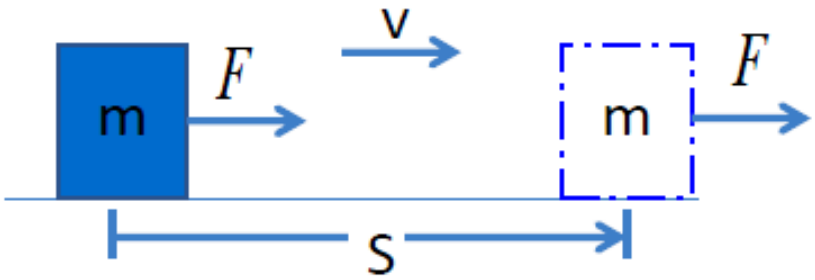
งาน พลังงาน และโมเมนตัม

สอนโดย อ.ดร.รูฮัยซา ดือราแม

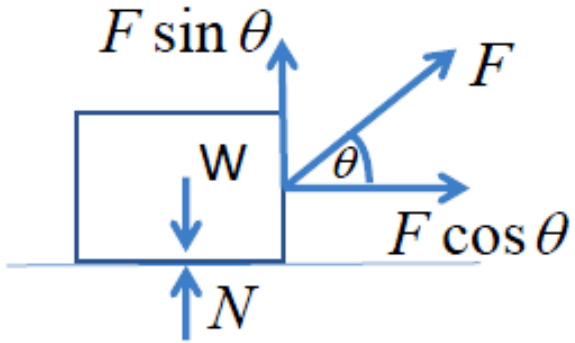
งาน

งาน (Work) คือ “ ผลการออกแรงกระทำต่อวัตถุหรืออนุภาคใดๆ แล้ววัตถุหรืออนุภาคนั้นเกิดการย้ายตำแหน่งหรือมีการขจัดในแนวเดียวกับแรงที่กระทำ” มีหน่วยเป็น N.m หรือจูล (J)



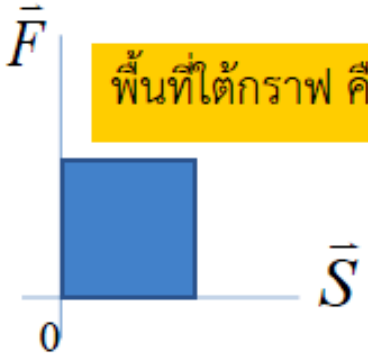
$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

F กับ s มีทิศเดียวกัน งานเป็น + “ได้งาน”

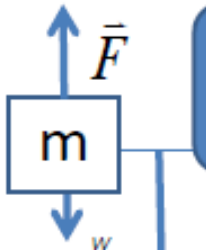


$$W = F\cos\theta \cdot S$$

$$dW = F \cdot dr = Fdr\cos\theta$$

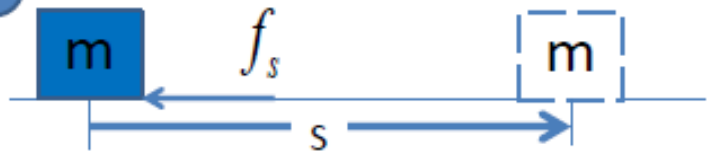


$$W = \int dW = \int_A^B F \cdot dr$$

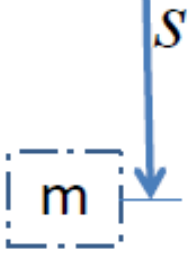


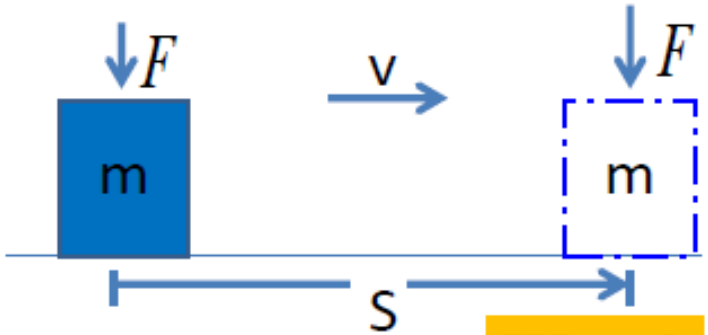
F กับ s มีทิศตรงข้าม งานเป็น -
"เสียงาน"

$$w = -\vec{f}_s \cdot \vec{S}$$



$$w = -\vec{F} \cdot \vec{S}$$





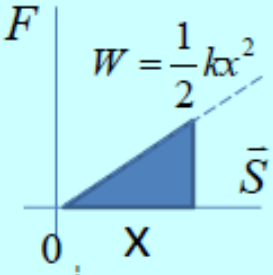
$$W = 0$$

F กับ s มีทิศตั้งฉากกัน งานเป็น 0
"ไม่เกิดงาน"

- แรงที่ขนาดไม่คงที่แต่ทิศคงที่ เช่นงานของการออกแรงดึงวัตถุติดสปริง $w = \left(\frac{F_1 + F_2}{2}\right)x$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} kx dx$$

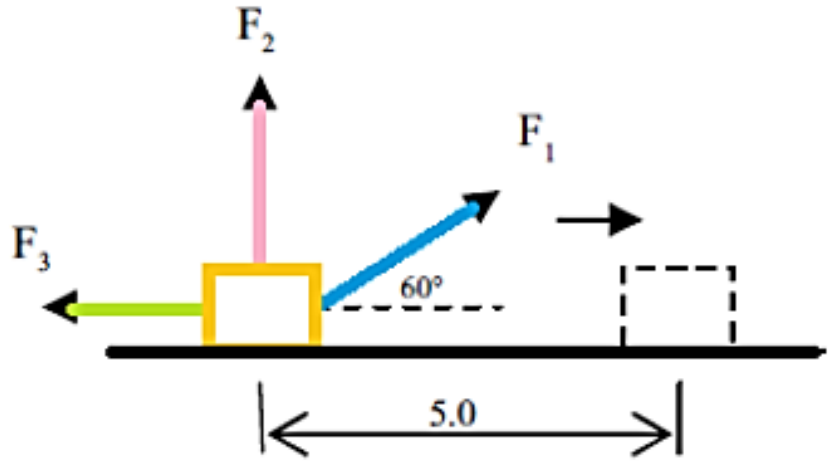
$$W = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2$$



- แรงที่ขนาดคงที่ แต่ทิศไม่คงที่ เช่น การเคลื่อนที่ของอนุภาคเป็นวงกลมด้วย ω คงที่
- งานรวมของวัตถุจะหาจากงานของแรงแต่ละแรงรวมกัน (คิดเครื่องหมาย +,-) หรือหาได้จากงานของแรงลัพธ์ $W=F_{ลัพธ์}S$

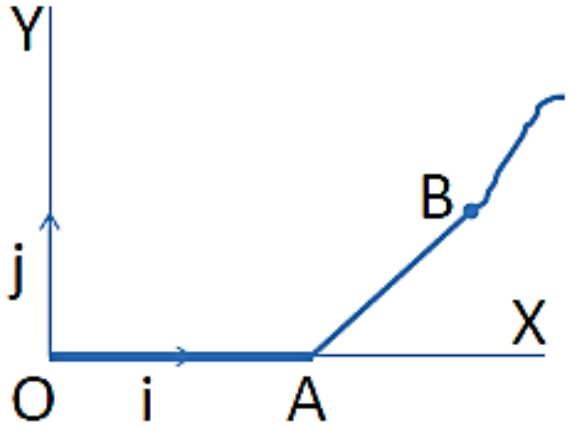
ตัวอย่าง ออกแรง 3 แรง กระทำกับวัตถุดังรูป ถ้า F1 = 20 N , F2 = 5 N และ F3 = 6 N ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ระยะทาง 5 m ในแนวระดับ จงหา

1) งานของแรง F1, F2 และ F3
2) งานรวมของแรงที่กระทำกับวัตถุ



ตัวอย่าง อดัมแบงถุงข้าวสาร 5 kg ไปยังเขาลูกหนึ่ง ซึ่งมีเชิงห่างออกไป 100 m แล้วจึงปีนขึ้นไปตามแนวลาดอีก 50 m ถ้าเขาลูกนั้นมีความชัน $\tan\theta = 3/4$ จงหางานของแรงที่อดัมแบกถุงข้าวสารทั้งหมด (OAB เป็นเส้นทางเดินและ $g = 9.8\ m/s^2$)

วิธีทำ คำแก้วออกแรงคงที่ แต่ออกแรงต้านแรงโน้มถ่วง $F = -F_g = mgj$



$$W = F.(r_B - r_O) = F.(r_B - r_A) + F(r_A - r_O)$$

$$W = mgj.(r_B - r_A)$$

$$W = mgj.(x_B i + y_B j + z_B k - x_A i - y_A j - z_A k)$$

$$W = mgy_B - mgy_A$$

$$W = mg(y_B - y_A)$$

ซึ่ง $m = 5kg, y_A = 0m, y_B = 50\sin\theta = 30m$

$$W = 5(9.8)30 = 1{,}470J$$

กำลัง

กำลัง (Power) คือ “ อัตราการทำงาน หรืองานที่ทำได้ใน 1 หน่วยเวลา ”
มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที (J/s) หรือ วัตต์ (W)

ให้ P เป็นกำลังในขณะใดขณะหนึ่งหรือกำลังบัดดล

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{F.dr}{dt} = F.\frac{dr}{dt}$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv\cos\theta$$

$$P_{av} = \frac{W}{t} = \vec{F} \cdot \vec{v}_{av}$$

$$W = P_{av}t \qquad (kW.h)$$

1 กำลังม้า (HP) = 746 วัตต์

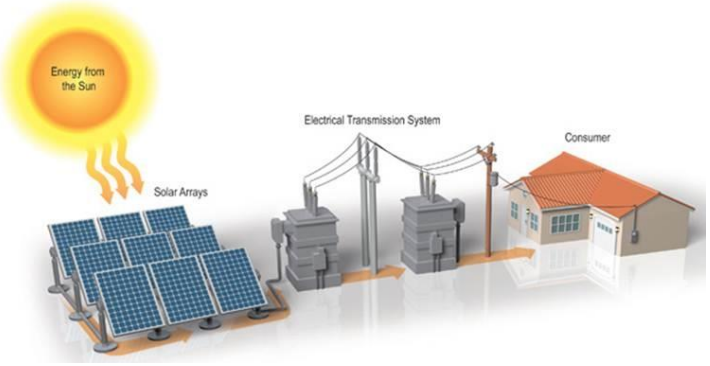
1kW.h หมายถึงปริมาณงานที่ได้จากเครื่องกลใดๆซึ่งมีกำลังเฉลี่ย 1kW ทำงานในเวลา 1h

ตัวอย่าง ชายคนหนึ่งมีมวล 72.4 kg เดินขึ้นบันไดสูง 14 m ในเวลา 25.2 s จงหากำลังของชายคนนี้ ($g = 9.8\ m/s^2$)

พลังงาน (energy)

พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงานได้ของวัตถุหรือสสารต่างๆ พลังงานสามารถทำให้สสารเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ทำให้สสารร้อนขึ้น เกิดการเคลื่อนที่ เปลี่ยนสถานะเป็นต้น

- พลังงานที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวันมีหลายรูปแบบ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสง พลังงานเคมี พลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น



หน่วยของพลังงาน พลังงานมีหน่วยเป็นจูล (J)

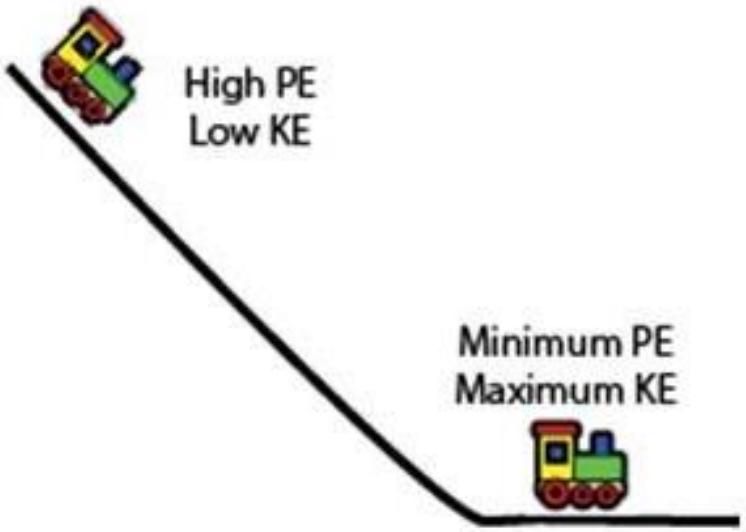
กิจกรรมที่ 1

ให้นักศึกษายกตัวอย่างพร้อมอธิบายรูปแบบพลังงานต่อไปนี้

- พลังงานกล
- พลังงานความร้อน
- พลังงานไฟฟ้า
- พลังงานแสง
- พลังงานเคมี
- พลังงานนิวเคลียร์

พลังงานกล

พลังงานกลเป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่โดยตรง เช่น ก้อนหินที่อยู่บนยอดเนินจะมีพลังงานศักย์กล (Potential mechanical energy) อยู่จำนวนหนึ่ง ขณะที่ก้อนหินกลิ้งลงมาตามทางลาดของเนิน พลังงานศักย์จะลดลง และเกิดพลังงานจลน์กล (Kinetic mechanical energy) ขึ้นแทน สิ่งมีชีวิตอาศัยพลังงานรูปนี้ในการทำงานที่ต้องมีการ เคลื่อนไหวเป็นประจำ เช่น การเดิน การขยับแขนขา การหยิบวัตถุ เป็นต้น

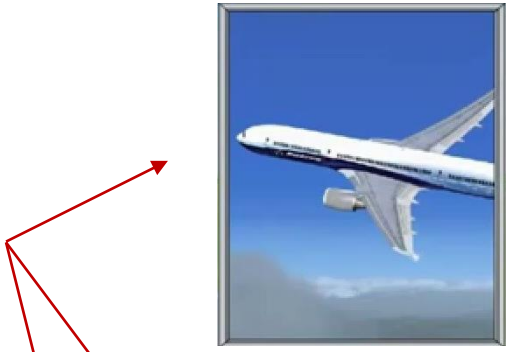


- พลังงานจลน์
- พลังงานศักย์

➢ พลังงานจลน์

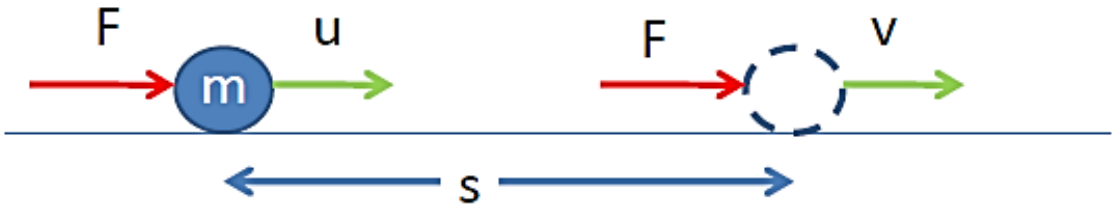
พลังงานจลน์ (kinetic energy: Ek)

คือ เป็นพลังงานที่สะสมขณะที่วัตถุเคลื่อนที่



การคำนวณพลังงานจลน์ใช้สูตรดังนี้

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$



เมื่อออกแรง F ดึงวัตถุมวล m เคลื่อนที่ได้ ระยะทาง s

แบบฝึกหัดที่ 1

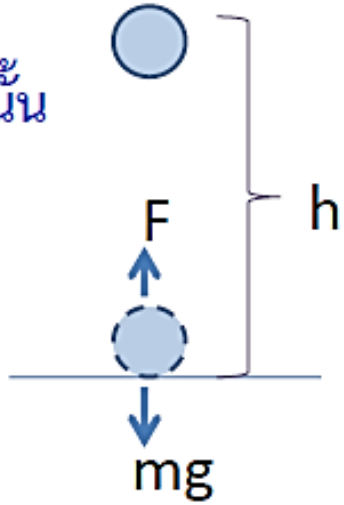
ข้อ 1 จงหาพลังงานจลน์ของวัตถุมวล 400 กรัมที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที

ข้อ 2 รถยนต์คันหนึ่งมวล 1,500 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาพลังงานจลน์ของรถยนต์

ข้อ 3 กล่องมวล 6.0 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นซึ่งไร้แรงเสียดทาน เมื่อกล่องถูกแรงขนาดคงที่ 12 นิวตันดึงให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบ จงหาพลังงานจลน์ของกล่อง เมื่อกล่องเคลื่อนที่ได้ 3 เมตร

พลังงาน

- พลังงานศักย์ (E_p) ในการออกแรงเคลื่อนย้ายวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เช่น ยกวัตถุขึ้นที่สูง หรือยืดสปริงให้ยาวขึ้น เราต้องทำงานหรือใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง พลังงานนี้ไม่ได้สูญหายไปไหน แต่ถูกเก็บไว้ในรูปของพลังงานศักย์ เมื่อปล่อยมือวัตถุจะตก หรือสปริงจะคืนตัว แสดงว่าพลังงานศักย์ถูกปล่อยออกมาในรูปของการทำงาน
- พลังงานที่ได้ เป็นฟังก์ชันกับระยะทางตามแกน y เท่านั้น ไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่



วัตถุตกด้วยแรงโน้มถ่วง

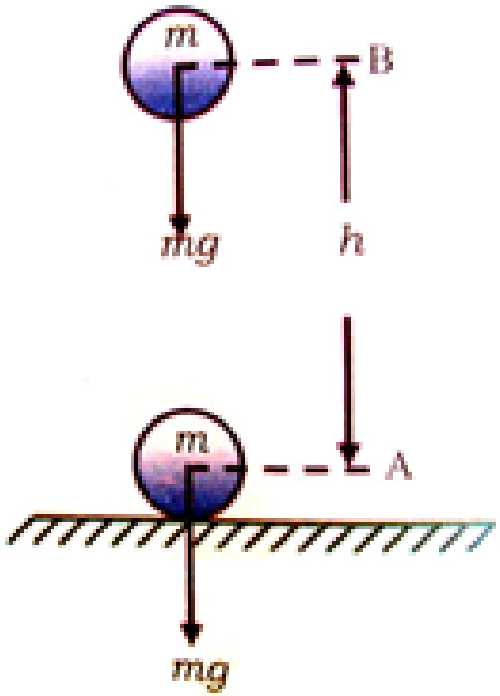
➢ พลังงานศักย์

$$Ep = mgh$$

เมื่อ m แทน มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

g แทน ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h แทน ระยะหรือความสูงจากระดับอ้างอิง มีหน่วยเป็นเมตร



Ep = mgh

- สูงกว่าระดับอ้างอิงเป็นบวก
- อยู่ที่ระดับอ้างอิงเป็นศูนย์
- ต่ำกว่าระดับอ้างอิงเป็นลบ

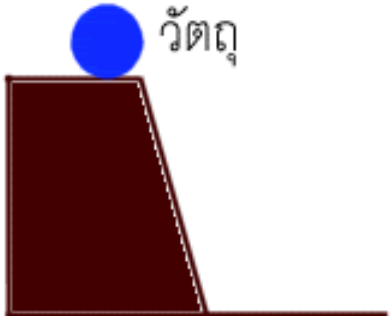
➢พลังงานศักย์

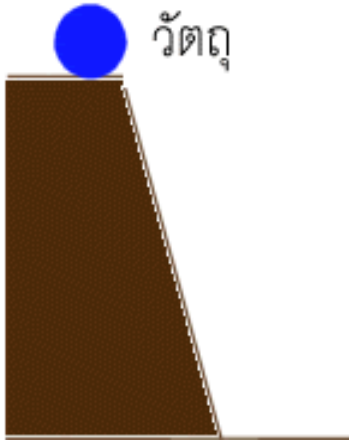
พลังงานศักย์ (potential energy: Ep)

คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุหรือสสารที่หยุดนิ่งอยู่กับที่ยังไม่เกิดการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุอยู่บนพื้นที่สูงจากระดับพื้นดินขึ้นไป พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุนี้จะเกิดจากแรงดึงดูดของโลกจึงเรียกว่า ***"พลังงานศักย์โน้มถ่วง"***

การคำนวณพลังงานจลน์ใช้สูตรดังนี้

$$Ep = mgh$$





ตัวอย่างที่ 4 ลิฟท์ขนสินค้าตัวหนึ่งบรรทุกสินค้ามีน้ำหนักรวม 1,500 กิโลกรัม เคลื่อนที่จากชั้นล่างขึ้นไปชั้นที่ 7 ซึ่งสูงจากพื้น 28 เมตร จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่าใด

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น(Elastic Potential Energy)

คือ พลังงานศักย์ของสปริงขณะที่ยืดออก หรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล เขียนแทนด้วย

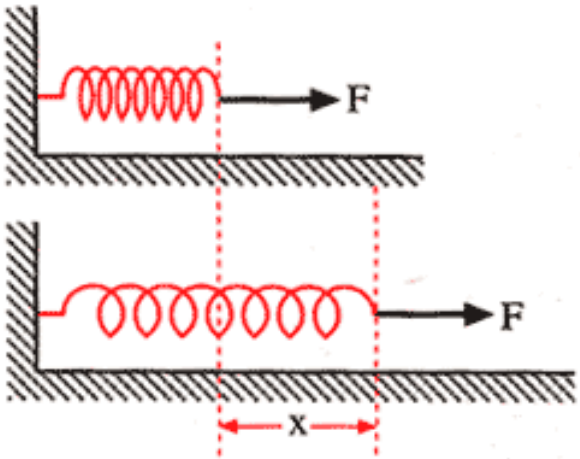
$$E_p = \frac{1}{2}Fx$$

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากจุดสมดุล มีหน่วยเป็นเมตร (m)

k คือ ค่านิจสปริง มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร (N/m)

โดยที่ $k = \frac{F}{x}$



แนวสมดุล

แบบฝึกหัดที่ 2

ข้อ 1 ออกแรงดึงขนาด 100 นิวตัน ดึงสปริงให้ยืดออก 30 เซนติเมตร จงคำนวณหาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง

ข้อ 2 สปริงอันหนึ่งมีค่าคงที่ของสปริง 25 นิวตัน/เมตร เมื่อสปริงยืด 50 เซนติเมตร จะมีค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่าใด

ข้อ 3 รถยนต์คนนั่ง 4 คน โดยนั่งข้างหน้า 2 คน และข้างหลัง 2 คน แต่ละคนมีมวล 80 กิโลกรัม สปริงที่โช้คอัพทั้ง 4 ตัวถูกกดลงเป็นระยะ 3 เซนติเมตร อยากทราบว่าค่าคงตัวของสปริงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นในสปริงแต่ละตัวมีค่าเท่าไร

โมเมนตัม (Momentum)

- แรงสามารถทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งเคลื่อนที่ หรือทำให้วัตถุเคลื่อนที่หยุดนิ่งได้ การเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยแรงนี้ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ

  จาก $$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = d\left(\frac{m\vec{v}}{dt}\right)$$

- ผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วของวัตถุ เรียกว่า โมเมนตัม $\vec{P}$

ซึ่งเป็นปริมาณที่กำหนดสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีหน่วยเป็น (kg.m/s) มีทิศเดียวกับความเร็ว $\vec{v}$

นั้นคือ $\vec{P} = m\vec{v}$ มีความเร็วมีโมเมนตัม และมีโมเมนตัมก็จะมีพลังงานจลน์

$$E_k = \frac{P^2}{2m}$$

การดล (Impulse)

- ในระบบแกนฉาก 3 มิติ เขียนองค์ประกอบของโมเมนตัมได้

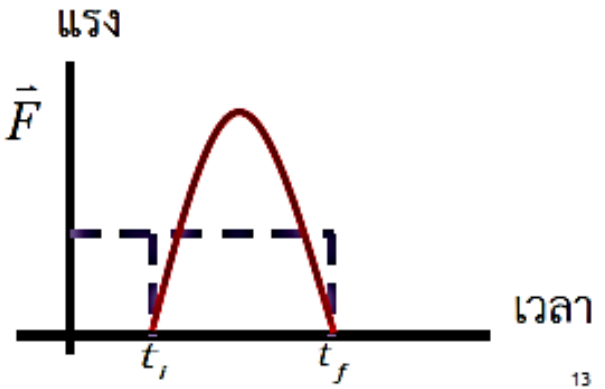
$$P_x = mv_x, P_y = mv_y, P_z = mv_z$$

$$\sum \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{dP}{dt}$$

- จะได้ว่าแรงในกฎข้อที่สองของนิวตัน คือ "อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ" การดล $\vec{I}$ มีค่าเท่ากับการเปลี่ยนโมเมนตัม มีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำ หน่วย kg.m/s หรือ N.s
- แรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนโมเมนตัมในช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่า "แรงดล" ซึ่งเป็น แรงเฉลี่ย

$$\vec{F} = \frac{\vec{P}_f - \vec{P}_i}{\Delta t} = \frac{m\vec{v}_f - m\vec{v}_i}{\Delta t}$$

$$\vec{I} = \sum \vec{F}.t = \Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$$



ตัวอย่าง แรง F กระทำต่อวัตถุมวล 50 kg นาน 2.0 s เดิมวัตถุอยู่นิ่ง เมื่อถูกแรงนี้กระทำจึงมีความเร็ว 0.50 m/s จงหาแรงดลและความดล(การดล)บนวัตถุนี้

แรงดล F=ma

หา a จาก $v = u+at$

$0.50 = 0+a(2.0)$

$a = 0.25\ m/s^2$

จะได้ แรงดล $F = ma = 50(0.25) = 12.5\ N$ #

ความดล(การดล) $I = Ft = 12.5(2.0) = 25\ N.s$ #

การอนุรักษ์โมเมนตัม

ตัวอย่าง วัตถุมวล 1 kg วิ่งด้วยความเร็ว 10 m/s เข้าชนวัตถุมวล 2 kg ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางเดียวกัน ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่น จงหาความเร็วของวัตถุทั้งสองหลังการชน

การอนุรักษ์โมเมนตัม

ตัวอย่าง มวล m_1 = 2 kg วิ่งด้วยความเร็ว 12 m/s เข้าชนมวล m_2 = 4 kg ซึ่งอยู่นิ่ง หลังการชนกันแล้วมวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดไปด้วยกัน อยากทราบว่าพลังงานจลน์ของระบบเปลี่ยนไปเท่าใด และเป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่