โมเมนตัม(momentum)

โมเมนตัม(momentum : P) คือ ผลคูณระหว่างระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ซึ่งเป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อให้ $\vec{p}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุ

m คือ มวลของวัตถุ

$\vec{v}$ คือ ความเร็วของวัตถุ

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศตามทิศของความเร็ว มีหน่วยเป็นกิโลกรัมเมตรต่อวินาที ในการทำให้วัตถุซึ่งกำลังเคลื่อนที่ให้หยุดนิ่งพบว่า วัตถุที่มีโมเมนตัมมากต้องออกแรงต้านมากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน ที่เรียกว่ากฎของความเฉื่อย สามารถเขียนในรูปโมเมนตัมได้ว่า โมเมนตัมของวัตถุคงตัวเสมอ นอกจากจะมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุนั้น

เมื่อวัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{u}$ มีแรงคงตัว $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนเป็น $\vec{v}$ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

$$\vec{F} = m\vec{a} \qquad \text{และ} \qquad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

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

$$\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ $\vec{F}$ คือ แรงลัพธ์ที่คงตัวที่กระทำต่อวัตถุมวล m

$m\vec{u}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุ**ก่อน**ออกแรงกระทำ

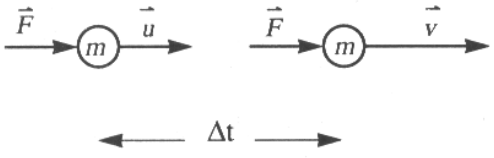
$m\vec{v}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุ**หลัง**ออกแรงกระทำ

$m\vec{v} - m\vec{u}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt

$\dfrac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปใน 1 หน่วยเวลา หรือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

การดล (Impulse) คือ การเปลี่ยนโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น kg. m/s หรือ N.s ถ้าให้ $\vec{F}$ เป็นแรงลัพธ์คงตัวที่กระทำกับวัตถุในช่วงเวลา Δt ผลคูณ $\vec{F}$ กับ Δt หรือ $\vec{F}\Delta t$ เรียกว่า การดล จากสมการ จะได้ว่า

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



รูปที่ 1 แรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนจาก $m\vec{u}$ เป็น $m\vec{v}$

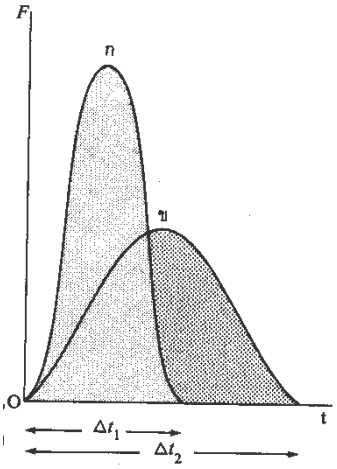
เมื่อมีแรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนจาก $m\vec{u}$ เป็น $m\vec{v}$ แสดงดังรูปที่ 1 ในกรณีที่วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมในแนวตรง การดลกับโมเมนตัมจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดย

ถ้าการดลเป็นบวก (+) หมายความว่า การดลนั้นจะเสริมการเคลื่อนที่ทำให้โมเมนตัมเพิ่มขึ้นในแนวเส้นตรง ($m\vec{v} > m\vec{u}$ หรือ $\vec{v} > \vec{u}$)

ถ้าการดลเป็นลบ (-) หมายความว่า การดลนั้นจะต้านการเคลื่อนที่ทำให้โมเมนตัมของวัตถุลดลงในแนวเส้นตรง ($m\vec{v} < m\vec{u}$ หรือ $\vec{v} < \vec{u}$)

แรงดล(Impulse Force) คือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม หรือ แรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัม ในช่วงเวลาสั้นๆ

ถ้าวัตถุชิ้นเดียวกันถูกทำให้เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แบบเดียวกัน แต่ใช้ช่วงเวลา แตกต่างกันแล้วจะเกิดแรงดลไม่เท่ากัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2

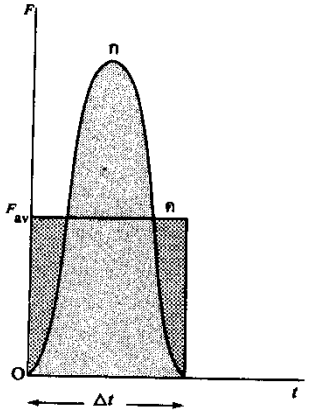


รูปที่ 2 กราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาในขณะที่วัตถุกระทบกัน

จากรูปจะเห็นว่า ถ้าใช้ช่วงเวลาสั้น (Δt_1) แล้วจะเกิดแรงดลมาก ถ้าใช้ช่วงเวลายาว (Δt_2) จะเกิดแรงดลน้อย

จากกราฟ ก ในรูปที่ 2 จะเห็นว่าขนาดของแรงกระทำต่อวัตถุไม่คงตัวในช่วงเวลาในการกระทบ แต่การคำนวณการดล ขนาดของแรง ที่ใช้จะต้องมีค่าคงตัวค่าหนึ่ง ซึ่งเมื่อเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงนี้กับเวลา จะได้ดังกราฟในรูปที่ 3 โดยพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 3 เท่ากับพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 2 ก ขนาดของแรง จากกราฟรูป 3 นี้เรียกว่า ขนาดของแรงเฉลี่ย ในช่วงเวลา Δt

กรณีที่แรงค่ามากกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น รถยนต์ชนกัน การตอกตะปูด้วยค้อน การตีลูกเทนนิส เป็นต้น แรงค่ามากที่กระทำในช่วงเวลาสั้นๆนี้เรียกว่า แรงดล ค่าแรงดลที่เราหาได้จึงถือว่าเป็นแรงดลเฉลี่ย



รูปที่ 3 การหาแรงเฉลี่ยจากการดล

แบบฝึกหัดเรื่องโมเมนตัมและการดล

1. นักรักบี้ A มีมวล 70 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 8 เมตร/วินาที นักรักบี้ B มีมวล 60 กิโลกรัม ต้องวิ่งด้วยความเร็วเท่าไรจึงจะมีโมเมนตัมเท่ากับนักรักบี้ A

วิธีทำ

2. ใช้ค้อนมวล 0.5 กิโลกรัม ตอกตะปู ในขณะที่ค้อนใกล้กระทบตะปูนั้นมีขนาดความเร็ว 8 เมตร/วินาที และหลังจากกระทบหัวตะปูแล้วค้อนสะท้อนกลับด้วยความเร็วเท่าเดิม ถ้าช่วงเวลาที่ค้อนกระทบหัวตะปูเป็น 1 มิลลิวินาที จงหาค่าการดลและแรงดลที่หัวตะปูกระทำต่อค้อน

วิธีทำ

3. ลูกบอลมีมวล 0.5 กิโลกรัม เข้าชนผนังในแนวตั้งฉากด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที และสะท้อนกลับในแนวตั้งฉากกับฝาผนังด้วยอัตราเร็วเดิม ถ้าช่วงเวลาที่ลูกบอลกระทบผนังเท่ากับ 5 x 10–3 วินาที จงคำนวณแรงเฉลี่ยผนังทำต่อลูกบอล

วิธีทำ

4. กระสุนปืนมวล 20 กรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 500 เมตรต่อวินาที เข้าไปในกระสอบทรายใช้เวลา 1.0 มิลลิวินาที กระสุนจึงหยุด ถ้าแรงต้านทานของทรายที่กระทำต่อกระสุนมีค่าคงตัวแรงต้านทานนี้มีค่าเท่าใด หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

วิธีทำ

5. ลูกฟุตบอลมวล 0.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ถ้าผู้รักษาประตูใช้มือรับลูกบอลให้หยุดนิ่ง ภายในเวลา 0.04 วินาที แรงเฉลี่ยที่มือกระทำต่อลูกบอลมีขนาดเท่าใด

วิธีทำ

6. รถคันหนึ่งเริ่มเบรกขณะมีความเร็ว 20 m/s ถ้ารถวิ่งบนถนนระดับราบที่มี ส.ป.ส. ของความเสียดทานเท่ากับ 0.50 รถต้องใช้เวลาเบรกนานเท่าไรจึงหยุด ใช้ g = 10 m/s2

วิธีทำ

7. กล่องใบหนึ่งอยู่บนรถ ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็ว 30 เมตร/วินที รถจะต้องเบรกจนหยุดนิ่งในเวลาน้อยที่สุดเท่าไร กล่องจึงจะไม่ไถลไปบนรถ ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกับรถเป็น 0.5

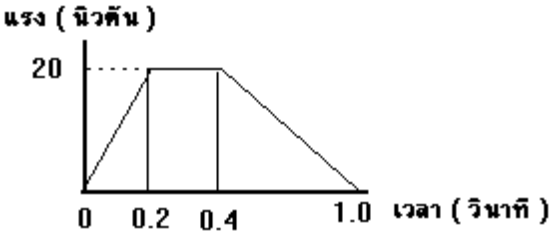
วิธีทำ

8. ปล่อยลูกบอลมวล 0.4 กิโลกรัม จากที่สูง 5 เมตร ตกลงในแนวดิ่ง กระทบพื้นนาน 0.02วินาที ปรากฏว่าลูกบอลกระดอนขึ้นสูง 3.2 เมตร จงหา

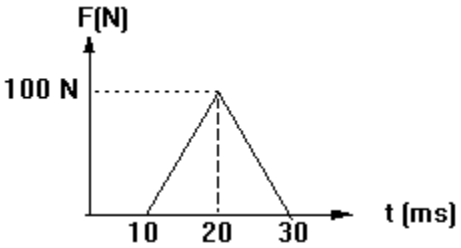
ก. การดลของลูกบอล ข. แรงดลที่กระทำต่อลูกบอล

9. แรงกระทำกับวัตถุหนึ่ง (ดังรูป)ในช่วงเวลาที่มีแรงกระทำนั้นจะทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมไปเท่าใด

วิธีทำ



10. ลูกบอลเคลื่อนที่ในแนวระดับ ชายคนหนึ่งใช้ไม้ตีลูกบอลนี้สวนออกมาในทิศตรงกันข้าม แรงที่กระทำต่อลูกบอลกับเวลาที่ลูกบอลกระทบไม้ตี เขียนแทนได้ด้วยกราฟนี้



ก. การดลมีค่าเท่าใด

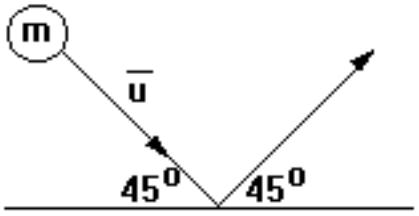
ข. ถ้าลูกบอลมีมวล 25 กรัม และเคลื่อนที่เข้าด้วยความเร็วต้น 25 m/s ลูกบอลจะมีความเร็วเท่าใดหลังจากถูกไม้ตี

วิธีทำ

11. นักกีฬาเตะลูกบอลมวล 200 กรัม อัดกำแพงแล้วลูกบอลสะท้อนสวนออกมาด้วยอัตราเร็ว 5 m/s ซึ่งเท่ากับอัตราเร็วเดิม ถ้าแรงที่กำแพงกระทำต่อลูกบอลเป็น 40 นิวตันลูกบอลกระทบกำแพงอยู่นานเท่าใด

12. จากรูปลูกเทนนิสมวล m ตกกระทบพื้น แล้วกระดอนขึ้นโดยมีขนาดของความเร็วคงที่ข้อใดคือโมเมนตัมของลูกเทนนิสที่เปลี่ยนไป

วิธีทำ



13. จากข้อที่ผ่านมา ถ้าเวลาที่ชนพื้นคือ 0.2 วินาที แรงดลมีค่าเท่าใด