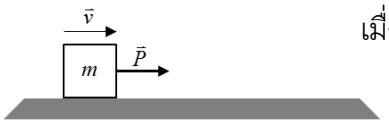
1. โมเมนตัม

โมเมนตัม (momentum) หมายถึง **ปริมาณที่บอกสภาพของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งพยายามทำให้วัตถุพุ่งตัวออกไปข้างหน้าในทิศทางของความเร็ว** เป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศตามทิศของความเร็ว **หาได้จากผลคูณของมวลกับความเร็ว**



เมื่อ m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
$\vec{v}$ คือ ความเร็วของวัตถุ มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)
$\vec{P}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุ

จากความหมายของโมเมนตัม เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (1)$$

จากสมการ (1) โมเมนตัม มีหน่วยเป็น **กิโลกรัม – เมตรต่อวินาที** ($kg \cdot m/s$) หรือ **นิวตัน – วินาที** ($N \cdot s$)

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน หรือ **กฎของความเฉื่อย** ซึ่งอาจเขียนในรูปของโมเมนตัมได้ว่า **ในกรณีที่วัตถุมีความเร็วคงตัว โมเมนตัมของวัตถุคงตัวเสมอ**

หมายเหตุ โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ พึงระมัดระวังเรื่องทิศทางของโมเมนตัมด้วยเพราะต้องต้องคำนึงถึงทิศทางเสมอ

2. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

วัตถุที่หยุดนิ่งอยู่หรือกำลังเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่เราอาจกล่าวได้ว่า โมเมนตัมของวัตถุนั้นคงที่ หากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่โมเมนตัมของวัตถุจะเปลี่ยนไป

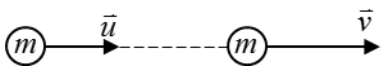
โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป หาได้จาก **ผลต่างของโมเมนตัมสุดท้ายกับโมเมนตัมเริ่มต้น** เราเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 \quad (2)$$

หรือ $$\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u} \quad (3)$$

โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของวัตถุอาจเกิดขึ้นได้ในกรณี ดังต่อไปนี้

2.1 ความเร็วต้นอยู่ในแนวเดียวกับความเร็วปลาย โดยที่ความเร็วปลายมากกว่าความเร็วต้น ($\vec{v} > \vec{u}$)



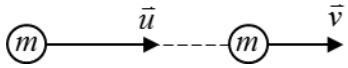
ในกรณีนี้ $\Delta\vec{P}$ และ $\Delta\vec{v}$ จะมีทิศไปทางเดียวกับการเคลื่อนที่ ดังนั้น

จาก $\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

$\therefore \Delta\vec{P} = m(+\vec{v}) - m(+\vec{u})$

จะได้ $\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

2.2 ความเร็วต้นอยู่ในแนวเดียวกับความเร็วปลาย โดยที่ความเร็วปลายน้อยกว่าความเร็วต้น ($\vec{v} < \vec{u}$)



ในกรณีนี้ $\Delta\vec{P}$ และ $\Delta\vec{v}$ จะมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ ดังนั้น

จาก $\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

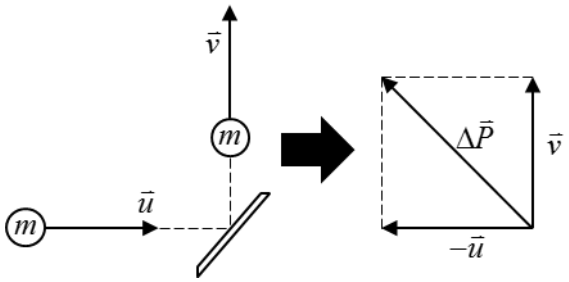
$\therefore \Delta\vec{P} = m(+\vec{v}) - m(+\vec{u})$

จะได้ $\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

แต่โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปในกรณีนี้จะมีค่าเป็นจำนวนลบ เนื่องจากความเร็วปลายน้อยกว่าความเร็วต้น ซึ่งแสดงว่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

2.3 ความเร็วต้นกับความเร็วสุดท้ายตั้งฉากกัน ($\vec{u} \perp \vec{v}$)

ในกรณีนี้จะต้องสร้างรูแ โดยการกลับทิศของความเร็วต้น ดังรูป



จาก $\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

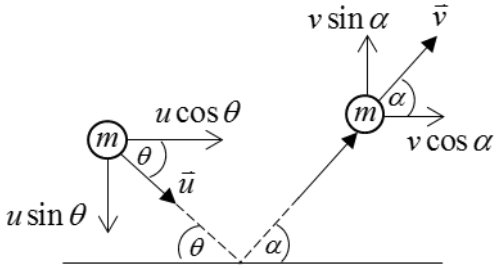
จากทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านขนาน จะได้

$\Delta\vec{P} = \sqrt{(m\vec{v})^2 + (m\vec{u})^2}$

$\Delta\vec{P} = m\sqrt{\vec{v}^2 + \vec{u}^2}$

2.4 ความเร็วต้นกับความเร็วสุดท้ายทำมุมต่อกัน

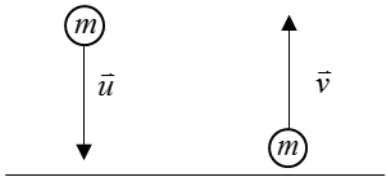
ในกรณีนี้ให้แยกเวกเตอร์ของความเร็วเข้าแกน x และ y แล้วคิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมทีละแกนดังรูป



จากรูป $\Delta P_x = mv\cos\alpha - mu\cos\theta$

และ $\Delta P_y = mv\sin\alpha + mu\sin\theta$

2.5 ความเร็วต้นกับความเร็วสุดท้ายมีทิศตรงข้ามกัน



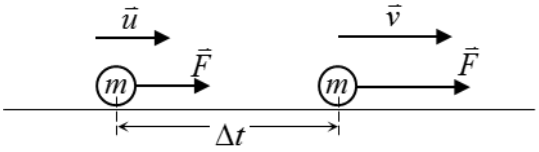
ในกรณีนี้ $\Delta\vec{P}$ และ $\Delta\vec{v}$ จะมีทิศเดียวกับความเร็วสุดท้าย

จาก $\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$

$\therefore \Delta\vec{P} = m(+\vec{v}) - m(-\vec{u})$

จะได้ $\Delta\vec{P} = m\vec{v} + m\vec{u}$

3. แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม



จากรูป m คือ มวลของวัตถุ

$\vec{F}$ คือ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

Δt คือ ช่วงเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุ

$\vec{u}$ คือ ความเร็วต้น

$\vec{v}$ คือ ความเร็วสุดท้าย

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน คือ

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

$$\vec{F} = m\frac{(\vec{v}-\vec{u})}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t}$$

เมื่อ $m\vec{v}$ เป็นโมเมนตัมสุดท้าย หรือ $\vec{P}_2$

$m\vec{u}$ เป็นโมเมนตัมเริ่มต้น หรือ $\vec{P}_1$

$\frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t}$ เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

อาจเขียนใหม่ได้ว่า

$$\vec{F} = \frac{\vec{P}_2 - \vec{P}_1}{\Delta t}$$

หรือ $$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

สรุป แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ เท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมทั้งขนาดและทิศทาง

ข้อควรทราบ

โมเมนตัมของวัตถุหรือระบบใด ๆ จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. **โมเมนตัมเชิงเส้น** (linear momentum) สำหรับวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ และ
2. **โมเมนตัมเชิงมุม** (angular momentum) สำหรับวัตถุที่มีการเคลื่อนที่รอบจุด ๆ หนึ่ง

โดยทั่วไป เมื่อใช้คำว่า “โมเมนตัม” จะหมายถึงโมเมนตัมเชิงเส้น และสมการ (1) เป็นสมการของโมเมนตัมเชิงเส้น