนัก 1 ลูกต่อจากสปริง โดยขนาดของน้ำหนักประมาณ 1/100 ของน้ำหนักสปริง จะทำให้สปริงยืดไม่เกินขีดความยืดหยุ่น บันทึกขนาดน้ำหนักและ

การกระจัดที่สปริงยืดจากตำแหน่งสมดุลในช่องว่าง และบันทึกผลการทดลองครั้งที่ 1 ในตาราง 5.1

4. ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยเพิ่มน้ำหนักเป็น 2, 3, 4 และ 5 เท่าของน้ำหนักในข้อ 2 บันทึกผลการทดลองในตาราง 3.1
5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักกับการกระจัดของสปริงโดยให้น้ำหนักเป็นแกนตั้ง และให้การกระจัดเป็นแนวนอน แล้วหาค่า k จากกราฟ

ตอนที่ 1 การหาค่าคงตัวของสปริง

น้ำหนักของสปริง ..... นิวตัน

ตำแหน่งสมดุลของสปริงเมื่อยังไม่ได้ใส่ลูกตุ้มน้ำหนัก(l_0)มีความยาว.....เมตร

ขนาดน้ำหนักลูกตุ้ม ..... นิวตัน

การกระจัดที่สปริงยืดจากตำแหน่งสมดุล (x_0) มีความยาว.....เมตร

ตาราง 3.1 แสดงความยาวที่ยืดออกเมื่อเพิ่มน้ำหนักลูกตุ้ม

ครั้งที่	1	2	3	4	5
น้ำหนักลูกตุ้ม (นิวตัน)					
ความยาวที่ยืดออก (m)					

ค่าคงตัวของสปริง (k) .....

ตอนที่ 2 การหาคาบของการเคลื่อนที่ (T)

1. แขวนลูกตุ้มน้ำหนัก 1 ลูกต่อจากสปริง บันทึกค่าน้ำหนักลูกตุ้มในตาราง 3.2 แล้ว ดึงลูกตุ้มน้ำหนักเล็กน้อย ทำให้ลูกตุ้มน้ำหนักเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ด้วยแอมพลิจูดประมาณ 1-3 เซนติเมตร (การหาแอมพลิจูดสูงสุดคือระยะทางครึ่งหนึ่งของการเคลื่อนที่จากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุด) บันทึกแอมพลิจูดสูงสุดที่วัดได้ในตาราง 3.2
2. จับเวลาการแกว่งครบ 50 รอบ บันทึกผลในตาราง 3.2
3. คำนวณหาคาบการเคลื่อนที่ (T) ในการทดลองข้อ 2 จาก $T = \frac{\text{เวลาที่จับได้ 50 รอบ}}{50}$ และคำนวณหาคาบการเคลื่อนที่จากสมการ (3.4) บันทึกผลในตาราง 3.2
4. ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 - 3 โดยเปลี่ยนน้ำหนักเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1

ตาราง 3.2 แสดงคาบการเคลื่อนที่กับน้ำหนักของลูกตุ้ม

ครั้งที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
น้ำหนักลูกตุ้ม (นิวตัน)					
แอมพลิจูดสูงสุด (เมตร)					
เวลาที่จับได้ 50 รอบ (วินาที)					
คาบจากการวัด (วินาที)					
คาบจากการคำนวณ (วินาที)					

ตอนที่ 3 การหาพลังงานของการเคลื่อนที่ (E)

1. จากการทดลองตอนที่ 2 ให้เลือกชุดข้อมูลแขวนลูกตุ้มน้ำหนัก 3 ลูก โดยนำค่าแอมพลิจูดมาใช้ในการคำนวณหาพลังงานของการเคลื่อนที่ในแต่ละตำแหน่ง โดยกำหนดให้

   การกระจัดตำแหน่งที่ 1 (แอมพลิจูดสูงสุด)

   การกระจัดตำแหน่งที่ 2 (แอมพลิจูดสูงสุด/2)

   การกระจัดตำแหน่งที่ 3 (ที่ต่ำแหน่งสมดุล)

   การกระจัดตำแหน่งที่ 4 (แอมพลิจูดต่ำสุด/2)

   การกระจัดตำแหน่งที่ 5 (แอมพลิจูดต่ำสุด)

   บันทึกค่าการกระจัดลงในตาราง 3.3
2. นำค่าการกระจัดมาใช้ในการคำนวณหาพลังงานจลน์ (E_K) พลังงานศักย์ (E_P) และพลังงานรวม (E) โดยใช้สมการ (3.7) (3.8) และ (3.6) ตามลำดับ บันทึกค่าในตาราง 3.3
3. นำข้อมูลที่คำนวณได้ในตาราง 3.3 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์ (E_P) พลังงานจลน์ (E_K) และพลังงานรวม(E) กับการกระจัด ตามลำดับ โดยให้การกระจัดเป็นแนวนอนและพลังงานเป็นแกนตั้ง

ตาราง 5.3 การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เทียบกับการกระจัด

การกระจัด	**พลังงาน (จูล)**		
	พลังงานรวม (E)	**พลังงานจลน์ (E_k)**	**พลังงานศักย์(E_P)**
ต่ำสุด =.....เมตร			
ต่ำสุด/2 =.....เมตร			
ที่ตำแหน่งสมดุลX_0 =..... เมตร			
สูงสุด/2 =.....เมตร			
สูงสุด =.....เมตร			

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

การแกว่งของสปริง จากการทดลองนี้เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่ สมบรูณ์หรือไม่ เพราะเหตุใด ให้อภิปรายลักษณะของความเร็ว ความเร่ง และพลังงานในการแกว่งของสปริงที่ตำแหน่งสมดุล

ปฏิบัติการทดลองที่ 4

การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

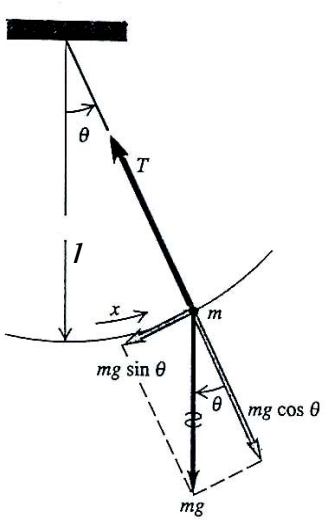
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกจากการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
2. เพื่อหาค่า g จากการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ทฤษฎี

ถ้านำวัตถุมวล m ผูกเชือกที่ยาว l แล้วห้อยแขวนไว้ เมื่อทำให้แกว่งดังภาพที่ 4.1 จะเรียกวัตถุนี้ว่า ลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย และถ้าแกว่งเป็นมุมเล็ก การแกว่งนี้จะเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยแรงคืนตัวที่ทำให้เกิดการแกว่ง หรือเคลื่อนที่กลับไป กลับมา เกิดจากองค์ประกอบของแรงโน้มถ่วงคือ - $mg\sin\theta$

จาก $\vec{F} = -k\vec{x}$ จะได้ $-mg\sin\theta = -kx$



ภาพที่ 4.1 แรงที่กระทำต่อลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ถ้า θ เป็นมุมเล็กๆ มุม θ ในหน่วยเรเดียนจะมีค่าประมาณเท่ากับค่า $\sin\theta$ เช่น มุม θ= 0.872 เรเดียน หรือประมาณ 5 องศา ค่า $\sin\theta$ มีค่า 0.871 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามุม θ ในหน่วยเรเดียน ดังนั้นถ้า θ เป็นมุมเล็กๆ จะได้ $mg\sin\theta = mg\,\theta$ นั่นคือ $mg\,\theta = kx$ ซึ่งจะได้ $mg\,\frac{x}{l} = kx$

$$k = \frac{mg}{l} \tag{5.1}$$

จาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ดังนั้น $T = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{mg}}$ หรือ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{5.2}$$

สมการที่ (5.2) อาจใช้หาค่า g ได้เป็น

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \tag{5.3}$$

ปฏิบัติการทดลองที่ 4 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกจากการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
2. เพื่อหาค่า g จากการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

อุปกรณ์

1. ลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
2. นาฬิกาจับเวลา
3. สายวัดระยะ
4. เครื่องชั่ง

วิธีทดลอง

1. แขวนลูกตุ้มนาฬิกา กับขาตั้ง แล้วแกว่ง โดยให้มุม θ โตประมาณ 5 องศา

2. จับเวลาการแกว่งครบ 20 รอบ ของลูกตุ้มนาฬิกา คำนวณหาคาบการแกว่ง T แล้วบันทึกค่า T ลงในตารางข้อมูล

3. ปฏิบัติตามข้อ 2. ซ้ำอีก 4 ครั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ย T ทั้ง 5 ครั้ง เป็น $T_{เฉลี่ย}$ บันทึกค่า $T_{เฉลี่ย}$ ลงในตารางข้อมูล

4. วัดความยาวแขนลูกตุ้มเป็นค่า l แล้วบันทึกลงในตารางข้อมูล

5. เปลี่ยนค่า l แล้วปฏิบัติตามข้อ 1-4 ซ้ำอีก 1 ครั้ง

6. ชั่งหาค่ามวล m ของลูกตุ้มนาฬิกา แล้วบันทึกลงในตารางข้อมูล

7. เปลี่ยนลูกตุ้มนาฬิกาใหม่ แล้วปฏิบัติตามข้อ 1-6 ซ้ำอีก 1 ครั้ง

8. คำนวณหาค่า f, ω, k, g ของทุกค่าความยาว l ตามลำดับ แล้วเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้ของแต่ละค่า m และ l ของลูกตุ้มนาฬิกาทั้งสองลูก

ตารางบันทึกข้อมูล การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

m (กิโลกรัม)	l (เมตร)	T (วินาที)					$T_{เฉลี่ย}$ (วินาที)
		1	2	3	4	5	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

คำนวณ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g)
และร้อยละของความคลาดเคลื่อนของ g เมื่อเทียบกับ 9.8 m/s^2

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าเชือกยืดหรือหดได้ คาบการแกว่งจะเปลี่ยนไปหรือไม่ เพราะเหตุใด

2. ถ้าความยาวของเชือกที่แขวนลูกกลมโลหะและลูกกลมพลาสติกยาวเท่ากัน แล้วคาบการแกว่งของลูกตุ่มทั้งสองจะเป็นอย่างไร