

## บทที่ 6 การชนและโมเมนตัม

### 6.1 โมเมนตัมคืออะไร

**โมเมนตัม** หมายถึง ปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ต่อไป ซึ่งหาได้จากผลคูณของมวลกับความเร็ว เขียนสมการได้คือ

$$\text{โมเมนตัม} = \text{มวล} \times \text{ความเร็ว}$$

$$P = m v \dots\dots\dots(6.1)$$

เมื่อ P = โมเมนตัม หน่วยเป็น kg.m/s (N.s)

m = มวลของวัตถุ หน่วยเป็น kg

v = ความเร็วของวัตถุ หน่วยเป็น m/s

- ข้อควรจำ**
1. โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ คือมีทั้งขนาดและทิศทาง
  2. โมเมนตัมขณะใด ๆ ของวัตถุจะมีทิศทางเดียวกับความเร็วเสมอ
  3. ขนาดของโมเมนตัมเท่ากับ mv เมื่อ v เป็นขนาดของความเร็ว

**ตัวอย่างที่ 1** รถคันหนึ่งมีมวล 1 ตัน วิ่งไปด้วยความเร็ว 40 เมตรต่อวินาที จงหาว่ารถคันนี้มีโมเมนตัมเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 2** รถคันหนึ่งมีมวล 2 ตัน วิ่งไปด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาว่ารถคันนี้มีโมเมนตัมเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 3** รถคันหนึ่งมีมวล 80 กิโลกรัม วิ่งไปด้วยความเร็ว 144 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาว่ารถคันนี้มีโมเมนตัมเท่าไร

## 6.2 แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่ว่า “ความเร่งของวัตถุเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำ และเป็นปฏิภาคผกผันกับมวลของวัตถุ” จะได้ว่า

$$F = ma \quad \text{แต่ } a = \frac{v - u}{\Delta t}$$

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

$$F = \frac{mv - mu}{\Delta t} \dots\dots\dots (6.2)$$

เมื่อ F คือ แรงลัพธ์ที่คงตัวกระทำต่อวัตถุมวล m

mu คือ โมเมนตัมของวัตถุก่อนออกแรงกระทำ

mv คือ โมเมนตัมของวัตถุภายหลังที่ถูกแรงกระทำ

mv - mu คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป

$\frac{mv - mu}{\Delta t}$  คือ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา (อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า “แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยน โมเมนตัมของวัตถุนั้น”

**ตัวอย่างที่ 4** วัตถุมวล 5 กิโลกรัม ถูกแรงกระทำให้ความเร็วเปลี่ยนจาก 6 เมตรต่อวินาทีเป็น 18 เมตรต่อวินาที จงหา

- ก. ถ้าช่วงเวลาที่ใช้กระทำต่อวัตถุเท่ากับ 5 วินาที แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าไร
- ข. ถ้าช่วงเวลาที่ใช้แรงกระทำต่อวัตถุเท่ากับ 12 วินาที แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าไร

ตัวอย่างที่ 5 วัตถุมวล 10 กิโลกรัม ถูกแรงกระทำให้ความเร็วเปลี่ยนจาก 12 เมตรต่อวินาทีเป็น 17 เมตรต่อวินาที จงหา

- ก. ถ้าช่วงเวลาที่ใช้กระทำต่อวัตถุเท่ากับ 5 วินาที แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าไร
- ข. ถ้าช่วงเวลาที่ใช้แรงกระทำต่อวัตถุเท่ากับ 12 วินาที แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าไร

### 6.3 การคลและแรงคล (Impulse and Impulsive Force)

การคล (**I**) คือผลการกระทำของแรงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาใด ๆ มีค่าเท่ากับผลคูณของแรงกับระยะเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุนั้น

ถ้าแรง  $F$  กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา  $\Delta t$

$$\text{การคล (I)} = F \cdot \Delta t$$

$$\text{จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน } F = ma = m \frac{(v - u)}{\Delta t} = \frac{mv - mu}{\Delta t}$$

$$\therefore \mathbf{I = F \cdot \Delta t = mv - mu \dots\dots\dots (6.3)}$$

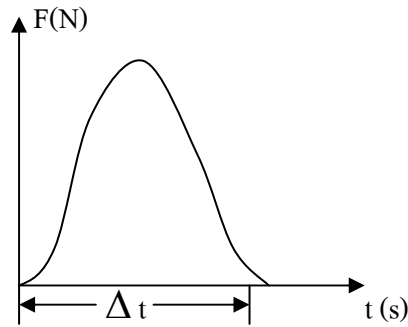
$$\therefore \mathbf{I = F \cdot \Delta t = mv - mu = \text{โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป}}$$

การคลเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศเดียวกับแรง  $P$  และมีหน่วยเช่นเดียวกับหน่วยของโมเมนตัม คือ กิโลกรัม.เมตร/วินาที

ถ้าให้การคลแก่วัตถุโดยขนาดของแรงไม่คงที่ในช่วงเวลาที่ให้แรง การคลทั้งหมดคือ ผลรวมของเวกเตอร์ของการคลของแรงย่อย ๆ ที่คงที่เฉพาะช่วงเวลาหนึ่ง เช่น ถ้าให้แรง  $F_1$  ในเวลา  $\Delta t_1$  ต่อมาเปลี่ยนเป็นแรง  $F_2$  ในช่วงเวลา  $\Delta t_2$  การคลทั้งหมดในเวลา  $\Delta t_1 + \Delta t_2 = F_1 \Delta t_1 + F_2 \Delta t_2$

พื้นที่ใต้กราฟของ  $F$  กับ  $\Delta t$  คือ ค่าของการคลหรือค่าของโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

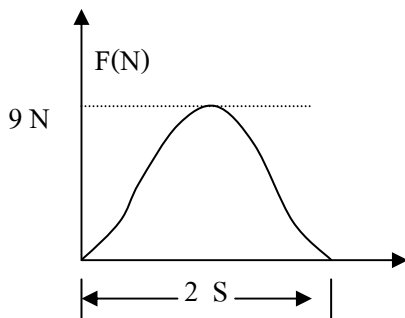
ขณะเล่นปิงปอง ไม้ตีปิงปองจะออกแรงกระทำต่อลูกปิงปองขนาดของแรงไม่คงที่คือจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงดังกราฟ



จากกราฟ ถ้าหาพื้นที่ใต้กราฟ พื้นที่ใต้กราฟ จะมีหน่วยเป็นกิโลกรัม เมตรต่อวินาที หรือ นิวตันต่อวินาที ซึ่งเป็นหน่วยของการดล เพราะฉะนั้น พื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับเวลา คือ การดล นั่นเอง

แรงดล ( $F$ ) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ แรงดลเป็นแรงธรรมดาแบบแรงทั่ว ๆ ไปแต่เรียกชื่อเสียใหม่ว่า แรงดล เพราะเป็นแรงที่เกิดในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้แก่แรงที่เกิดการกระทบกันอย่างรวดเร็ว เช่น การตอกตะปู แรงดลมีค่าเท่ากับโมเมนต์ที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาสั้น ๆ แรงดลมีค่าไม่คงที่ดังนั้นแรงดลที่เกิดขึ้นจึงมีค่าเฉลี่ยเสมอ

ตัวอย่างที่ 6 กราฟของแรงที่ไม้ตีกระทำกับลูกปิงปองเป็นดังรูป จงหาแรงเฉลี่ยที่ไม้กระทำต่อลูกปิงปองถ้าพื้นที่ใต้กราฟเท่ากับ 10 นิวตัน . วินาที



ตัวอย่างที่ 7 ลูกปืนมวล 30 กรัม ออกจากกระบอกปืนด้วยความเร็ว 1800 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิ่งเข้าไปในท่อนไม้และหยุดนิ่งในเวลา 0.2 วินาที แรงเฉลี่ยที่ท่อนไม้กระทำต่อลูกปืนในช่วงนี้มีค่าเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 8** ลูกปืนมวล 20 กรัม ออกจากกระบอกปืนด้วยความเร็ว 500 เมตร / วินาที วิ่งเข้าไปในท่อนไม้และหยุดนิ่ง ในเวลา 0.2 วินาที แรงเฉลี่ยที่ท่อนไม้กระทำต่อลูกปืนในช่วงนี้มีค่าเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 9** ลูกปืนมวล 40 กรัม ออกจากกระบอกปืนด้วยความเร็ว 500 เมตร / วินาที วิ่งเข้าไปในท่อนไม้และหยุดนิ่ง ในเวลา 0.1 วินาที แรงเฉลี่ยที่ท่อนไม้กระทำต่อลูกปืนในช่วงนี้มีค่าเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 10** มวล 8 กิโลกรัม ขณะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 เมตร / วินาที ถูกแรงคงที่ 5 นิวตัน กระทำนานเท่าใดจึงจะหยุดวัตถุนี้ได้

**ตัวอย่างที่ 11** มวล 9 กิโลกรัม ขณะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 เมตร / วินาที ถูกแรงคงที่ 10 นิวตัน กระทำนานเท่าใดจึงจะหยุดวัตถุนี้ได้

ตัวอย่างที่ 12 ลูกปืนมวล  $2 \times 10^{-2}$  กิโลกรัม ออกจากปลายกระบอกปืนด้วยความเร็ว 500 เมตร / วินาที วิ่งเข้าไปในท่อนไม้และหยุดนิ่งในเวลา 0.2 วินาที แรงเฉลี่ยที่ท่อนไม้กระทำต่อลูกปืนเป็นเท่าใด

ตัวอย่างที่ 13 ลูกปืนมวล  $4 \times 10^{-2}$  กิโลกรัม ออกจากปลายกระบอกปืนด้วยความเร็ว 1,000 เมตร / วินาที วิ่งเข้าไปในท่อนไม้และหยุดนิ่งในเวลา 0.1 วินาที แรงเฉลี่ยที่ท่อนไม้กระทำต่อลูกปืนเป็นเท่าใด

ตัวอย่างที่ 14 ปล่อยวัตถุมวล 100 กรัม ให้ตกจากที่สูง 20 เมตร โมเมนตัมของวัตถุขณะที่ชนพื้นเป็นเท่าใด

ตัวอย่างที่ 15 ปล่อยวัตถุมวล 200 กรัม ให้ตกจากที่สูง 50 เมตร โมเมนตัมของวัตถุขณะที่ชนพื้นเป็นเท่าใด

## 6.4 การชน

การชนกันของวัตถุ (มวลวิ่งไปชนมวล) จะเป็นไปตามหลักคงที่ของโมเมนตัม (กฎอนุรักษ์โมเมนตัม คือผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว)

**การชนในแนวตรง (จุดศูนย์กลางตรงกัน) แบ่งเป็น**

1. การชนแบบยืดหยุ่น (ไม่สูญเสียพลังงาน) ผลของการชนจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้คือ

1.1 ผลรวมของโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \dots\dots\dots (6.4)$$

1.2 ผลรวมพลังงานของระบบมีค่าคงตัว

$$\frac{1}{2} m_1u_1^2 + \frac{1}{2} m_2u_2^2 = \frac{1}{2} m_1v_1^2 + \frac{1}{2} m_2v_2^2 \dots\dots\dots (6.5)$$

จากสูตรสมการทั้ง 2 เขียนเป็นสูตรคำนวณใหม่ได้ดังนี้

$$u_1 + v_1 = u_2 + v_2 \dots\dots\dots (6.6)$$

หรือ  $u_1 - u_2 = v_2 - v_1 \dots\dots\dots (6.7)$

**2. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น**

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (สูญเสียพลังงาน) ผลของการชนจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แต่ไม่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน สรุปได้ดังนี้ คือ

2.1 ผลรวมโมเมนตัมของระบบคงตัว

$$\sum P \text{ ก่อนชน} = \sum P \text{ หลังชน}$$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \quad (\text{ชนแล้วแยก}) \dots\dots\dots(6.8)$$

$$m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v \quad (\text{ชนแล้วติดกันไป}) \dots\dots\dots(6.9)$$

2.2 ผลรวมพลังงานของระบบมีค่าไม่คงตัว

จากสมการ 10.7  $v_2 - v_1$  คือ ความเร็วในการแยกออกจากกัน

$u_1 - u_2$  คือ ความเร็วในการเข้าหากัน

อัตราส่วนระหว่างความเร็วในการแยกออกจากกันและความเร็วในการเข้าหากัน เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของการยืดหยุ่น (coefficient of restitution ,e)

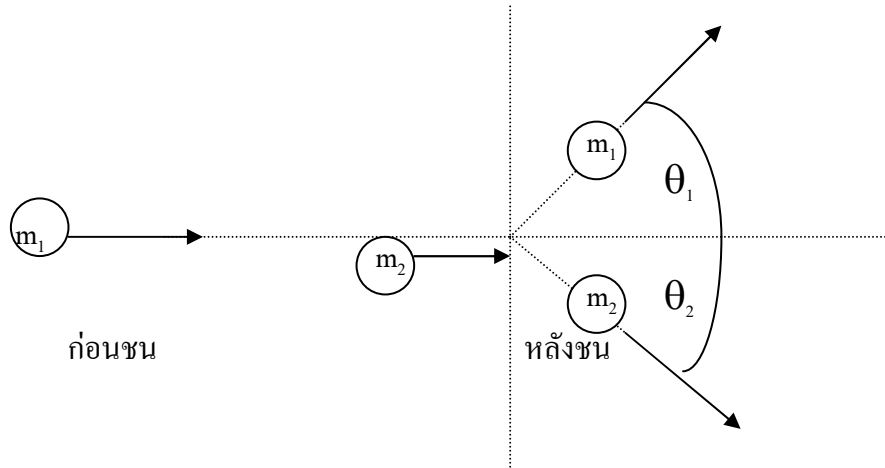
จะได้  $e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2} \dots\dots\dots (6.10)$

(โดยทั่วไป  $e > 0$  และ  $e < 1$  )

(ค่าของ e  $0 \leq e \leq 1$  )

**การชนในสองมิติ**

การชนในสองมิติ คือ หลังจากการชนของวัตถุทั้งสอง วัตถุจะเคลื่อนที่แยกจากกันในแนวที่ทำมุมกัน การที่วัตถุเคลื่อนที่ที่ทำมุมกันภายหลังการชนเนื่องจาก การเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เคลื่อนที่เข้าหาศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชนดังรูป



**ขั้นตอนการพิจารณา**

1. พิจารณาตามแนวแกน X จากกฎอนุรักษ์โมเมนตัมจะได้ว่า

$$\sum P \text{ ก่อนชน} = \sum P \text{ หลังชน}$$

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 \cos \theta_1 + m_2 v_2 \cos \theta_2 \dots\dots\dots (6.11)$$

2. พิจารณาตามแนวแกน Y จากกฎอนุรักษ์โมเมนตัมจะได้ว่า

$$\sum P \text{ ก่อนชน} = \sum P \text{ หลังชน}$$

$$0 + 0 = m_1 v_1 \sin \theta_1 - m_2 v_2 \sin \theta_2$$

$$m_1 v_1 \sin \theta_1 = m_2 v_2 \sin \theta_2 \dots\dots\dots (6.12)$$

การชนในสองมิติมีทั้งการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ผลรวมของโมเมนตัมของระบบและผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบก่อนการชนและหลังการชน มีผลเช่นเดียวกับการชนในหนึ่งมิติ



**ตัวอย่างที่ 16** มวล 2 และ 1 กิโลกรัม มีความเร็ว 4 และ 1 เมตรต่อวินาที วิ่งตามกันเป็นในแนวเส้นตรงเดียวกันโดยมวล 1 กิโลกรัม อยู่หน้า จงหาความเร็วหลังชนของมวลทั้งสองถ้าเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นโดยสมบูรณ์ ถ้าเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ความเร็วหลังชนของมวล 1 กิโลกรัม มีค่ากี่เมตร / วินาที

**ตัวอย่างที่ 17** รถมวล 40 กิโลกรัม มีความเร็ว 20 เมตร / วินาที เข้าชนมวล 60 กิโลกรัม ที่จอดนิ่งหลังชนทั้งสองติดกัน อยากทราบว่าหลังชนรถมีความเร็วเป็นเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 18** รถมวล 60 กิโลกรัม มีความเร็ว 30 เมตร / วินาที เข้าชนมวล 90 กิโลกรัม ที่จอดนิ่งหลังชนทั้งสองติดกัน อยากทราบว่าหลังชนรถมีความเร็วเป็นเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 19** ยิงลูกปืนมวล 10 กรัมชนกล่องมวล 1 กิโลกรัมที่อยู่นิ่งลูกปืนเข้าชนด้วยความเร็ว 1,000 เมตร/วินาที กล่องจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 20** ยิงลูกปืนมวล 10 กรัมชนกล่องมวล 2 กิโลกรัมที่อยู่นิ่งลูกปืนเข้าชนด้วยความเร็ว 800 เมตร/วินาที กล่องจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 21** กระสุนปืนมวล 20 กรัม และมีความเร็ว 4,020 เซนติเมตรต่อวินาที ในแนวระดับพุ่งเข้าชนแท่งไม้ซึ่งวางอยู่นิ่ง ๆ บนโต๊ะที่ปราศจากความเสียดทานและฝังอยู่ในแท่งไม้ ถ้าไม้มีมวล 4 กิโลกรัม ความเร็วของแท่งไม้หลังถูกชนเป็นเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 22** กระสุนปืนมวล 40 กรัม และมีความเร็ว 4,000 เซนติเมตรต่อวินาที ในแนวระดับ พุ่งเข้าชนแท่งไม้ซึ่งวางอยู่นิ่ง ๆ บนโต๊ะที่ปราศจากความเสียดทานและฝังอยู่ในแท่งไม้ ถ้าไม้มีมวล 8 กิโลเมตร ความเร็วของแท่งไม้หลังถูกชนเป็นเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 23** ลูกปืนมวล 3 กรัม มีความเร็ว 700 เมตรต่อวินาที วิ่งทะลุแผ่นแท่งไม้มวล 600 กรัม เกิดการคลทำให้แท่งไม้มีความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที จงหาความเร็วของลูกปืนหลังทะลุผ่าน

**ตัวอย่างที่ 24** ลูกปืนมวล 2 กรัม มีความเร็ว 800 เมตรต่อวินาที วิ่งทะลุแผ่นแท่งไม้มวล 500 กรัม เกิดการคลทำให้แท่งไม้มีความเร็ว 4 เมตรต่อวินาที จงหาความเร็วของลูกปืนหลังทะลุผ่าน

**ตัวอย่างที่ 25** ลูกกลมเหล็ก ก. และ ข. มวลเท่ากัน ลูกกลม ก. วิ่งเข้าชนลูกกลม ข. ซึ่งอยู่นิ่ง ในแนวที่ไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล ทำให้ลูกกลม ก. กระเด็นเบี่ยงไปจากแนวเดิมทำมุม 30 องศา ถ้าลูกกลม ก. ก่อนเข้าชนมีความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที และการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ หลังจากชนแล้วลูกกลม ก. และ ข. จะมีขนาดความเร็วเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 26** ลูกกลมเหล็ก ก. และ ข. มวลเท่ากัน ลูกกลม ก. วิ่งเข้าชนลูกกลม ข. ซึ่งอยู่นิ่ง ในแนวที่ไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล ทำให้ลูกกลม ก. กระเด็นเบี่ยงไปจากแนวเดิมทำมุม 30 องศา ถ้าลูกกลม ก. ก่อนเข้าชนมีความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที และการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ หลังจากชนแล้วลูกกลม ก. และ ข. จะมีขนาดความเร็วเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 27** ลูกบาสเกตบอลมวล 400 กรัม ขณะกระทบพื้นในแนวดิ่ง มีความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ถ้าสูญเสียพลังงานจลน์ขณะที่กระทบพื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ลูกบาสเกตบอลจะกระดอนขึ้นได้สูงเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 28** ลูกบาสเกตบอลมวล 600 กรัม ขณะกระทบพื้นในแนวดิ่ง มีความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ถ้าสูญเสียพลังงานจลน์ขณะที่กระทบพื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ลูกบาสเกตบอลจะกระดอนขึ้นได้สูงเท่าไร

**ตัวอย่างที่ 29** ยิงลูกปืนมวล 10 กรัม ในแนวระดับ ด้วยความเร็ว 1,000 เมตรต่อวินาที เข้าไปฝังในเป้ามวล 5 กิโลกรัมซึ่งผูกเชือกแขวนไว้ในแนวดิ่ง เป้าจะแกว่งขึ้นไปสูงกว่าตำแหน่งเดิมเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 30** ยิงลูกปืนมวล 5 กรัม ในแนวระดับ ด้วยความเร็ว 1,200 เมตรต่อวินาที เข้าไปฝังในเป้ามวล 6 กิโลกรัมซึ่งผูกเชือกแขวนไว้ในแนวดิ่ง เป้าจะแกว่งขึ้นไปสูงกว่าตำแหน่งเดิมเท่าใด

**ตัวอย่างที่ 31** ลูกปืนมวล 4 กรัม มีความเร็ว 1,000 เมตรต่อวินาที ยิงทะลุแผ่นไม้หนัก 800 กรัม ที่ห้อยแขวนไว้ด้วยเชือกยาว หลังจากทะลุแผ่นไม้ลูกปืนมีความเร็ว 400 เมตรต่อวินาที จงหาว่าแผ่นไม้จะแกว่งขึ้นไปสูงจากจุดหยุดนิ่งเท่าใด



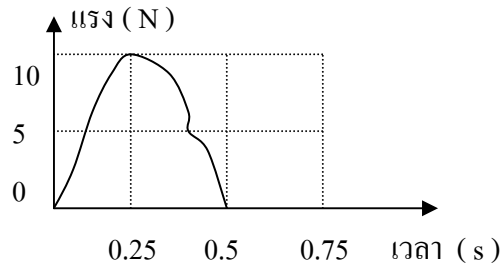




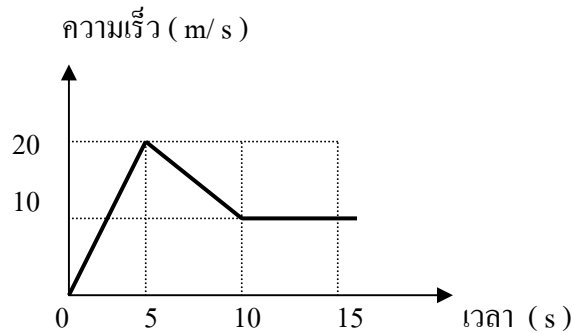


13. (Ent 39) จากรูปเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของวัตถุที่กระทบกัน ถ้าพื้นที่ใต้กราฟเท่ากับ  $2.5 \text{ kg.m/s}$  แรงเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าใด

- ก.  $2.5 \text{ N}$   
 ข.  $5 \text{ N}$   
 ค.  $10 \text{ N}$   
 ง.  $20 \text{ N}$



14. (Ent 39) จากรูปเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาของวัตถุซึ่งมีมวล  $2 \text{ กิโลกรัม}$  จงหาขนาดของการดลที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา จากวินาทีที่  $5$  ถึงวินาทีที่  $10$  ในหน่วย  $\text{kg.m/s}$



15. (Ent 40) วัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยอัตราเร็ว  $4u$  ที่ตำแหน่งสูงสุด และขณะนั้นวัตถุได้แตกออกเป็น  $2$  ส่วน ที่มีมวลเท่ากัน ส่วนหนึ่งตกลงมาในแนวดิ่ง อัตราเร็วในแนวราบของส่วนที่สองเป็นเท่าใด

- ก.  $2u$                       ข.  $4u$                       ค.  $6u$                       ง.  $8u$

16. (Ent 40) มวล  $A$  วิ่งด้วยอัตราเร็ว  $1.0$  เมตร/วินาที เข้าชนมวล  $B$  ซึ่งอยู่นิ่ง หลังจากชนมวล  $B$  วิ่งไปในทิศ  $30$  องศา กับแนวเดิมของ  $A$  หลังจากชนมวล  $A$  จะวิ่งด้วยอัตราเร็วเท่าใด และในทิศทำมุมเท่าใดกับแนวเดิม

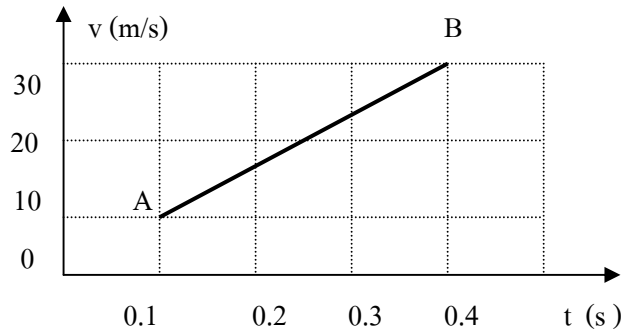
- ก.  $0.86 \text{ m/s}$  และ  $30$  องศา                      ข.  $0.86 \text{ m/s}$  และ  $60$  องศา  
 ค.  $0.50 \text{ m/s}$  และ  $30$  องศา                      ง.  $0.50 \text{ m/s}$  และ  $60$  องศา

17. (Ent 41) รถทดลองมวล  $1.0$  กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $2$  เมตร/วินาที เข้าชนรถทดลองอีกคันหนึ่งซึ่งมีมวลเท่ากันและอยู่นิ่ง หลังจากชนรถทดลองเคลื่อนที่ติดกันไป จงหาค่าพลังงานความร้อนที่เกิดจากการชน

- ก.  $0.25 \text{ J}$                       ข.  $0.5 \text{ J}$                       ค.  $0.75 \text{ J}$                       ง.  $1.0 \text{ J}$

18. (Ent 41) แรง  $F$  กระทำต่อมวล 0.4 กิโลกรัม ทำให้ขนาดของความเร็ว  $v$  เปลี่ยนแปลงตามเวลา  $t$  โดยทิศไม่เปลี่ยน ดังกราฟ อัตราการเปลี่ยนการคลในช่วงความเร็วที่ A ไปเป็นความเร็วที่ B มีค่าเท่าใด

- ก. 20.4 นิวตัน  
ข. 26.7 นิวตัน  
ค. 28.8 นิวตัน  
ง. 32.6 นิวตัน



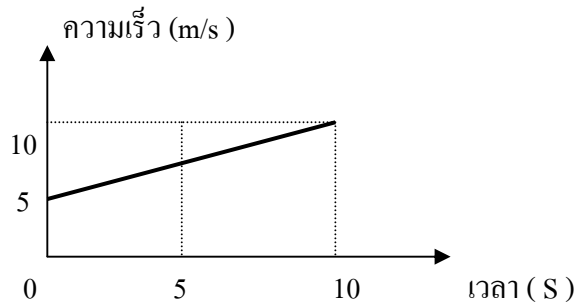
19. (Ent 41) ลูกบอลมวล 0.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ถ้าผู้รักษาประตูใช้มือรับลูกบอลให้หยุดนิ่ง ภายในเวลา 0.04 วินาที แรงเฉลี่ยที่มีมือกระทำต่อลูกบอลมีขนาดเท่าใด

- ก. 100 N                      ข. 250 N                      ค. 500 N                      ง. 750 N

20. (Ent 41) วัตถุ A มีมวล 8 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทาง +X ด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที ได้ชนกับวัตถุ B มวล 10 กิโลกรัม ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทาง +Y ด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที ภายหลังจากชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป จงหาความเร็วลัพธ์ภายหลังจากชนดังกล่าว

- ก. 3.3 m/s                      ข. 4.0 m/s                      ค. 5.6 m/s                      ง. 8.0 m/s

21. (Ent 41) แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมวล 50 กิโลกรัม ทำให้มวลเคลื่อนที่โดยมีความเร็วสัมพันธ์กับเวลาดังกราฟที่กำหนดให้ จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนี้ในหน่วยนิวตัน



22. (Ent 41) รถยนต์คันหนึ่งมวล 2,000 กิโลกรัม แล่นด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที แล้วชนกับรถยนต์อีกคันหนึ่งมวล 3,000 กิโลกรัม ซึ่งจอดอยู่นิ่ง ภายหลังจากชนรถทั้งสองติดกันและไถลไปได้ไกล 5 เมตร แล้วหยุด จงหาขนาดของแรงเสียดทานที่พื้นกระทำต่อรถทั้งสองในหน่วยนิวตัน

23. (Ent 42) ชายสองคนมีมวลเท่ากัน นั่งอยู่บนหัวเรือและท้ายเรือของเรือพายขนาดเล็กซึ่งลอยนิ่งในน้ำนิ่ง ถ้าชายที่อยู่หัวเรือเดินไปหาชายที่อยู่ท้ายเรือ เรือนี้จะเคลื่อนที่อย่างไร

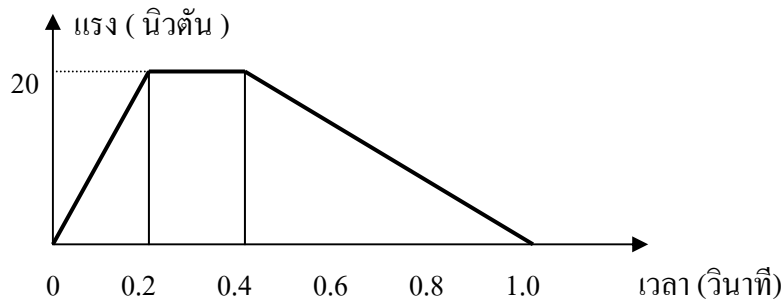
- ก. เรือจะเคลื่อนที่ไปทางด้านท้ายเรือ                      ข. เรือจะเคลื่อนที่ไปทางด้านหัวเรือ  
ค. เรือนี้จะอยู่นิ่ง                      ง. เรือจะเคลื่อนที่ไปทางท้ายเรือแล้วกลับที่เดิม

23. (Ent 42) กระสุนปืนมวล 20 กรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 500 เมตร/วินาที เข้าไปในกระสอบทรายใช้เวลา 1.0 มิลลิวินาที กระสุนจึงหยุด ถ้าแรงต้านของทรายที่กระทำต่อกระสุนมีค่าคงตัว แรงต้านทานนี้มีค่าเท่าใดในหน่วยกิโลนิวตัน

24. (Ent 42) บั้งไฟบั้งหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวตั้งด้วยความเร็ว 16 เมตร/วินาที เกิดระเบิดแตกออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกมีมวล 12 กิโลกรัม เคลื่อนที่ต้งฉากกับทิศทางเดิมด้วยอัตราเร็ว 16 เมตร/วินาที และส่วนที่สองมวล 4 กิโลกรัม จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่าใด

- ก. 90 m/s                      ข. 80 m/s                      ค. 70 m/s                      ง. 60 m/s

25. (Ent 42) ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุหนึ่ง (ดังรูป) ในช่วงเวลาที่มีแรงกระทำนั้นจะทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมไปเท่าใด



26. (Ent 43) ยิงลูกปืนมวล 12 กรัม ไปยังแท่งไม้ซึ่งตรึงอยู่กับที่ ปรากฏว่าลูกปืนฝังเข้าไปในเนื้อไม้เป็นระยะ 5 เซนติเมตร ถ้าความเร็วของลูกปืนคือ 200 เมตร/วินาที จงหาแรงต้านทานเฉลี่ยของเนื้อไม้ต่อลูกปืน

- ก. 4,000 N                      ข. 6,000 N                      ค. 9,600 N                      ง. 12,000 N

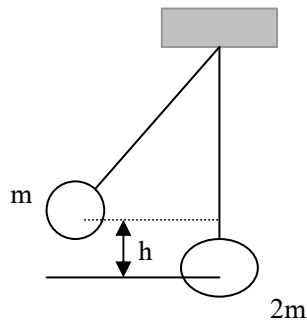
26. (Ent 43) ตอกตะปูในขณะที่ค้อนเริ่มกระทบหัวตะปู ค้อนมีขนาดความเร็ว 10 เมตร/วินาที หลังจากกระทบหัวตะปูแล้ว ค้อนสะท้อนกลับด้วยขนาดความเร็วเท่าเดิม ถ้าช่วงเวลาที่ค้อนกระทบตะปูเป็น 0.5 มิลลิวินาที จงหาแรงเฉลี่ยที่ค้อนกระทำต่อตะปู

- ก.  $1.6 \times 10^4$  N                      ข.  $3.2 \times 10^4$  N                      ค.  $6.4 \times 10^4$  N                      ง.  $8 \times 10^4$  N

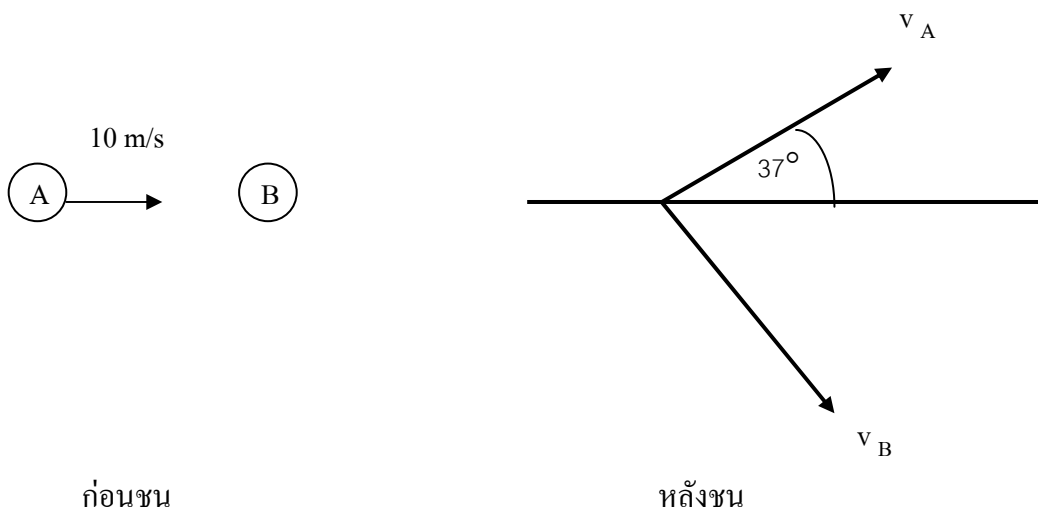
27. (Ent 43) ยิงลูกปืนมวล 5 กรัม ให้มีความเร็ว 900 เมตร/วินาที ตามแนวระดับขณะกระทบถุงทรายมวล 1 กิโลกรัม ซึ่งแขวนไว้ด้วยเชือกตามแนวตั้ง ทันทีที่ลูกปืนทะลุผ่านถุงทราย พบว่าถุงทรายมีความเร็ว 4 เมตร/วินาที จงหาขนาดของความเร็วที่ลูกปืนออกจากถุงทราย

- ก. 400 m/s                      ข. 300 m/s                      ค. 200 m/s                      ง. 100 m/s

28. (Ent 43) มวล  $m$  และ  $2m$ แขวนกับเชือกน้ำหนักเบาที่ยาวเท่ากันดังรูปถ้าจับมวล  $m$  ให้สูงกว่ามวล  $2m$  เป็นระยะ  $h$  แล้วปล่อยให้ตกมากระทบกับมวล  $2m$  หลังจากกระทบกันแล้วมวล  $m$  หยุดนิ่ง จงคำนวณหาว่ามวล  $2m$  จะแกว่งขึ้นไปได้สูงจากตำแหน่งเดิมเท่าไร และการชนเป็นแบบยืดหยุ่นหรือไม่
- $h/2$  เป็นการชนแบบยืดหยุ่น
  - $h/2$  เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น
  - $h/4$  เป็นการชนแบบยืดหยุ่น
  - $h/4$  เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น



29. (Ent 43) ลูกบิลเลียด A วิ่งด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนกับลูกบิลเลียด B ที่อยู่นิ่งและมีมวลเท่ากับ A หลังจากชนกันแล้ว ลูกบิลเลียดทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากกันโดย A ทำมุม 37 องศากับแนวเดิม ดังรูป ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่นและไม่คิดผลจากการหมุนและความฝืดของพื้นกับลูกบิลเลียด อัตราเร็วของลูกบิลเลียดทั้งสองเป็นเท่าใด



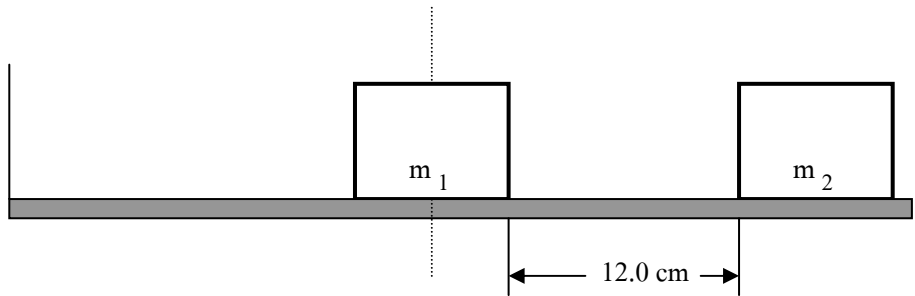
- $v_A = 4 \text{ m/s}$  ,  $v_B = 3 \text{ m/s}$
- $v_A = 3 \text{ m/s}$  ,  $v_B = 4 \text{ m/s}$
- $v_A = 8 \text{ m/s}$  ,  $v_B = 6 \text{ m/s}$
- $v_A = 6 \text{ m/s}$  ,  $v_B = 8 \text{ m/s}$

30. (Ent 44) ลูกบอลมีมวล 0.5 กิโลกรัม เข้าชนผนังในแนวตั้งฉากด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที และสะท้อนกลับในแนวตั้งฉากกับผนังด้วยอัตราเร็วเดิม ถ้าช่วงเวลาที่ลูกบอลกระทบผนังเท่ากับ  $5 \times 10^{-3}$  วินาที จงคำนวณหาแรงเฉลี่ยที่ผนังกระทำต่อลูกบอล

- $2 \times 10^3 \text{ N}$
- $2.5 \times 10^3 \text{ N}$
- $4 \times 10^3 \text{ N}$
- $5 \times 10^3 \text{ N}$

31. (Ent 44) จากรูปวัตถุมวล  $m_1$  และ  $m_2$  วางอยู่บนพื้นลื่น มวล  $m_1$  ยึดติดกับสปริงที่มีค่าคง 100 นิวตัน/เมตร ขอบด้านที่ใกล้กันอยู่ห่างกัน 12 เซนติเมตร คั้นมวล  $m_1$  เข้าไปจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้ออส่วเข้าชนมวล  $m_2$  จงหาความเร็วของมวล  $m_1$  ขณะที่เข้าชนมวล  $m_2$  ถ้ามวล  $m_1$  เท่ากับ 1 กิโลกรัม

- ก. 0.8 m/s
- ข. 1.6 m/s
- ค. 2.2 m/s
- ง. 3.2 m/s



32. (Ent 44) จากข้อ 31 ถ้ามวล  $m_1$  และ  $m_2$  เท่ากัน และการชนเป็นแบบยืดหยุ่น ภายหลังการชนมวล  $m_1$  จะเคลื่อนที่ด้วยแอมพลิจูดเท่าใด

- ก. 20 cm      ข. 16 cm      ค. 12 cm      ง. 8 cm

33. (Ent 44) โยนมวล  $M$  ขึ้นไปในแนวตั้ง ขณะอยู่ที่จุดสูงสุดซึ่งสูงจากพื้น 20 เมตร มวล  $M$  แตกออกเป็นสองเสี่ยง ก้อนหนึ่งมีมวล  $M/3$  เคลื่อนที่ในแนวระดับโดยมีอัตราเร็วเป็น 6 เมตร/วินาที จงหามวลอีกก้อนหนึ่งจะตกอยู่ห่างจากตำแหน่งที่โยนเป็นระยะทางเท่าใด

- ก. 4 m      ข. 5 m      ค. 6 m      ง. 7 m

34. (Ent 45) นาย ก มวล  $m_1$  และนาย ข มวล  $m_2$  ยืนนิ่งอยู่บนพื้นน้ำแข็งเรียบและลื่น ถ้านาย ก ผลักนาย ข ออกไปจนนาย ข มีอัตราเร็ว  $V_2$  เทียบกับพื้น นาย ก จะพบว่านาย ข เคลื่อนหนีด้วยความเร็วเท่าใดเทียบกับนาย ก เอง

- ก.  $\frac{m_2}{m_1} v_2$       ข.  $\frac{m_1}{m_2} v_2$       ค.  $\frac{m_1 + m_2}{m_1} v_2$       ง.  $\frac{m_1 + m_2}{m_2} v_2$

35. (Ent 45) ลูกปืนมวล 0.01 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 300 เมตร/วินาที ทะลุแผ่นไม้หนา 2 เซนติเมตร และออกจากแผ่นไม้ด้วยความเร็ว 200 เมตร/วินาที จงหาแรงที่ลูกปืนกระทำกับแผ่นไม้

- ก.  $2.5 \times 10^4$  N      ข.  $2.0 \times 10^4$  N      ค.  $1.25 \times 10^4$  N      ง.  $1.0 \times 10^4$  N

36. (Ent 46) หากปล่อยวัตถุมวล 50 กรัม จากตำแหน่งที่สูง 1.25 เมตร พบว่าลูกบอลกระทบพื้นแล้ว กระดอนขึ้นสูง 0.8 เมตร ในการกระทบพื้นโมเมนตัมของลูกบอลเปลี่ยนไปเท่าใด  
 ก. 0.45 kg.m/s      ข. 0.80 kg.m/s      ค. 0.90 kg.m/s      ง. 1.60 kg.m/s

37. (Ent 47) ขว้างลูกบอลยางมวล 240 กรัม ด้วยความเร็ว 3.5 เมตรต่อวินาที เข้ากระทบแผ่นโลหะ มวล 2 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบและลื่น พบว่าลูกบอลยางเข้ากระทบแผ่นโลหะโดยทำมุม 30 องศาับแนวตั้ง และสะท้อนกลับขึ้นไปในแนวตั้ง ถามว่าหลังการกระทบแผ่นโลหะจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใดในหน่วยเมตรต่อวินาที

