

## การทดลองที่ 4

### เรื่อง สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. หาแรงต่างๆ ที่กระทำบนผิวสัมผัสคู่หนึ่งได้
2. หาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งได้

#### เครื่องใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองหาความเสียดทานของไม้
2. น้ำหนักแบบสอดแวน 1 ชุด
3. ไม้บรรทัด
4. งานสำหรับวางน้ำหนัก

#### ทฤษฎี

เมื่อเทหวัตถุอันหนึ่งตั้งอยู่บนเทหวัตถุอีกอันหนึ่ง จะมีแรงด้านการเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสนั้นๆ โดยมีทิศขนานกับผิวสัมผัส แรงด้านดิ่งกล่าวเรียกว่าแรงเสียดทาน เช่น ลากสมุดบนโต๊ะจากขวาไปซ้าย จะเกิดแรงเสียดทานแก่สมุดมีทิศไปทางขวา และในขณะเดียวกันก็เกิดแรงเสียดทานแก่โต๊ะด้วยขนาดเท่ากัน แต่มีทิศไปทางซ้าย แรงเสียดทานนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อยังไม่มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น เช่น เราออกแรงในแนวระดับลากของหนักๆ ไปบนพื้นราบ ถ้าเราออกแรงไม่พอ ของก็ไม่เคลื่อนที่ ขณะนี้จะมีแรงด้านการเคลื่อนที่เกิดขึ้นด้วยขนาดเท่ากับแรงที่เราลาก จนกระทั่งเราออกแรงพอดีที่ทำให้เทหวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นตอนนี้จะมีค่ามากที่สุดของเทหวัตถุคู่หนึ่ง เมื่อเทหวัตถุเริ่มเคลื่อนที่แล้วเราไม่ต้องใช้แรงดังมากเท่าที่กล่าว เทหวัตถุนั้นก็ยังคงเคลื่อนที่ต่อไปได้ จึงเห็นได้ว่าเมื่อเทหวัตถุเคลื่อนที่แล้ว แรงเสียดทานมีค่าลดน้อยลง

โดยทั่วไปแรงเสียดทานมีอยู่ 2 ชนิด คือ แรงเสียดทานสถิต (ยังไม่เคลื่อนที่) และแรงเสียดทานจลน์ (เคลื่อนที่แล้ว) จากการทดลองพบว่า แรงเสียดทานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงปฏิกิริยาดังกล่าว เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$f_s \leq \mu_s R \quad (4.1)$$

เมื่อ  $f_s$  = แรงเสียดทานสถิต  
 $\mu_s$  = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต  
 $R$  = แรงปฏิกิริยาดังกล่าว

เครื่องหมาย < ใช้เมื่อยังไม่มีการเคลื่อนที่ เครื่องหมาย = ใช้เมื่อเริ่มเคลื่อนที่และในกรณีที่เคลื่อนที่แล้ว เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

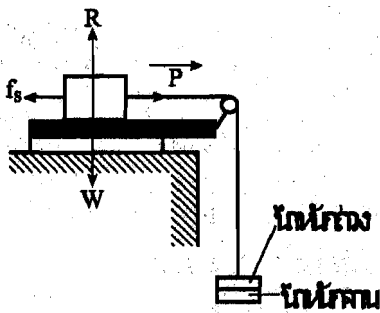
$$f_k = \mu_k R \quad (4.2)$$

เมื่อ  $f_k$  = แรงเสียดทานจลน์  
 $\mu_k$  = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์  
 $R$  = แรงปฏิกิริยาดังกล่าว

### วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 หาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อพื้นอยู่ในแนวระดับ

เมื่อวัตถุพอดีเคลื่อนที่ แสดงว่า



$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ f_s &= P \end{aligned} \quad (4.3)$$

เมื่อ  $P$  = แรงเนื่องจากน้ำหนักของจานและน้ำหนักถ่วง

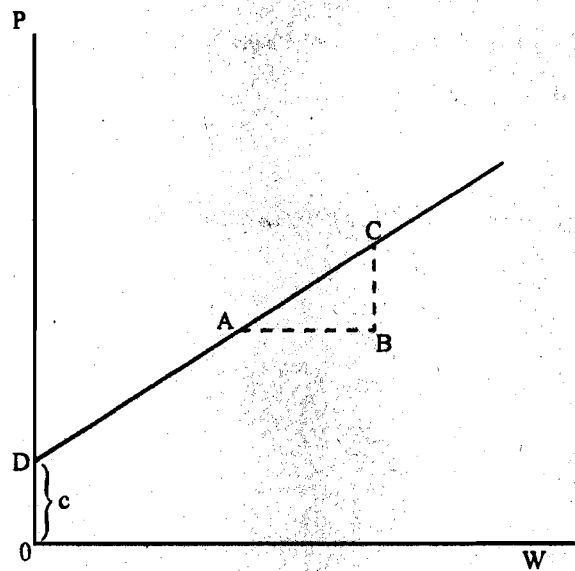
$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R &= W \end{aligned} \quad (4.4)$$

$$\mu_s = \frac{f_s}{R} = \frac{P}{W} \quad (4.5)$$

รูปที่ 4.1 เมื่อพื้นอยู่ในแนวระดับ

เมื่อเขียนกราฟระหว่างแรงเสียดทานสถิต  $f_s$  หรือ  $P$  (บนแกน  $y$ ) กับแรงปฏิกิริยาดังกล่าว  $R$  หรือ  $W$  (บนแกน  $x$ ) จะได้กราฟเป็นเส้นตรง แสดงว่าแรง  $P$  แปรค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ  $W$

และหาสัมประสิทธิ์ของความเสียหายจนได้จากสมการ (4.5) ดังนั้นจากสมการของกราฟ  
เส้นตรง จึงได้ว่า



รูปที่ 4.2 กราฟระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงปฏิบัติดังฉลาก

$$P = W + c \quad (4.6)$$

ถ้า  $W = 0$  แสดงว่าวัตถุไม่มีน้ำหนักเลย จะได้แรง  $P = c$  คือเป็นแรงเสียดทานระหว่างรอกเชือก  
นั้นเอง อ่านค่า  $c$  จากกราฟ คือ OD สัมประสิทธิ์ของความเสียหายหาได้จากกราฟ

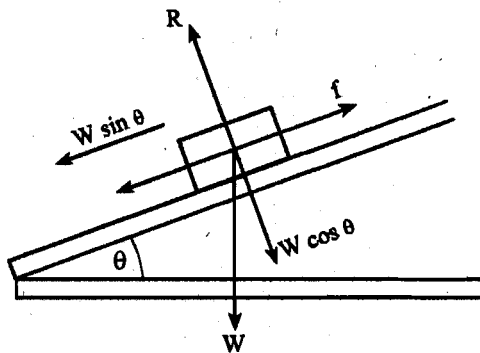
$$\mu = \frac{BC}{AB} \quad (4.7)$$

ขอให้สังเกตว่า สัมประสิทธิ์ของความเสียหายที่หาได้จากกราฟ จะเป็นสัมประสิทธิ์ของความ  
เสียหายที่แท้จริง ไม่มีความเสียหายของรอกที่ใช้เข้ามาเพิ่ม จึงควรดำเนินการทดลองตามลำดับ  
ดังนี้

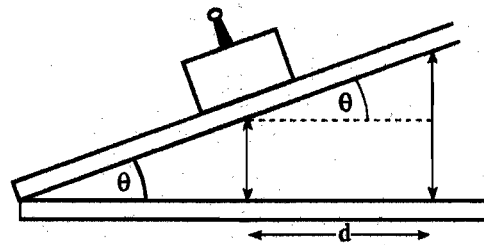
1. ชั่งน้ำหนักวัตถุ  $W$
2. จัดเครื่องมือดังรูป 4.1
3. ใต้น้ำหนักถ่วงที่งานทีละน้อย ใช้มือเคาะบนพื้นเบาๆ เป็นการเตือนให้วัตถุเริ่มเลื่อน  
จากที่ (ในกรณีที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่เท่านั้น)
4. บันทึกน้ำหนักวัตถุ  $W$  และน้ำหนักที่ใช้  $P$  (น้ำหนักงาน + น้ำหนักถ่วงบนงาน)

5. เพิ่มน้ำหนักบนวัตถุ โดยการวางน้ำหนักแบบสอดแขวนลงบนวัตถุครั้งละ 100 กรัม จนครบ 400 กรัม ทำซ้ำข้อ 3 และข้อ 4
6. คำนวณหาค่า  $\mu$  แต่ละครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของ  $\mu$  สำหรับตอนที่ 1
7. เขียนกราฟระหว่าง P กับ W โดยใช้จุดเริ่มต้นจากสเกลเป็นศูนย์กรัมทั้งสองแกน หาค่า  $\mu$  และ c จากกราฟ

**ตอนที่ 2** หาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อวัตถุพอดีเคลื่อนที่ลง จะเกิดแรงกระทำต่อวัตถุ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4

เมื่อวัตถุอยู่บนระนาบเอียงทำมุม  $\theta$  กับแนวระดับ น้ำหนักของวัตถุที่อยู่บนระนาบเอียง สามารถแยกได้องค์ประกอบ ดังรูป 4.3

$$\left. \begin{aligned} \text{องค์ประกอบที่มีทิศลงตามระนาบเอียง} &= W \sin \theta \\ \text{องค์ประกอบที่มีทิศตั้งฉากกับระนาบเอียง} &= W \cos \theta \end{aligned} \right\} (4.8)$$

ถ้า  $\theta$  เป็นมุมที่พอดี ทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ลง จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{แรงที่กระทำให้วัตถุเคลื่อนที่} \quad F_x &= W \sin \theta \\ \text{แรงต้านการเคลื่อนที่} \quad F_s &= \mu_s R = \mu_s W \cos \theta \\ \therefore F_x &= f_s \\ \mu_s &= \frac{W \sin \theta}{W \cos \theta} = \tan \theta \end{aligned} \quad (4.9)$$

ในกรณีของความเสียดทานจลน์ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงตัว จะได้ความสัมพัทธ์คือ

$$\begin{aligned} F_x - f_k &= 0 \\ \therefore F_x &= f_k \\ \mu_k &= \frac{W \sin \theta}{W \cos \theta} = \tan \theta \quad (4.10) \end{aligned}$$

จากสมการ (4.9) และ (4.10) จะเห็นว่า  $\mu_s$  และ  $\mu_k$  มีค่าเท่ากัน ไม่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของ  $W$  หรือมวลของวัตถุที่วางอยู่บนระนาบเอียง

การหาค่า  $\theta$  ทำได้โดยวัดค่า  $h_1$  และ  $h_2$  แล้วหาค่า  $h_2 - h_1$  เมื่อ  $h_1$  และ  $h_2$  ห่างกันเท่ากับ  $d$  ตามแนวระดับ จะหา  $\tan \theta$  ได้ตามรูปที่ 4.4

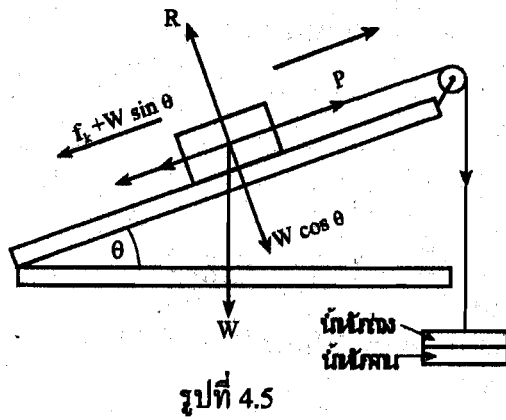
$$\tan \theta = \frac{h_2 - h_1}{d} \quad (4.11)$$

จึงดำเนินการทดลองตามลำดับดังต่อไปนี้

1. วางวัตถุบนพื้นซึ่งอยู่ตามแนวระนาบ
2. ค่อยๆ ยกพื้นเอียงให้สูงขึ้นทีละน้อยจนวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ลงช้าๆ อย่างสม่ำเสมอตามรูปที่ 4.4
3. บันทึกน้ำหนักวัตถุและค่ามุมของพื้นเอียงที่ทำกับแนวระดับ โดยวัดค่า  $h_1$ ,  $h_2$  และ  $d$  ตามรูปที่ 4.4
4. เพิ่มน้ำหนักแบบสอดแขวนบนวัตถุครั้งละ 100 กรัม จนครบ 400 กรัม แล้วทำซ้ำข้อ 2. และข้อ 3.
5. หาค่า  $\mu$  แต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยของ  $\mu$  สำหรับตอนที่ 2

ตอนที่ 3. หาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อวัตถุพอดีเคลื่อนที่ขึ้น

จัดชุดพื้นเอียงดังรูปที่ 4.5 กำหนดให้พื้นเอียงทำมุม  $\theta$  กับแนวระดับ แรงกระทำต่อพื้นเอียง คือ



$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ P &= f_s + W \sin \theta \\ f_s &= P - W \sin \theta \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R &= W \cos \theta \end{aligned} \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{f_s}{R} \\ &= \frac{P - W \sin \theta}{W \cos \theta} \\ \mu &= \frac{P}{W \cos \theta} - \tan \theta \end{aligned} \quad (4.14)$$

จึงดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

1. จัดพื้นเอียงทำมุม  $\theta$  กับแนวระดับ ให้มุมเอียงเล็กกว่า ในตอนที่ 2
2. จัดชุดพื้นเอียงตามรูปที่ 4.5
3. ใส่น้ำหนักลงบนงาน ค่อยๆ เตะพื้นเบาๆ จนวัตถุพอดีเคลื่อนที่ขึ้น
4. บันทึกน้ำหนักวัตถุ  $W$  และน้ำหนักที่ใช้  $P$
5. เพิ่มน้ำหนักแบบสอดแขวนลงบนวัตถุครั้งละ 100 กรัม จนครบ 400 กรัม แล้วทำ

เช่นเดียวกับข้อ 3 และข้อ 4

6. หาค่า  $P$  ของแต่ละครั้งและค่าเฉลี่ยของ  $\mu$  สำหรับตอนที่ 3

แสดงตัวอย่างการคำนวณแต่ละตอน ให้  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  แทนสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน ในตอนที่ 1, 2 และ 3 จากนั้นหาค่าเฉลี่ยซึ่งหมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างคู่ สัมผัสนั่นเอง

$$\mu = \frac{1}{3}(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)$$

หาเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่า  $\mu$  เป็นมาตรฐาน

## สรุปประเด็นสำคัญ

โดยการหาแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุและแรงปฏิกิริยาดังฉาก จะหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสนั้นได้จากการคำนวณโดยตรงและจากกราฟ

### กิจกรรมการเรียนรู้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ให้อยู่ในลักษณะตามที่กำหนดไว้ 3 แบบ
2. บันทึกผลการทดลองตามรายละเอียดในตารางให้ครบถ้วนและถูกต้อง

## แบบทดสอบการทดลองที่ 1

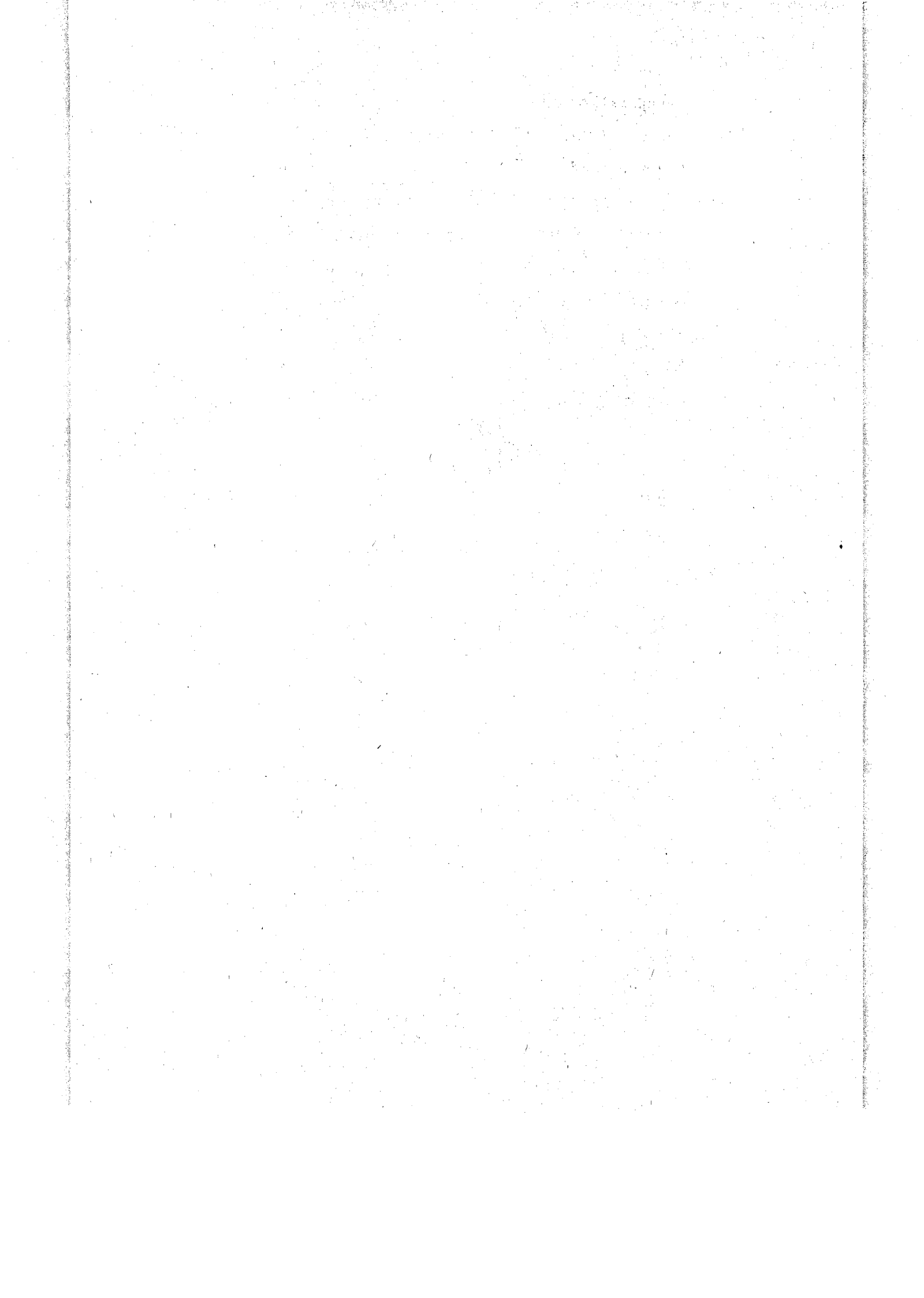
- การทดลองในตอนใดที่แสดงว่า แรงเสียดทานเป็นสัดส่วน โดยตรงกับแรงปฏิกิริยาดังฉาก
  - เมื่อพื้นอยู่ในแนวระดับ,  $P/W =$  ค่าคงที่
  - เมื่อวัตถุพอดิเคลื่อนที่ลงบนพื้นเอียง,  $\tan \theta =$  ค่าคงที่
  - เมื่อวัตถุพอดิเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียง,  $(P/W \cos \theta) - \tan \theta =$  ค่าคงที่
  - ถูกทุกข้อ
- กราฟระหว่างน้ำหนักถ่วงที่พอดิทำให้วัตถุเคลื่อนที่ (P) บนพื้นราบกับน้ำหนักวัตถุ (W) เป็นเส้นตรงตัดกับแกนตั้งโดยไม่ผ่านจุด (0,0) แสดงว่าอย่างไร
  - แรงเสียดทานแปรเป็นสัดส่วน โดยตรงกับแรงปฏิกิริยาดังฉาก
  - แรงเสียดทานระหว่างรอกกับเชือกไม่เป็นศูนย์
  - แรงเสียดทานจลน์มากกว่าแรงเสียดทานสถิต
  - ข้อ 1 และ ข้อ 2 ถูกต้อง
- ความชันของกราฟในข้อ 2 หมายถึงอะไร
  - ส.ป.ส. ของความเสียดทานสถิต
  - ส.ป.ส. ของความเสียดทานจลน์
  - ส.ป.ส. ของความเสียดทานที่แท้จริง
  - ข้อ 2 และข้อ 3 ถูกต้อง
- การเคาะพื้นเบาๆ ขณะที่ใส่น้ำหนักถ่วงที่งานทีละน้อย เพื่อวัตถุประสงคใด
  - เพื่อกระตุ้นให้วัตถุเขยื้อนตัวออกไป
  - เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น
  - เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง
  - เพื่อลดแรงปฏิกิริยาดังฉาก
- กรรมวิธีในข้อ 4 จะใช้ในกรณีใด
  - เมื่อพื้นอยู่ในแนวระดับ
  - เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลงจากพื้นเอียง
  - เมื่อวัตถุเคลื่อนที่บนพื้นเอียง
  - ข้อ 1 และข้อ 3 ถูกต้อง
- ในการทดลองนี้มีแรงเสียดทานเนื่องจากกรณีใดที่ต้องพิจารณาเพื่อหา ส.ป.ส. ของความเสียดทาน
  - ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุกับพื้น
  - ความต้านทานของอากาศ
  - ความเสียดทานระหว่างรอกกับเชือก
  - ข้อ 1 และข้อ 3 ถูกต้อง
- ความเสียดทานระหว่างรอกกับเชือกเกี่ยวข้องกับการทดลองตอนใด
  - เมื่อพื้นอยู่ในแนวระดับ
  - เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลงจากพื้นเอียง



3. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียง 4. ข้อ 1 และข้อ 3 ถูกต้อง
8. เมื่อปฏิบัติตามขั้นตอนทั้งหมดในการทดลองนี้ จะยังคงมีปริมาณใดที่สามารถหาได้บ้าง
1. ส.ป.ส. ของความเสียดทานสถิต 2. ส.ป.ส. ของความเสียดทานจลน์
3. ส.ป.ส. ของความเสียดทานที่แท้จริง 4. ไม่มีข้อที่ถูกต้อง
9. การหาค่ามุมของพื้นเอียงซึ่งกระทำกับพื้นราบในการทดลองนี้จะทำโดยวิธีใด
1. ใช้ไม้โปรแทรกเตอร์ 2. อ่านกับสเกลองศาที่ติดกับพื้นเอียง
3. วัดจากระยะสูงของพื้นเอียงและระยะอื่นๆ 4. ถูกทุกข้อ
10. ในการทดลองแต่ละตอนจะต้องใช้วิธีสัมพัทธ์เดียวกันทุกขั้นตอนหรือไม่
1. คู่เดียวกันหมด 2. คู่ใดก็ได้
3. 1 และ 2 ต่างกัน 4. 2 และ 3 เหมือนกัน

**แนวตอบ**

1. 4      2. 2      3. 3      4. 1      5. 4
6. 4      7. 1      8. 1      9. 2      10. 1



**บันทึกผลการทดลอง**  
**เรื่อง สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน**

ผู้รายงาน ชื่อ..... เลขรหัส.....

ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ชื่อ..... เลขรหัส.....

3. ชื่อ..... เลขรหัส.....

4. ชื่อ..... เลขรหัส.....

ทำการทดลองวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .... Section ..... กลุ่ม.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ \_\_\_\_\_

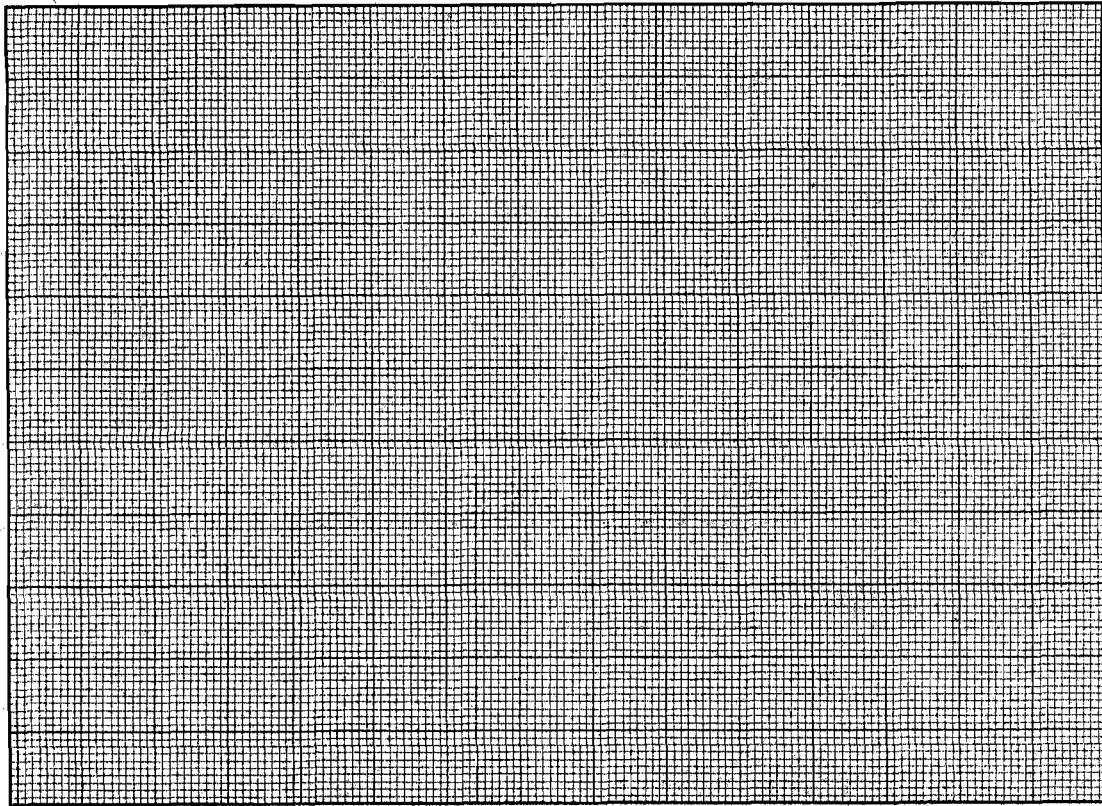
ตอนที่ 1 หาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อพื้นอยู่ในแนวระดับ

ครั้งที่	น้ำหนักวัตถุ W (กรัม)	น้ำหนักที่พอดีทำให้วัตถุเคลื่อนที่ P (กรัม)				μ
		1	2	3	เฉลี่ย	
1						
2						
3						
4						
5						
					ค่าเฉลี่ย	

ค่า μ จากกราฟ = .....

ค่า c จากกราฟ = .....

(ใส่หน่วยให้ถูกต้อง)



กราฟตอนที่ 1

ตอนที่ 2 หาสัมประสิทธิ์ของความเคียดทานเมื่อวัตถุพอดิเคลื่อนที่ลง

ครั้งที่	น้ำหนักวัตถุ (กรัม)	$h_2$ (ซ.ม.)	$h_1$ (ซ.ม.)	$h_2 - h_1$ (ซ.ม.)	$\mu$
1					
2					
3					
4					
5					
ค่าเฉลี่ย					

**ตัวอย่างคำนวณ**

.....

.....

.....

**ตอนที่ 3 หาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเมื่อวัตถุพอดีเคลื่อนที่ขึ้น**

ครั้งที่	น้ำหนักวัตถุ W (กรัม)	น้ำหนักที่พอดีทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้น P (กรัม)				$\mu = \frac{P}{W \cos \theta} - \tan \theta$
		1	2	3	เฉลี่ย	
1						
2						
3						
4						
5						
					ค่าเฉลี่ย	

.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ

**ตัวอย่างคำนวณ**

.....

.....

.....

.....

**สรุปและวิจารณ์**

.....

.....

.....

.....