

การทดลองที่ 4 การเคลื่อนที่ของระบบมวลที่คล้องผ่านรอกเดี่ยวตายตัว

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อทดสอบกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน สำหรับระบบรอกเดี่ยวตายตัวโดย

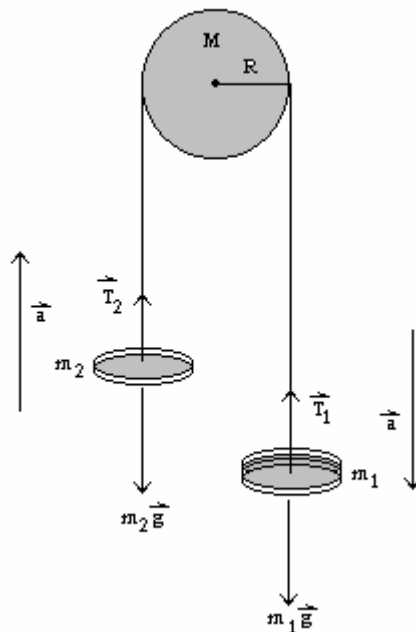
1. หาคความเร่งของมวลจากการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี เมื่อใช้กฎข้อที่สองของนิวตัน
2. หาคความเร่งโน้มถ่วง (g) และแรงเสียดทานที่เชือกทำให้รอกหมุน

ทฤษฎี

กฎการเคลื่อนที่ ที่ครอบคลุมระบบรอกเดี่ยวตายตัว ได้แก่กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ซึ่งเขียนไว้ว่า

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

โดยที่ \vec{F} คือ แรง
 m คือ มวลของวัตถุ
 \vec{a} คือ ความเร่งของมวล m



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของมวลผ่านรอกเดี่ยวตายตัว

เมื่อระบบประกอบด้วยมวลสองอัน m_1 และ m_2 แขนงที่ปลายทั้งสองของเชือกเส้นหนึ่ง ซึ่งพาดบนรอกมวล M รัศมี R โมเมนต์ความเฉื่อย I ดังรูปที่ 1 กำหนดให้มวล $m_1 > m_2$ พบว่า มวล m_1 จะเคลื่อนที่ลง มวล m_2 จะเคลื่อนที่ขึ้น ถ้าให้ T_1 และ T_2 เป็นแรงดึงของเชือกทางด้านมวล m_1 และ m_2 ตามลำดับ เขียนสมการเคลื่อนที่ของมวลทั้งสอง ได้ดังนี้

พิจารณามวล m_1 ซึ่งเคลื่อนที่ลง

$$m_1 g - T_1 = m_1 a \quad (1)$$

พิจารณามวล m_2 เคลื่อนที่ขึ้น

$$T_2 - m_2 g = m_2 a \quad (2)$$

พิจารณาที่ตัวรอก แรงดึงของเส้นเชือก (T) และแรงเสียดทาน (f) ระหว่างเชือกกับรอกทำให้เกิดทอร์กกระทำกับรอก ซึ่งทอร์กลัพธ์ $\Sigma\Gamma$ จะทำให้รอกหมุนด้วยความเร่งเชิงมุม α จากสมการ

$$\Sigma\Gamma = I\alpha$$

จากรูปจะได้

$$\begin{aligned} T_1 R - (T_2 R + fR) &= I\alpha \\ (T_1 - T_2 - f)R &= I \frac{a}{R} \\ (T_1 - T_2 - f) &= I \frac{a}{R^2} \end{aligned} \quad (3)$$

จาก (1), (2) และ (3) จะได้

$$m_1 g - m_2 g - f = \left(m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2} \right) a$$

เนื่องจากโมเมนต์ความเฉื่อยของรอก I หาได้จากสมการ

$$I = \frac{1}{2}MR^2 = M'R^2$$

โดยที่ $M' = \frac{M}{2}$ และ M เป็นมวลของรอก

$$\text{จะได้} \quad a = \frac{m_1 g - m_2 g - f}{m_1 + m_2 + M'} \quad (4)$$

$$\text{หรือ} \quad a = \frac{\Sigma F}{\Sigma M} \quad (5)$$

เมื่อ ΣF คือ แรงลัพธ์ที่ทำให้เกิดความเร่ง มีค่าเท่ากับ $m_1 g - m_2 g - f$

ΣM คือ มวลรวมของระบบ มีค่าเท่ากับ $m_1 + m_2 + M'$

ถ้าระบบเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ($a = 0$) จาก (4) จะได้

$$f = (m_1 - m_2)g \quad (6)$$

ในทางปฏิบัติ สามารถหาความเร่งของระบบ (\bar{a}) ได้โดย

ถ้าให้ y เท่ากับระยะที่มวล m_1 เคลื่อนที่ลง

t เท่ากับเวลาที่มวล m_1 เคลื่อนที่ลง

จากสมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ จะได้ว่า

$$y = u_y + \frac{1}{2} a_y t^2$$

ในการทดลองนี้ มวล m_1 เริ่มจากหยุดนิ่ง $u_y = 0$, $a_y = a$ จะได้ว่า

$$a = \frac{2y}{t^2} \quad (7)$$

ส่วนแรงเสียดทาน และ ค่า g สามารถหาได้โดยจัดสมการ (4) ใหม่และแทนค่า $\Delta m = m_1 - m_2$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} a &= \frac{(m_1 - m_2)g - f}{m_1 + m_2 + M'} \\ a &= \frac{\Delta mg - f}{m} \\ a &= \frac{g\Delta m}{m} - \frac{f}{m} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{เมื่อ } m = m_1 + m_2 + M'$$

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเอนกประสงค์ทางกลศาสตร์ที่ประกอบด้วยรอกเดี่ยวตายตัว 1 ชุด
2. ชุดตุ้มน้ำหนักพร้อมตะขอขนาด 100 กรัม 2 ชุด
3. เชือกเส้นเล็ก ยาว 2.5 เมตร 1 เส้น
4. ดินน้ำมัน 1 ก้อน

วิธีการทดลอง

1. จัดอุปกรณ์ โดย m_1 ประกอบด้วยจานรองตุ้มน้ำหนัก ขนาด 10 กรัม พร้อมตะขอ และตุ้มน้ำหนัก ขนาด 10 กรัม จำนวน 9 อัน และ m_2 ประกอบด้วย จานรองตุ้มน้ำหนัก ขนาด 10 กรัม พร้อมตะขอ และตุ้มน้ำหนักขนาด 10 กรัม อีก 9 อัน ซึ่งทำให้ทั้ง m_1 และ m_2 เท่ากัน
2. ดึง m_1 ให้ต่ำกว่า m_2 เล็กน้อย แล้วใส่ดินน้ำมันฝั่ง m_1 จนพอที่จะทำให้ระบบ เกิดการเคลื่อนที่ได้ อย่างอิสระ เมื่อปล่อย m_1 พร้อมกับดึงมวล m_2 ให้เคลื่อนที่ขึ้น (ข้อควรระวัง อย่าให้ m_2 เคลื่อนที่ไปจนชนตัวรอก) นำมวลของดินน้ำมันไปชั่ง บันทึกค่ามวลของดินน้ำมันที่นำมาชดเชยความฝืด และนำไปติดไว้ที่เดิม
3. ปรับบานพับที่ ติดกับขดลวดแม่เหล็ก ไว้สูงจากบานพับสวิทช์ ด้านล่างประมาณ 60 cm ให้ระยะนี้เป็น ระยะ y วัดระยะ y (บันทึกค่า)

4. นำมวลฝั่ง m_2 ออก 10 กรัม แล้วนำไปใส่ฝั่ง m_1 แล้วปล่อยมวล m_1 ให้เคลื่อนที่ลงได้ระยะทาง y พร้อมจับเวลา บันทึกค่าเป็น t_1 ทดลองปล่อยมวล m_1 ณ ตำแหน่งเดิมอีกครั้งหนึ่ง แล้วบันทึกเวลาเป็น t_2 นำค่าเวลาทั้งสองครั้งไปหาค่าเฉลี่ย
5. ย้ายมวลจาก m_2 ไปใส่บนมวล m_1 อีกครั้งละ 10 กรัม แล้วปล่อยให้ m_1 ตกจากที่สูง y เดิมแล้วบันทึก t_1, t_2 เช่นเดียวกับข้อ 4 ทดลองจนกระทั่งมวล m_1 เพิ่มขึ้นจากเดิมอีก 60 กรัม
6. คำนวณผลต่างของมวล Δm คำนวณค่าเฉลี่ย t_1 และ t_2 คำนวณค่า $a_{\text{ทดลอง}}$ โดยอาศัยสมการที่ (7)
7. หาค่า f (ที่มาจากมวลของดินน้ำมันในข้อ 2 คูณกับค่า g)
8. คำนวณหาค่า $a_{\text{ทฤษฎี}}$ ของแต่ละครั้งการทดลองอาศัยสมการที่ (4)
9. คำนวณเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างระหว่าง ค่า $a_{\text{ทดลอง}}$ และ $a_{\text{ทฤษฎี}}$
10. นำค่า $a_{\text{ทดลอง}}$ และ Δm ไปเขียนกราฟ โดยให้ค่า $a_{\text{ทดลอง}}$ เป็นแกนตั้ง และ Δm เป็นแกนนอน
11. คำนวณหาค่าความชัน (Slope) จากกราฟ แล้วนำไปเทียบกับสมการ (8) เทอมที่ 1 ด้านขวามือ ก็จะหาค่า g ได้ตามต้องการ เปรียบเทียบค่า g มาตรฐาน กับค่า g ที่ได้จากข้อ 10
12. จากเส้นกราฟในแนวแกนตั้ง อ่านค่าระยะตัดแกนตั้ง (แกน y) แล้วนำไปเทียบกับสมการที่ (8) เทอมที่ 2 ด้านขวามือ ก็จะสามารถหาค่าแรงเสียดทาน (f) จากการทดลองเปรียบเทียบค่า f ที่ได้จากข้อ (7) และข้อ (11)

ใบบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 4 การเคลื่อนที่ของระบบมวลที่คล้องผ่านรอกเดี่ยวตายตัว

ชื่อผู้ทดลอง 1. รหัส..... กลุ่ม.....
 ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. รหัส..... กลุ่ม.....
 3. รหัส..... กลุ่ม.....
 4. รหัส..... กลุ่ม.....
 ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

M (มวลของรอก) = กิโลกรัม
 $m = m_1 + m_2 + M'$ = กิโลกรัม
 มวลของดินน้ำมันที่นำมาชดเชยความผิด = กิโลกรัม
 ค่า f = นิวตัน
 ระยะ y = เมตร

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	$m_1 +$ ดินน้ำมัน (kg)	m_2 (kg)	Δm (kg)	เวลา (s)			$a_{ทดลอง}$ (m/s^2)	$a_{ทฤษฎี}$ (m/s^2)	% ความแตกต่าง
				t_1	t_2	เฉลี่ย			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

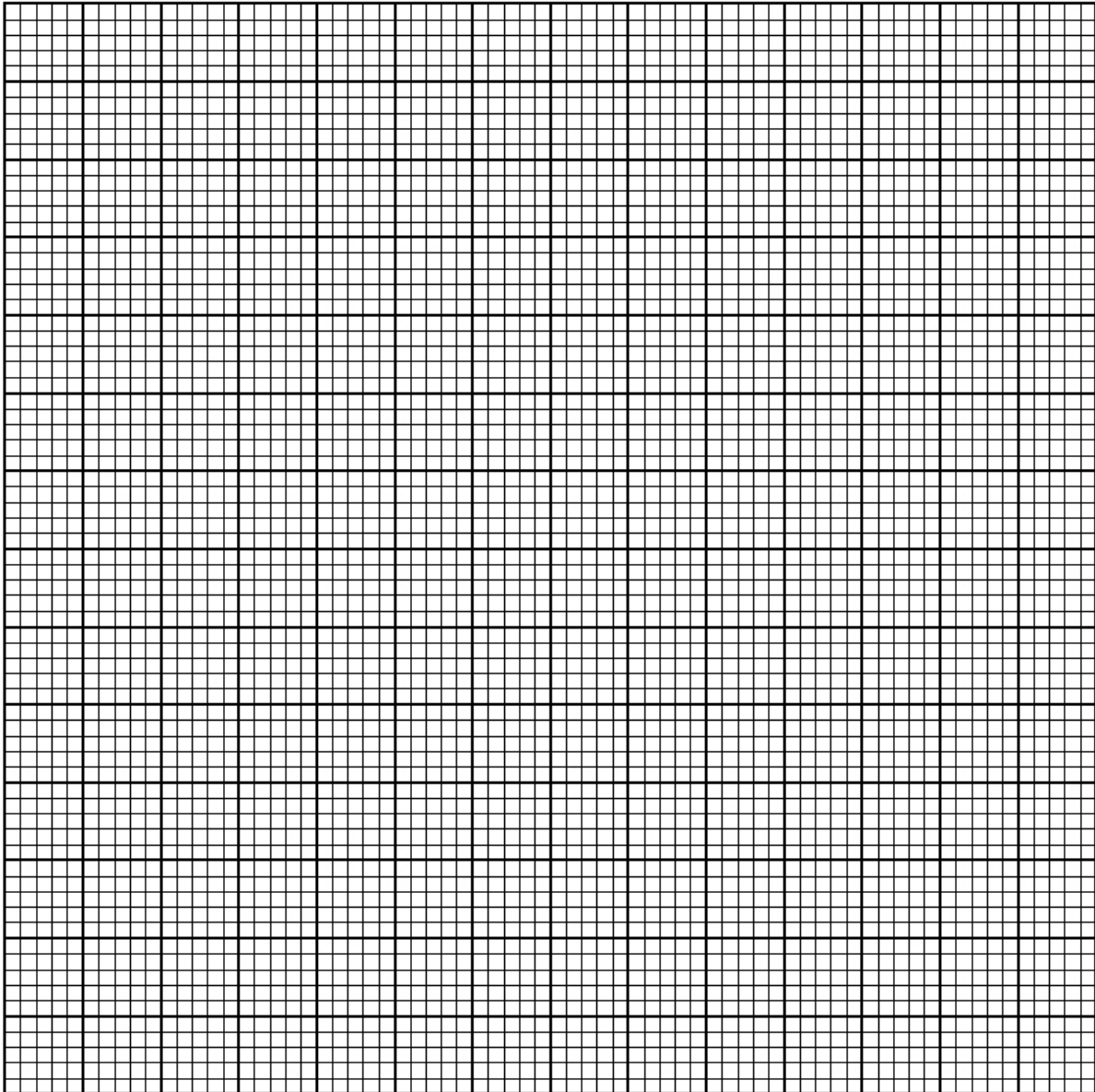
ลงชื่อ.....อาจารย์

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

วิเคราะห์ผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $a_{\text{ทดลอง}}$ กับ Δm



ความชันของกราฟ =

สมการเส้นตรง y =

ค่า g =

$f_{\text{ทดลอง}}$ = (y -intercept)(m) =

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าผลสรุปจากการทดลองนี้ไม่ตรงกับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี นักศึกษา จะอธิบายผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อไม่คิดมวลของรอกและเชือกเลย ถ้า $m_1 = 517$ กรัม และ $m_2 = 500$ กรัม จงหาความตึงของเชือก

.....

.....

.....

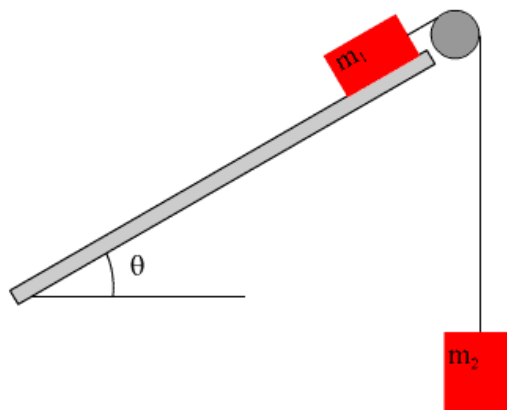
.....

.....

.....

ค้นคว้าเพิ่มเติมที่

<http://203.158.100.140/labphysics1>



การเคลื่อนที่ของมวลผ่านรอกเดี่ยวตายตัว ไม่ได้มีแต่เพียงการทดลองอยู่ในแนวตั้ง บนพื้นเอียงก็สามารถทดลองได้ เช่นเดียวกัน [คลิกเข้าสู่การทดลองครับ](#) มีวีดิโอการแยกแรงให้ชมด้วย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ)ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

