

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่

หัวข้อเรื่อง

1. แรง
2. มวล
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
4. น้ำหนัก
5. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
6. การใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

แนวคิด

1. แรง เป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงตามระบบ SI คือนิวตัน (N) และ แรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้
2. มวล คือปริมาณของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยวัดเป็นกิโลกรัม(kg) (วัตถุที่อยู่หนึ่ง จะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ ในทำนองเดียวกัน วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่แล้ว ก็จะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นหยุดนิ่ง วัตถุมวลมากจะต้านได้มาก วัตถุมวลน้อยจะต้านได้น้อย)
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน นิวตันพบว่าแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้ได้อย่างมีกฎเกณฑ์ ดังนี้
 - 3.1 ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่
 - 3.2 ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
 - 3.3 ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยา ที่มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามเสมอ
4. น้ำหนัก เป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ น้ำหนักจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยวัดเป็นนิวตัน
5. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน นิวตันพบว่า “วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆจะแปรผันตรงกับ ผลคูณระหว่างมวลวัตถุทั้งสอง และจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสอง”
6. การใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน มีความสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ และการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้
2. ผู้เรียนมีความเข้าใจทฤษฎี หลักการ และกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์มากขึ้น

1. แรง

ในชีวิตประจำวัน ทุกคนออกแรงกระทำต่อวัตถุต่าง ๆ กัน เช่น ดันประตู หัวกระเป๋ายก หนังสือ เข็นรถ เป็นต้น การออกแรงดังกล่าวจะบอกขนาดของแรงว่ามากหรือน้อย มักใช้ความรู้สึกเข้าช่วย เช่น รู้สึกว่ายกหนังสือออกแรงน้อยกว่าเข็นรถ การบอกขนาดของแรงดังกล่าวจะได้ข้อมูลไม่เที่ยงตรง ส่วนการบอกขนาดของแรงในทางฟิสิกส์นั้นจะบอกจากผลของแรง ได้แก่ มวลวัตถุ และการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพราะแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้ (โดยกำหนดให้ขนาดของแรง 1 นิวตันคือ ขนาดแรงที่ทำให้มวล 1 กิโลกรัมเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที²)



จากรูป - ถ้าวัตถุมีมวลขนาด 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปตามแนวแรงด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที² แรง F ที่ดึงวัตถุขึ้นจะมีขนาดเท่ากับ 1 นิวตัน

แรง เป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงตามระบบ SI คือนิวตัน(N) และ แรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้

2. มวล

กรอบแนวคิด

มวล คือปริมาณของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยวัดเป็นกิโลกรัม(kg) (วัตถุที่อยู่นิ่ง จะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ ในทำนองเดียวกัน วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่แล้ว ก็จะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นหยุดนิ่ง วัตถุมวลมากจะต้านได้มาก วัตถุมวลน้อยจะต้านได้น้อย)

กิจกรรม - ใส່ทรายลงในขวดพลาสติกขนาดเท่ากัน 3 ใบ โดยให้ปริมาณของทรายในขวดแต่ละใบต่างกัน โดยให้ใบที่ 1 เต็มขวด ใบที่ 2 ครึ่งขวด และใบที่ 3 หนึ่งในสี่ของขวด แล้วใช้กระดาษทิชชูปิดขวดทั้งหมด

- นำขวดทั้งสามผูกเชือกแขวนไว้ในแนวระดับ ให้นักเรียนใช้มือผลักขวดแต่ละใบ แล้วบันทึกผลการทดลอง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ขวดแต่ละใบต้านมือต่างกันหรือไม่ อย่างไร จะสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร

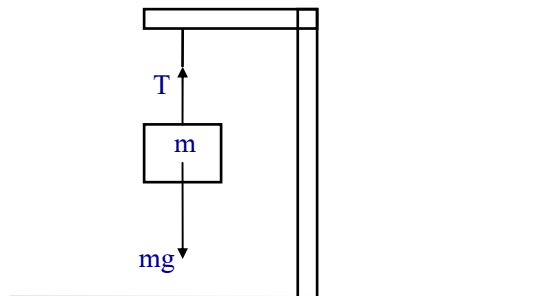
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กรอบแนวคิด - กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อ เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญมากในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งนอกจากจะใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแล้ว ยังสามารถอธิบายทั้งเรื่องสมดุล และการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ได้ทุกลักษณะ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการศึกษาเรื่องอื่น ๆ เช่น งาน พลังงาน โมเมนตัม ฯลฯ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันสรุปได้ดังนี้

$$\text{กฎข้อที่ 1} \quad \sum \vec{F} = 0$$

วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่ง หรือสภาพการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ

จากกฎข้อที่ 1 อธิบายได้ว่า “ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพเคลื่อนที่ กล่าวคือ ถ้าเดิมวัตถุอยู่นิ่ง ก็จะอยู่นิ่งเช่นนั้นตลอดไป แต่ถ้าเดิมวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวค่าหนึ่ง วัตถุนั้นก็จะยังคงเคลื่อนที่ต่อไปในแนวตรงตามทิศทางเดิม ด้วยความเร็วคงตัวค่าเดิม” ดังรูป



$$\text{กฎข้อที่ 2} \quad \sum F = ma$$

เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์ มากระทำต่อวัตถุ วัตถุนั้นจะมีความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งนี้จะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

คำถามวัดความเข้าใจ

1. วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ เมื่อมีแรงมากระทำให้หยุด จงหาทิศของแรงลัพธ์ที่มากระทำ และทิศของความเร่ง

.....

2. แท่งไม้มวล 6.0 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นระดับ ถ้ามีแรงลัพธ์ขนาด 18 นิวตัน มากระทำต่อแท่งไม้ ในทิศทางานกับพื้น จงหาขนาดความเร่งของแท่งไม้(ตอบ 3 m/s^2)

.....

.....

3. รถคันหนึ่งมวล 800 กิโลกรัม กำลังแล่นบนถนนในแนวระดับด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ไปทางทิศตะวันออก คนขับดับเครื่องยนต์และไม่ใช้ห้ามล้อ รถคันนี้แล่นต่อไปอีกเป็นระยะทาง 100 เมตรจึงหยุดนิ่ง จงหาขนาดและทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถคันนี้(ตอบ 1600 นิวตัน มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่)

.....

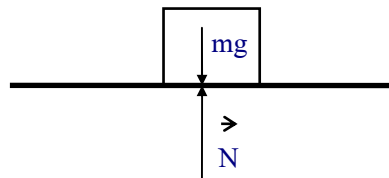
.....

กฎข้อที่ 3 $F_{\text{กระทำ}} = -F_{\text{ปฏิกิริยา}}$

ทุกแรงกิริยา ย่อมมีแรงปฏิกิริยาซึ่งมีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามเสมอ

คำถาม

1. วัตถุวางบนพื้นราบ ดังรูป จะมีแรงสองแรงกระทำต่อวัตถุ คือน้ำหนักวัตถุ และแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก จงพิจารณาแรงคู่นี้แล้วตอบคำถาม



- ก. ขนาดของแรงทั้งสองเท่ากันหรือไม่ ให้ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันอธิบาย
- ข. เป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ค. จงบอกแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาของแรงทั้งสอง

.....

.....

.....

ข้อสังเกต - แรงกิริยา -แรงปฏิกิริยา กระทำต่อวัตถุคนละก้อน

- แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามเสมอ ไม่ว่าจะระบบจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ก็ตาม

4. น้ำหนัก

น้ำหนัก เป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ น้ำหนักจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยวัดเป็นนิวตัน และน้ำหนักมีทิศเดียวกับความเร่ง g

จากการศึกษาการตกแบบเสรีของวัตถุใกล้ผิวโลก เราทราบว่า ความเร่งของวัตถุมีค่าคงตัว อาศักยภาพการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตันเราสามารถอธิบายได้ว่า จะต้องมีความเร่งกระทำต่อวัตถุจึงจะทำให้วัตถุมีความเร่ง ซึ่งแรงนี้ก็คือ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุนั่นเอง เราเรียกแรงดังกล่าวนี้ว่า **น้ำหนักของวัตถุ** ดังสมการ

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

5. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน นิวตันพบว่า

วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆจะแปรผันตรงกับ ผลคูณระหว่างมวลวัตถุทั้งสอง และจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสอง

ดังสมการ

$$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

เมื่อ m_1 เป็นมวลวัตถุก้อนที่ 1 (กิโลกรัม)

m_2 เป็นมวลวัตถุก้อนที่ 2 (กิโลกรัม)

R เป็นระยะห่างของมวลวัตถุทั้งสอง(เมตร)

F เป็นค่าขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลทั้งสอง(นิวตัน)

G เป็นค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล (นิวตัน.เมตร²/กิโลกรัม²)

.....

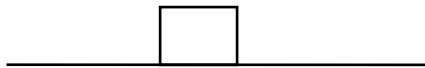
6. การใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กฎทั้งสามข้อของนิวตัน มีความสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ และการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุ มีแนวทางในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ต้องพิจารณาว่า มีแรงใดบ้างกระทำต่อวัตถุนั้น โดยเขียนภาพแทนวัตถุแล้วเขียนแรงภายนอกทุกแรงพร้อมทั้งทิศทางที่กระทำต่อวัตถุนั้น
2. หาแรงลัพธ์ของแรงทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ ถ้าแรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ กล่าวคือ วัตถุอาจจะอยู่นิ่ง หรือ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวตรง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งซึ่งมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน
3. แก้สมการตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

แบบฝึกหัด

1. เขียนเวกเตอร์แทนแรงที่กระทำต่อวัตถุ ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบ ในกรณีต่อไปนี้



- ก. แรงขนาด 10 นิวตัน กระทำต่อวัตถุในทิศไปทางขวา
- ข. แรงขนาด 50 นิวตัน ผลักวัตถุไปทางซ้าย
- ค. แรงขนาด 30 นิวตัน ลากวัตถุในทิศทำมุม 30 องศา กับแนวระดับ
- ง. แรงขนาด 40 นิวตัน ดึงวัตถุขึ้นในแนวตั้ง

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากโจทย์ข้อ 1 ถ้าให้แรงทั้งสี่กระทำต่อวัตถุก่อนเดียวกัน จงหาขนาดและทิศของแรงลัพธ์จากแรงทั้งสี่แรงนี้

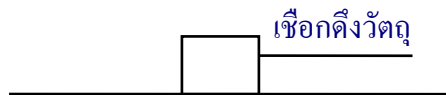
.....

.....

3. แรงลัพธ์ขนาด 800 นิวตัน กระทำต่อตู้ใบหนึ่งในแนวระดับ ทำให้ตู้ใบนี้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบด้วยความเร่ง 0.5 เมตร/วินาที² มวลของตู้ใบนี้เป็นเท่าใด (ตอบ 1600 กิโลกรัม)

4. เมื่อเราออกแรงดันแท่งไม้ที่อยู่บนพื้นราบ ปรากฏว่าแท่งไม้ไม่เคลื่อนที่เพราะ “แรงที่เราผลักแท่งไม้ กับแรงแท่งไม้ได้ตอบต่อเรามีขนาดเท่ากัน จึงทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อแท่งไม้เป็นศูนย์” ข้อความดังกล่าวถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

5. วัตถุวางบนพื้นที่ไม่มีความเสียดทาน ใช้เชือกผูกกับวัตถุแล้วออกแรงดึงเส้นเชือกด้วยแรง F ในแนวขนานกับพื้นดังรูป จงเขียนเวกเตอร์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุทุกแรง



6. นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเชื่อมยานอวกาศกับจรวด ณ ที่สูงขึ้นไปจากพื้นโลก เมื่อยานอวกาศเชื่อมต่อกับจรวดแล้ว ยานอวกาศได้ยิงเครื่องขับเคลื่อนไอพ่นเพื่อปรับความเร็วซึ่งมีแรงขับเคลื่อน 900 นิวตัน เป็นเวลา 7.0 วินาที ถ้ามวลของยานอวกาศและจรวดเท่ากับ 3400 กิโลกรัมและ 3500 กิโลกรัม ในช่วงเวลาดังกล่าวยานอวกาศและจรวดมีความเร็วเปลี่ยนไปเท่าใด (ตอบ 0.94 m/s)

7. นักเรียนคนหนึ่งถือเชือกที่มีมวลน้อยมาก ซึ่งปลายอีกข้างหนึ่งผูกติดกับแท่งเหล็กมวล 1.0 กิโลกรัม ให้หาแรงที่เชือกดึงมือในกรณีต่อไปนี้

ก. ถือเชือกอยู่นิ่ง

ข. หย่อนเชือกลงด้วยความเร็วคงตัว

ค. หย่อนเชือกลงด้วยความเร่ง 5.0 เมตร/วินาที²

ง. ดึงเชือกขึ้นด้วยความเร่ง 5.0 เมตร/วินาที²

8. ลิฟต์มวล 200 กิโลกรัม เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง $2.2 \text{ เมตร/วินาที}^2$ ถ้าลวดที่แขวนลิฟต์ทนแรงดึงได้สูงสุด 7440 นิวตัน ลิฟต์จะบรรทุกคนได้มากที่สุดกี่คน โดยคน 1 คนมีมวลเฉลี่ย 54 กิโลกรัม (ตอบ 7 คน)

.....

.....

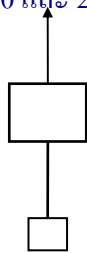
9. กล้องไม้มวล 8.0 กิโลกรัม วางอยู่บนโต๊ะที่ไม่มีแรงเสียดทาน ถ้าต้องการให้กล้องไม้เคลื่อนที่ไปทางขวาจนกระทั่งมีความเร็ว 6 เมตร/วินาที ภายในเวลา 2 วินาที จงหา

- ก. มีแรงใดบ้างที่กระทำต่อกล้องไม้ ให้เขียนเวกเตอร์ของแรงทุกแรงที่กระทำต่อกล้องไม้
ข. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล้องไม้มีขนาดเท่าใด และมีทิศใด (ตอบ 24 นิวตัน)

.....

.....

10. วัตถุมวล 3.0 และ 2.0 กิโลกรัม ผูกติดกันด้วยเชือก ดังรูป วัตถุทั้งสองถูกดึงขึ้นด้วยเชือกอีกเส้นหนึ่งด้วยความเร่ง $2.0 \text{ เมตร/วินาที}^2$ ในแนวดิ่ง แรงดึงของเชือกทั้งสองมีค่าเท่าไร (ให้ $g = 10 \text{ เมตร/วินาที}^2$) (ตอบ 60 และ 24 นิวตัน)



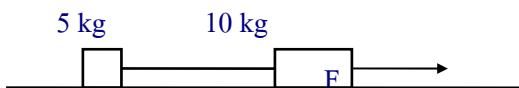
.....

.....

.....

.....

11. วัตถุมวล 5.0 และ 10.0 กิโลกรัม ผูกติดกันด้วยเชือกเบา ดังรูป วางอยู่บนพื้นราบที่ไม่มีแรงเสียด ให้แรง F ที่มีค่าคงที่ กระทำต่อวัตถุทั้งสองอยู่นาน 15 วินาที จนความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไป 40 เมตร/วินาที ให้หาค่าแรง F และแรงที่เชือกดึงมวล 5.0 กิโลกรัม (ตอบ 40N , 13.3N)

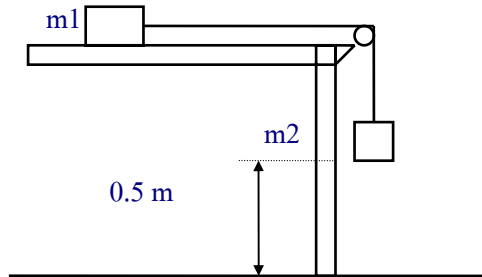


.....

.....

.....

12. มวล m_1 วางบนโต๊ะราบที่ไม่มีแรงเสียดทาน ห่างจากขอบโต๊ะ 1.0 เมตร มวล m_2 เป็นโลหะอยู่สูงจากพื้น 0.5 เมตร ถ้าปล่อยให้ m_1 และ m_2 เคลื่อนที่แล้ว m_1 จะมีความเร็วสูงสุดเท่าไร (กำหนดให้ $m_1 = 2.0$ กิโลกรัม $m_2 = 0.5$ กิโลกรัม และ $g = 10$ เมตร/วินาที²)
(ตอบ $\sqrt{2}$ เมตร/วินาที)



.....

.....

.....

.....

.....

.....