**โมเมนตัม (Momentum)**

เป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า



โมเมนตัม = มวล x ความเร็ว

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวคเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็ว มีหน่วยเป็นกิโลกรัม-เมตร/วินาที (kg.m/s)

**การดลและแรงดล (Impulse and Impulsive Force)**

เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป ถ้าต้อง การให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลง  ขนาดของแรงที่มากระทำก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น ถ้า ปล่อยไข่ให้ตกลงบนฟองน้ำและให้ตกลงบนพื้นที่แข็ง จากที่ระดับความสูงเดียวกันซึ่งมีความสูงไม่มากนัก จะเห็นว่า ไข่ที่ตกลงบนพื้นที่แข็งจะแตก ส่วนไข่ที่ตกลงบนฟองน้ำจะไม่แตก แสดงว่าแรงที่กระทำกับไข่ที่ ตกลงพื้นที่แข็งจะมีค่ามากกว่าแรงที่กระทำกับไข่ที่ตกลงบนบนฟองน้ำ ถ้าคิดว่าไข่ทั้งสองมีมวลเท่ากันจะเห็น ว่า โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของไข่ทั้งสองใบจะเท่ากัน แต่ช่วงเวลาในการเปลี่ยนโมเมนตัมของไข่ทั้งสองต่างกัน กล่าวคือ ช่วงเวลาในการเปลี่ยนโมเมนตัมของไข่ที่ตกลงบนฟองน้ำมากกว่าแสดงว่า แรงที่กระทำกับวัตถุ นอกจากจะขึ้นกับ ช่วงเวลาที่แรงกระทำกับวัตถุเพื่อเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุอีกด้วย

 **แรงดล** (Impulsive Force) คือ แรงลัพธ์ ( ∑F ) ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ในช่วงเวลาสั้นๆ $\left(∆t\rightarrow 0\right)$ เช่น แรงที่ทำกับวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้แก่ การเคาะ การชน การตี

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

 $∑F = ma$………..(1)

 *และ* $v = u+a.∆t$

$a = \frac{v-u}{∆t}$………..(2)

 *นำ (*2*) แทนใน (*1*) จะได้* $∑F=m\left(\frac{v-u}{∆t}\right)$

*ดังนั้น* $∑F=\left(\frac{mv-mu}{∆t}\right)$

**การดล** คือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม เป็นปริมาณวกเตอร์ มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น kg.m/s หรือ N.s การดลที่อาจพบเห็นในชีวิตประจำวันได้แก่ ลูกกระสุนปืนวิ่งกระทบเป้า รถยนต์ชนกัน การตอกตะปูด้วยค้อน การตีลูกเทนนิสหรือลูกขนไก่ ลูกกระทบกันของลูกบิลเลียด

 พิจารณาแรง F กระทำกับมวล m ในเวลา t ดังนั้น มวล m เร่งความเร็วจาก u เป็น v

 จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

 $∑F = ma$………..(1)

 *และ* $v = u+a.∆t$

$a = \frac{v-u}{∆t}$………..(2)

 *นำ (*2*) แทนใน (*1*) จะได้* $∑F= m\left(\frac{v-u}{∆t}\right)$

*ดังนั้น* $∑F.∆t = mv-mu $

$∑F.∆t$ *เรียกว่า การดล* (Impulse) *หรือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม*

 *การดล เป็นปริมาณเวกเตอร์ จะสนใจทั้งขนาดและทิศทาง แสดงว่า เป็นได้ทั้งบวก และลบ*

ค่าของแรงลัพธ์คูณกับเวลา เราเรียกปริมาณนี้ว่า การดล มีหน่วยเป็น นิวตัน.วินาที หรือ กิโลกรัม.เมตร/วินาที ซึ่งก็เป็นปริมาณที่บอกถึงการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั่นเอง โดยอธิบายได้ว่า สำหรับการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุที่เท่ากัน ถ้าออกแรงมากเวลาที่ใช้ก็น้อย แต่ถ้าเวลาที่ใช้มากแรงที่ใช้ก็มีค่าน้อย ดังกราฟ

 “ถ้าวัตถุอันเดียวกันถูกทำให้เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แบบเดียวกันแต่ใช้ช่วงเวลา (∆t) แตกต่างกันแล้ว จะเกิดแรงดลไม่เท่ากัน

 F(N) Fมาก

 Fน้อย

 0 ∆t1 t (s)

 ∆t2

 1. ถ้าใช้ช่วงเวลาสั้นๆ (∆t1) แล้วจะเกิดแรงดลมาก

 เช่น ถ้าต้องการหยุดลูกบอลที่มีความเร็ว 10 m/s โดยการยื่นมือให้ลูกบอลชนตรงๆ แล้ว**ลูกบอลจะกระทบกับมือด้วยแรงที่มาก** เนื่องจากช่วงเวลาที่ใช้ทำให้ลูกบอลที่มีความเร็ว 10 m/s หยุดลงนั้นเป็นช่วงเวลาสั้นๆ (∆t1)

 2. ถ้าในช่วงเวลายาวๆ (∆t2) แล้วจะเกิดแรงดลน้อย

 เช่น ถ้าเราต้องการหยุดลูกบอลที่มีความเร็ว 10 m/s โดยการยื่นมือไปรับลูกบอลแล้วค่อย ๆ ดึงมือกลับจนกระทั่งลูกบอลหยุด (V = 0 m/s) แล้ว **ลูกบอลจะกระทบมือด้วยแรงน้อย** เนื่องจากช่วงเวลาที่ใช้ทำให้ลูกบอลที่มีความเร็ว 10 m/s หยุดลงนั้นเป็นช่วงเวลายาว (∆t2)

นอกจากนี้สำหรับการชนกันใน 1 มิติ มีลักษณะที่น่าสังเกตคือ

ก. ถ้ามวลทั้งสองเท่ากัน โดยมวลก้อนแรกเคลื่อนที่ ส่วนมวลก้อนที่สองหยุดนิ่ง ภายหลังการชน จะได้ว่า มวลก้อนแรกหยุดนิ่ง มวลก้อนที่สองจะกระเด็นไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วเท่ากับความเร็ววัตถุก้อนแรก ดังรูป



ข. ถ้ามวลไม่เท่ากัน แยกพิจารณาดังนี้

มวลก้อนใหญ่วิ่งไปชนมวลก้อนเล็ก ภายหลังการชน มวลก้อนใหญ่และมวลก้อนเล็กจะเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกัน แต่มวลก้อนใหญ่ มีความเร็วลดลง ดังรูป



มวลก้อนเล็กวิ่งไปชนมวลก้อนใหญ่ ภายหลังการชน มวลก้อนเล็กจะกระเด็นกลับ ส่วนมวลก้อนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับมวลก้อนแรกก่อนชน ดังรูป



สำหรับการชนกันใน 2 มิติ ภายหลังการชนกันมวลทั้งสองจะแยกออกจากกันไปคนละทิศทาง ถ้ามวลทั้งสองก้อนเท่ากัน (m1 = m2 = m) จะได้ว่ามุมที่แยกกันหลังการชนจะรวมกันเป็นมุมฉาก



การพิจารณาโมเมนตัมจะต้องคิดเป็นแกน ๆ ไป



สรุปได้ว่า ถ้ามวล m1 = m2 = m ภายหลังการชนกันจะแยกจากกันเป็นมุมฉาก

***ประเภทของการชน***

**1.การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic Collision) คือ การชนแบบไม่สูญเสียพลังงานจลน์เลย ซึ่งชนแล้วแยกกันไป คือ ไม่ติดกัน ดังนั้น การชนแบบนี้พลังงานจลน์ก่อนชนจะเท่ากับพลังงานจลน์หลังชนเสมอ เช่น โมเมนตัมของลูกตุ้ม**

**2.การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic Collision) คือ การชนแบบสูญเสียพลังงานจลน์ไปบางส่วน ซึ่งชนแล้วติดกันไป อาจกล่าวได้ว่า ผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนชน ย่อมมากกว่าพลังงานจลน์หลังชนเสมอ ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปบางส่วนนั้นอาจจะเปลี่ยนเป็น เสียง แสง เปลี่ยนรูปทรง เช่น กรณีของรถชนกัน หรือการชนกันของอนุภาคนิวตรอนกับอะตอมของธาตุ**

***ตัวอย่างโจทย์***

***1.*** *นักบินคนหนึ่งได้ทำการบินเชื่อมต่อกับเครื่องบินอีกลำหนึ่งเพื่อทำการเติมน้ำมันบนอากาศ เมื่อเชื่อมต่อกับเครื่องบินเสร็จแล้ว นักบินได้ยิงเครื่องขับดันไอพ่นซึ่งมีแรงดัน 2000 นิวตัน เพื่อปรับทิศทางอยู่นาน 10 วินาที ถ้าเครื่องบินลำแรกมีมวล 5000 กิโลกรัม และเครื่องบินลำที่สองมีมวล 7000 กิโลกรัม อัตราเร็วของเครื่องบินลำแรกและลำที่สอง จะเปลี่ยนไปในช่วงเวลาดังกล่าวกี่เมตร/วินาที*

***2.*** *รถยนต์มวล 700 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 เมตร/วินาที จะต้องใช้แรงขนาดเท่าใดจึงจะสามารถหยุดรถคันนี้ได้ในช่วงเวลา 10 x 10-3 วินาที*

***3.*** *ปล่อยลูกบอลมวล 0.5 กิโลกรัม จากระดับความสูงของตึก 5 เมตร หลังจากกระทบพื้นแล้ว ลูกบอลกระดอนขึ้นได้สูง 1.5 เมตร จงหาการดลที่ลูกบอลได้รับเมื่อกระทบพื้น (กิโลกรัม – เมตร/วินาที)*

4. ลูกบอลทรงกลม a และ b มีมวล 0.4 กิโลกรัม เท่ากัน โดยที่ลูก b วิ่งเข้าชนลูก a ซึ่งอยู่นิ่ง หลังชน ลูก a และ ลูก b กระเด็นทำมุม 30 และ 60 ตามลำดับ กับแนวการเคลื่อนที่ของลูก b ก่อนชน ถ้าอัตราเร็วหลังชนของลูก a เท่ากับ 3 เมตรต่อวินาที พลังงานจลน์ก่อนชนของลูก b มีค่าเท่าใด โดยในกรณีนี้กำหนดให้การเคลื่อนที่ของลูกบอลอยู่บนพื้นราบเกลี้ยง

5. รถยนต์ a มวล 1000 กิโลกรัม วิ่งจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ และรถยนต์ b มวล 1500 กิโลกรัม วิ่งจาทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก เมื่อรถทั้งสองชนกันจะไถลลื่นติดกันไปในทิศทางทำมุม 30 องศา กับแนวทิศตะวันออก ถ้ารถยนต์ a ขับด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาอัตราเร็วของรถยนต์ b

6. รถยนต์ 2 คัน แล่นเข้าหากันทำมุมกันเป็นมุมฉาก คันหนึ่งมีมวล 2000 kg แล่นด้วยความเร็ว 30 m/s ไปทางทิศตะวันออก และอีกคันหนึ่งมีมวล 3000 kg แล่นไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 20 m/s รถทั้งสองคันเข้าชนกันอย่างจังและแล่นติดไปด้วยกัน จงหาความเร็วของรถทั้งสองที่ติดกันหลังชน และมุมหลังจากการชนกันเป็นกี่องศา

2. การชนที่จุดศูนย์กลางของมวลที่เข้าชนไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกัน โดยวัตถุมีมวลเท่ากัน สมมุติให้ มวล *m1* มีความเร็ว *u1* พุ่งเข้าชนวัตถุอีกก้อนหนึ่งมวล *m2* ที่อยู่นิ่งไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลแบบยืดหยุ่นด้วยความเร็ว v1 และ v2

จากภาพจงพิสูจน์ว่า cos θ = 0

 v1

*u1* *u2 = 0* *α*

 *β*

 ก่อนชน หลังชน

v2