

คู่มือการทดลองที่ 5

แรงบนพื้นเอียง

Forces Caused by Weights on an Incline

ฟิสิกส์ ม.4-5 | แรงและสมดุล (Force & Equilibrium)



วัตถุประสงค์

ศึกษาแรงบนพื้นเอียงและเงื่อนไขสมดุล ด้วยเครื่องชั่งสปริง 2 อัน



ระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4-5



เวลาที่ใช้

100 นาที (2 คาบ)

กลุ่ม / ห้อง:

ชื่อ-นามสกุล:

17 วันที่:

1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ (Knowledge)

- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของแรงโน้มถ่วงบนพื้นเอียงกับมุมเอียง θ
- เขียนสมการสมดุลในแนวขนานและตั้งฉากพื้นเอียงได้ถูกต้อง: $F(P) = W \cdot \sin \theta$ และ $N + F(N) = W \cdot \cos \theta$
- อธิบายได้ว่าแรงปฏิกิริยา N ของพื้นเอียงเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อปรับ $F(N)$

1.2 ด้านทักษะ (Skills)

- วัดและบันทึกค่าสปริงสเกล $F(P)$ และ $F(N)$ เมื่อรถสมดุลได้อย่างแม่นยำ
- คำนวณ % error ระหว่างค่าสปริงที่อ่านได้กับค่าทฤษฎีจากสูตร
- วิเคราะห์ผลจากกราฟ $F(P)$ และ $F(N)$ เทียบกับมุม θ

1.3 ด้านเจตคติ (Attitude)

- แสดงความพึงพอใจในการปรับค่าสปริงจนได้สมดุลที่แท้จริง ไม่เร่งรีบดูเฉลย
- ซาบซึ้งในความงดงามของ vector decomposition บนพื้นเอียง — การทดลองสมัย Berg (1992)

2. ทฤษฎีสรุป

สูตรสำคัญ

สมดุลในแนวขนานพื้นเอียง: $F(P) = W \cdot \sin \theta$ สมดุลในแนวตั้งฉากพื้นเอียง: $N + F(N) = W \cdot \cos \theta$ $\therefore N = W \cdot \cos \theta - F(N)$ เมื่อ $F(N) = W \cdot \cos \theta \rightarrow N = 0$ (รถลอยออกจากพื้น)เมื่อ $F(N) = 0 \rightarrow N = W \cdot \cos \theta$ (ไม่มีสปริงตั้งฉาก)

สัญลักษณ์	ความหมาย
W (N)	น้ำหนักรถไดนามิกส์ (แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อรถ ทิศลงตามแนวตั้ง)
θ ($^{\circ}$)	มุมเอียงของพื้นเอียง วัดจากแนวระนาบ
$F(P)$ (N)	แรงสปริง SP1 ดึงรถขึ้นตามแนวพื้นเอียง — ค่าสมมูล = $W \cdot \sin\theta$
$F(N)$ (N)	แรงสปริง SP2 ดึงรถออกตั้งฉากพื้นเอียง — ค่าสมมูล = $W \cdot \cos\theta$
N (N)	แรงปฏิกิริยาของพื้นเอียงต่อรถ (ตั้งฉากออก) = $W \cdot \cos\theta - F(N)$
$W \cdot \sin\theta$ (N)	องค์ประกอบของ W ในแนวขนานพื้นเอียง (ลงตามลาด)
$W \cdot \cos\theta$ (N)	องค์ประกอบของ W ในแนวตั้งฉากพื้นเอียง (กดลงพื้น)
% error	$ \text{ค่าจากสปริง} - \text{ค่าทฤษฎี} / \text{ค่าทฤษฎี} \times 100\%$

3. อุปกรณ์และวัสดุ (ในการทดลองจริง)

- รถไดนามิกส์ (น้ำหนักทราบ) 1 คัน
- พื้นเอียงปรับมุมได้ 1 ชิ้น
- สปริงสเกล 0–20 N จำนวน 2 อัน
- เชือก ≈ 30 cm จำนวน 2 เส้น
- ไม้ม้วน / โพรแทรกเตอร์
- คอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ตสำหรับใช้ Virtual Simulation

4. วิธีใช้ Simulation (KP Science Lab 5)

UI Diagram — ตำแหน่งส่วนประกอบ A-K



สัญลักษณ์	ชื่อส่วนประกอบ	คำอธิบายและสิ่งที่ปรับได้
A	พื้นที่แสดงอุปกรณ์ (Canvas)	แสดงพื้นเอียง รถไดนามิกส์ เชือก เครื่องชั่งสปริง SP1 และ SP2 พร้อมเวกเตอร์แรง — ลากรบนพื้นเอียงได้
B	สไลด์เดอร์ W (น้ำหนักรถ)	ปรับน้ำหนักรถ W ในช่วง 1–25 N ด้วยแถบเลื่อนหรือพิมพ์ค่าโดยตรงในช่องตัวเลข
C	สไลด์เดอร์ θ (มุมเอียง)	ปรับมุมพื้นเอียง θ ในช่วง 0–80° — เวกเตอร์และค่าทฤษฎีปรับตามแบบ real-time
D	สไลด์เดอร์ F(P) สปริงขนาน	บ่อนแรงสปริง SP1 ที่ตั้งรถขึ้นตามแนวพื้นเอียง — ค่าดีเมื่อ $F(P) \approx W \cdot \sin \theta$
E	สไลด์เดอร์ F(N) สปริงตั้งฉาก	บ่อนแรงสปริง SP2 ที่ตั้งรถออกตั้งฉากพื้นเอียง — ค่าดีเมื่อ $F(N) \approx W \cdot \cos \theta$
F	ปุ่ม Auto-Balance (ดูเฉลย)	คำนวณและตั้งค่า $F(P) = W \cdot \sin \theta$, $F(N) = W \cdot \cos \theta$ ทันที — ใช้ตรวจสอบคำตอบ
G	Equilibrium Meter (แถบสมดุล)	แสดงแรงสุทธิในแนวขนาน ตั้งฉาก และ N — แถบอยู่กึ่งกลาง (สีเขียว) = สมดุล
H	กล่องค่าทางทฤษฎี (Readout)	แสดง $W \cdot \sin \theta$, $W \cdot \cos \theta$, N, $\sin \theta / \cos \theta$, % error F(P), % error F(N) แบบ real-time
I	ปุ่ม Toggle แสดงเวกเตอร์	เปิด/ปิดแสดง W, N, F(P), F(N), องค์ประกอบ $W \cdot \sin \theta$ / $W \cdot \cos \theta$, มุม θ, เชือกและสปริง
J	ตารางบันทึกผล (Data Table)	กด "+ บันทึก Trial" เพื่อบันทึกชุดข้อมูล W, θ, F(P), $W \cdot \sin \theta$, %err, F(N), $W \cdot \cos \theta$, %err
K	เครื่องชั่งสปริง SP1 / SP2	SP1 อยู่บนเชือกแนวขนาน SP2 อยู่บนเชือกแนวตั้งฉาก — แสดงค่าแรงเป็น N

ขั้นตอนการทดลอง (9 ขั้นตอน)

ขั้น	การกระทำ	รายละเอียด / สิ่งที่ต้องสังเกต
1	เปิด Simulation	เปิดไฟล์ 5. incline_forces.html ในเบราว์เซอร์ — ตรวจสอบว่าอยู่ในแท็บ "Simulation"
2	ตั้งค่า W	ปรับสไลด์เดอร์ (B) ตั้งค่า $W =$ น้ำหนักที่กำหนด เช่น 12.7 N
3	ตั้งค่า θ	ปรับสไลด์เดอร์ (C) ตั้งมุม $\theta = 22^\circ$ (ชุดที่ 1) — สังเกตพื้นเอียงบน canvas ปรับตาม
4	ปรับ F(P)	เลื่อน slider (D) ปรับ F(P) (สปริงขนาน) จนแถบสมดุลขนาน (G) เข้าใกล้กึ่งกลาง (สีเขียว)
5	ปรับ F(N)	เลื่อน slider (E) ปรับ F(N) (สปริงตั้งฉาก) จนแถบสมดุลตั้งฉาก (G) เข้าใกล้กึ่งกลาง
6	ตรวจสอบสมดุล	อ่านสถานะ "✓ สมดุล! รถนิ่ง" จาก Equilibrium Meter (G) — ถ้ายังไม่สมดุล ปรับซ้ำขั้น 4–5
7	ตรวจเฉลี่ย	กด "⚡ Auto-Balance (ดูเฉลี่ย)" (F) เพื่อดูค่าทฤษฎี — เปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งเอง
8	บันทึก Trial	กด "+ บันทึก Trial" (J) เพื่อบันทึกผลการทดลอง — บันทึกข้อมูลลงในบันทึก
9	ทำซ้ำ 3 ชุด	เปลี่ยน W และ θ ตามที่ครูกำหนด ทำซ้ำขั้น 2–8 ครบ 3 ชุด

5. ไบบันท์ก็ผลการทดลอง

6. คำถามท้ายการทดลอง

คำถามที่ 1 เมื่อเพิ่มมุม θ จาก 22° เป็น 45° แรง $F(P)$ เปลี่ยนไปอย่างไร? ทำไม? เชื่อมโยงกับ $W \cdot \sin \theta$

ตอบ:

.....

.....

คำถามที่ 2 ถ้า $F(N) = 0$ แรง N จากพื้นเอียงมีค่าเท่าใด? (แสดงการคำนวณด้วย $W = 12.7 \text{ N}$, $\theta = 30^\circ$)

ตอบ:

.....

.....

คำถามที่ 3 ถ้า $F(N) = W \cdot \cos \theta$ แรง $N = ?$ และเกิดอะไรขึ้นกับรถ? อธิบายตามหลักนิวตัน

ตอบ:

.....

.....

คำถามที่ 4 เปรียบเทียบ % error $F(P)$ กับ % error $F(N)$ ในแต่ละชุด ชุดใดมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด? เพราะเหตุใด?

ตอบ:

.....

.....

คำถามที่ 5 ถ้าเราเปลี่ยน W แต่ θ คงที่ กราฟ $F(P)/W$ กับ $\sin \theta$ เป็นอย่างไร? (ความชัน = ?)

ตอบ:

.....

.....

7. ข้อควรระวัง

- Berg (1992) แนะนำให้เคาะสปริงสเกลเบาๆ ก่อนอ่านทุกครั้ง เพื่อป้องกันเข็มค้าง
- ล้อรถต้องหมุนได้อย่างอิสระ ถ้ามีแรงเสียดทานจะทำให้ค่าสปริงคลาดเคลื่อน
- ดึงทั้งสองสปริงพร้อมกัน อย่าดึงทีละอัน เพื่อให้รถนั่งในตำแหน่งสมดุลแท้จริง
- ตรวจสอบ Equilibrium Meter (G) ให้แถบทั้งสองอยู่กึ่งกลาง (สีเขียว) ก่อนบันทึก
- เมื่อ $\theta > 70^\circ$ ค่า $F(P) \approx W$ จะมีขนาดใหญ่มาก — อย่าเกิน range ของสปริงสเกล

KP Science
kp-science.github.io

8. เกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การประเมิน	คะแนน	รายละเอียด
ความถูกต้องของข้อมูล	40 คะแนน	บันทึก $F(P)$, $F(N)$ ครบ 3 ชุด, คำนวณ % error
ความเข้าใจทฤษฎี	30 คะแนน	ตอบคำถามท้ายการทดลองครบถ้วนและถูกต้อง
ทักษะการใช้ simulation	20 คะแนน	ปรับค่าสปริงได้อย่างอิสระ ใช้ Auto-Balance ตรวจสอบ
เจตคติวิทยาศาสตร์	10 คะแนน	ความพิถีพิถัน ความสะอาดของรายงาน
รวม	100 คะแนน	Berg, R.E. (1992). Forces on an Incline, Exp.5