แรงและการเคลื่อนที่

อ.วรุตม์ คุณสุทธิ์

กลุ่มวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

กลศาสตร์ (Mechanics)

กลศาสตร์ (Mechanics) เป็นวิชาที่เก่าแก่ที่สุดวิชาหนึ่งที่อธิบายถึง **สภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่ออยู่ภายใต้การกระทำของแรง** ตั้งแต่วัตถุที่มีขนาดเล็ก เช่น อิเล็กตรอน ไปจนถึงวัตถุที่มีขนาดใหญ่ เช่น กาแล็กซี กลศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็นส่วนตามสิ่งที่พิจารณา ได้แก่

จลนศาสตร์ (Kinematics) คือการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยไม่สนใจสาเหตุของการเคลื่อนที่ เช่น วัตถุนั้นเคลื่อนที่อย่างไร อยู่ตำแหน่งใด เร็วเท่าไร

พลศาสตร์ (Dynamics) คือการศึกษาสาเหตุของการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ เช่น มวล แรง โมเมนตัม

Topics

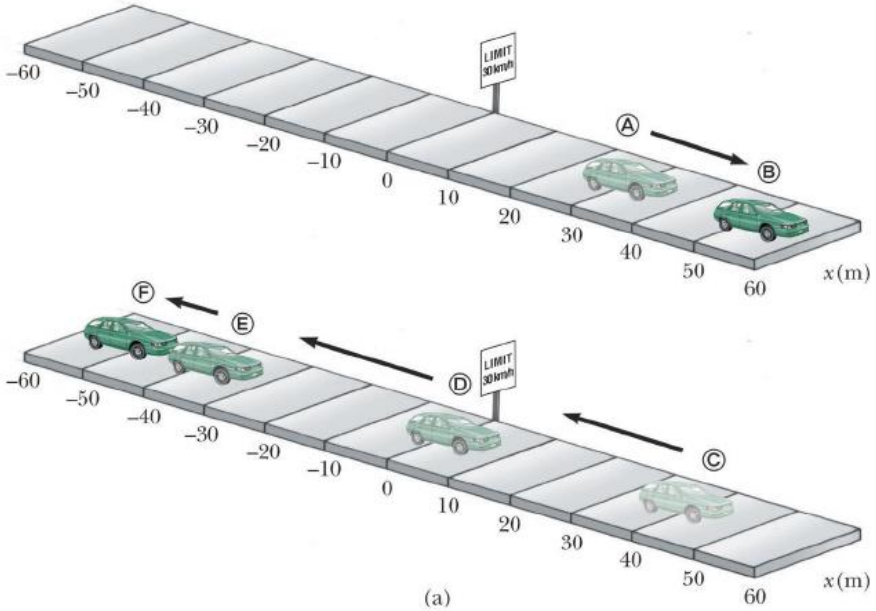
- การเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ (Motion in One Dimension)
  - การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
  - การตกอิสระ
- แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Force and the Law of Motion)
  - แรง
  - กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
  - การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ

- ตำแหน่ง (position, x) : ที่อยู่ของอนุภาคเมื่อเทียบกับจุดเริ่มต้น (จุดเทียบ) ณ ขณะเวลาหนึ่งๆ
- การกระจัด (displacement) : การเปลี่ยนตำแหน่ง $\Delta x = x_f - x_i$ (สามารถที่จะมีค่าเป็น บวก ศูนย์ หรือ ลบ ก็ได้)
- ระยะทาง (distance) : เป็นระยะทั้งหมดของการเคลื่อนที่ (เป็น**บวก**เท่านั้น)
- เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่ง : การเปลี่ยนของเวลา $\Delta t = t_f - t_i$

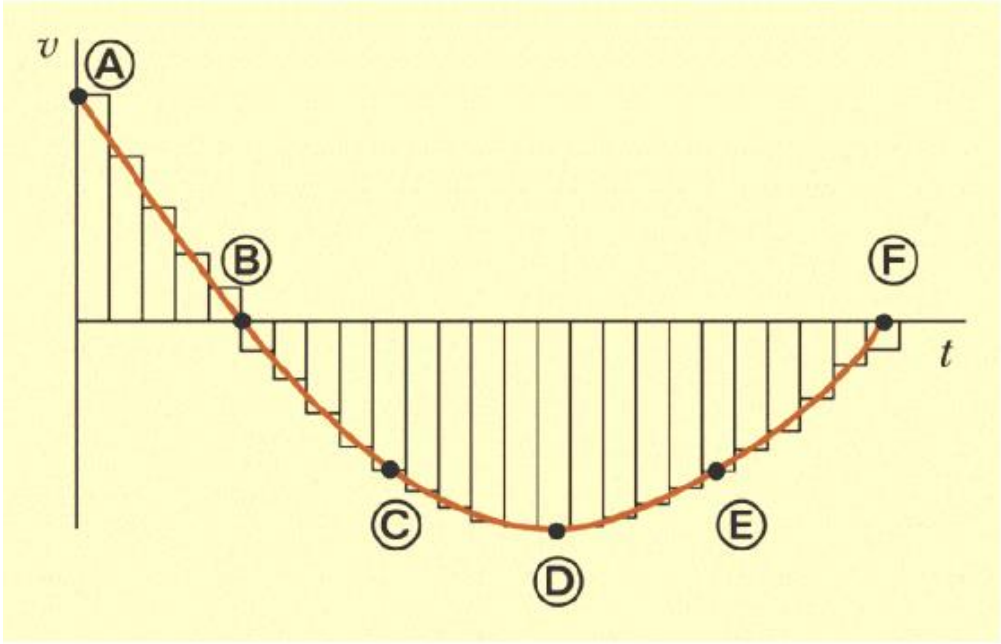
การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ

- กราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง ตำแหน่ง (x) กับ เวลา (t)



Positions of the Car at Various Times

Position	t (s)	x (m)
Ⓐ	0	30
Ⓑ	10	52
Ⓒ	20	38
Ⓓ	30	0
Ⓔ	40	−37
Ⓕ	50	−53



อัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ย

- อัตราเร็วเฉลี่ย (average speed) คือ ระยะทางทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลา Δt

$$s_{av} = \frac{d}{\Delta t}$$

- ความเร็วเฉลี่ย (average velocity) คือ อัตราส่วนของการกระจัดต่อช่วงเวลาที่ใช้ เป็นปริมาณเวกเตอร์

$$\vec{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

Position	t(s)	x(m)
Ⓐ	0	30
Ⓑ	10	52
Ⓒ	20	38
Ⓓ	30	0
Ⓔ	40	−37
Ⓕ	50	−53

ตัวอย่าง: หา อัตราเร็วเฉลี่ย และ ความเร็วเฉลี่ย ของการเคลื่อนที่ระหว่างเวลา t = 0 s และ 20 s

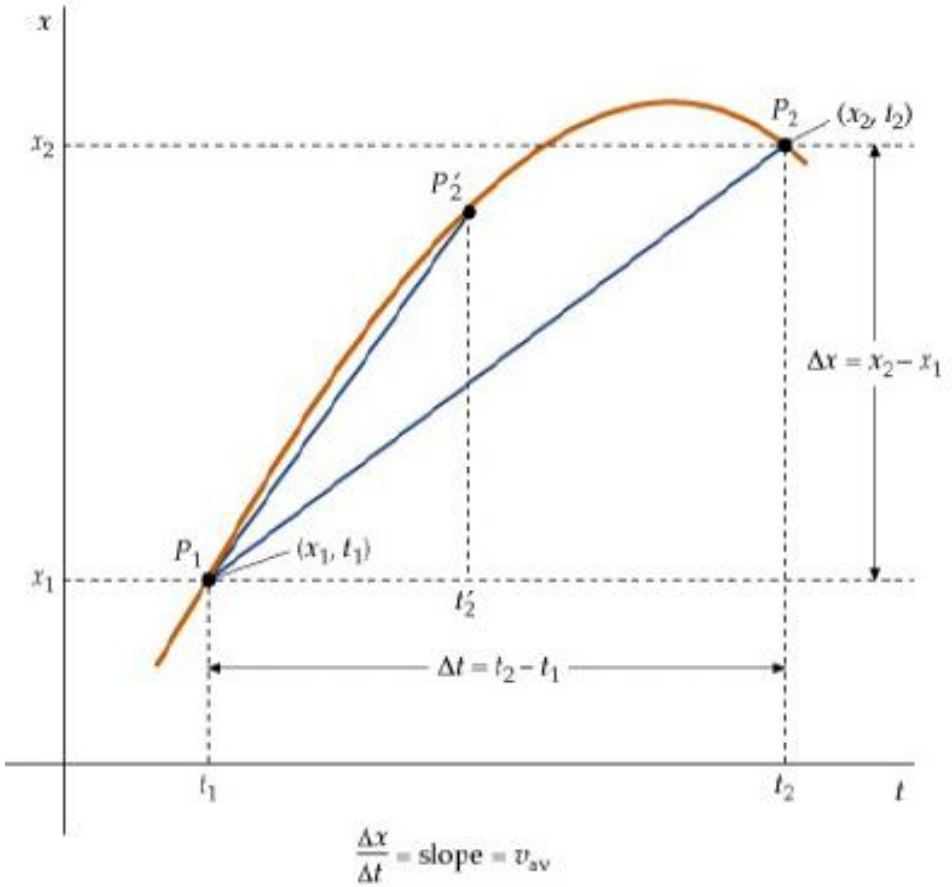
$$s_{av} = \frac{d}{t} = \frac{22m + 14m}{20s} = 1.8\,m/s$$

$$\bar{v}_x = \frac{x_f - x_i}{\Delta t} = \frac{38m - 30m}{20s - 0s} = 0.4\,m/s$$

ความเร็วเฉลี่ย (average velocity)

- ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับค่าความชันของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้ายที่พิจารณา

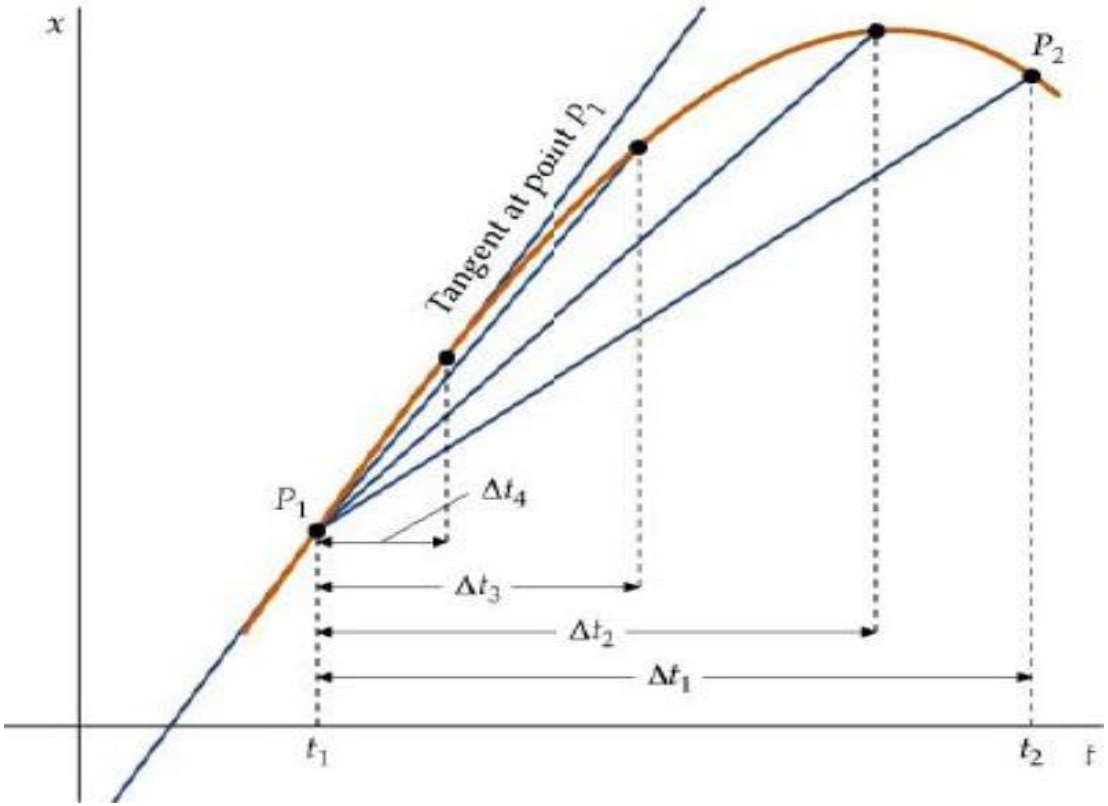
$$\vec{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous velocity)

- ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous velocity) คือ ความเร็วเฉลี่ยที่พิจารณาในช่วงเวลาสั้นมากๆ

$$v_x = \lim_{t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$



ความเร่ง (Acceleration)

- ความเร่ง คือ การวัดความเปลี่ยนแปลงของความเร็วเกิดขึ้นเท่าไร
- มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที ต่อวินาที (m/s^2)

$$\vec{a}_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$$

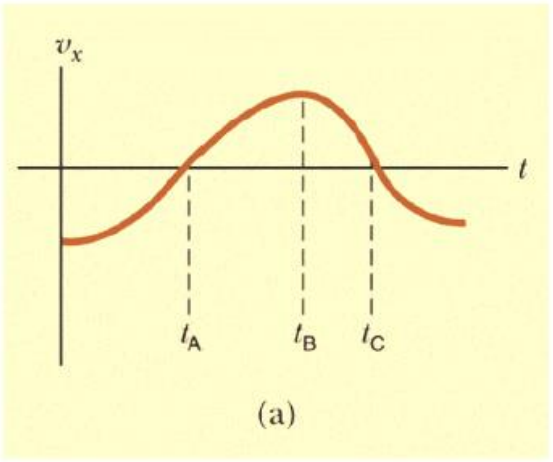
- ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous acceleration)

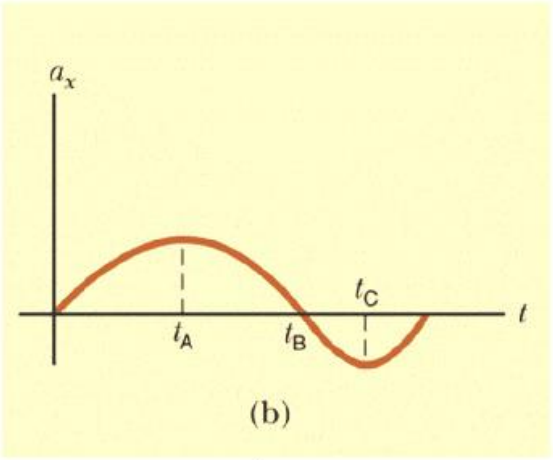
$$a_x = \lim_{t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt}$$

ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง (instantaneous acceleration)

- ความเร่งคืออนุพันธ์อันดับที่สองของตำแหน่งเมื่อเทียบเวลา

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d^2x}{dt}$$





การเชื่อมโยงระหว่างกราฟ

(a)กราฟ ระหว่าง ตำแหน่ง และ เวลา

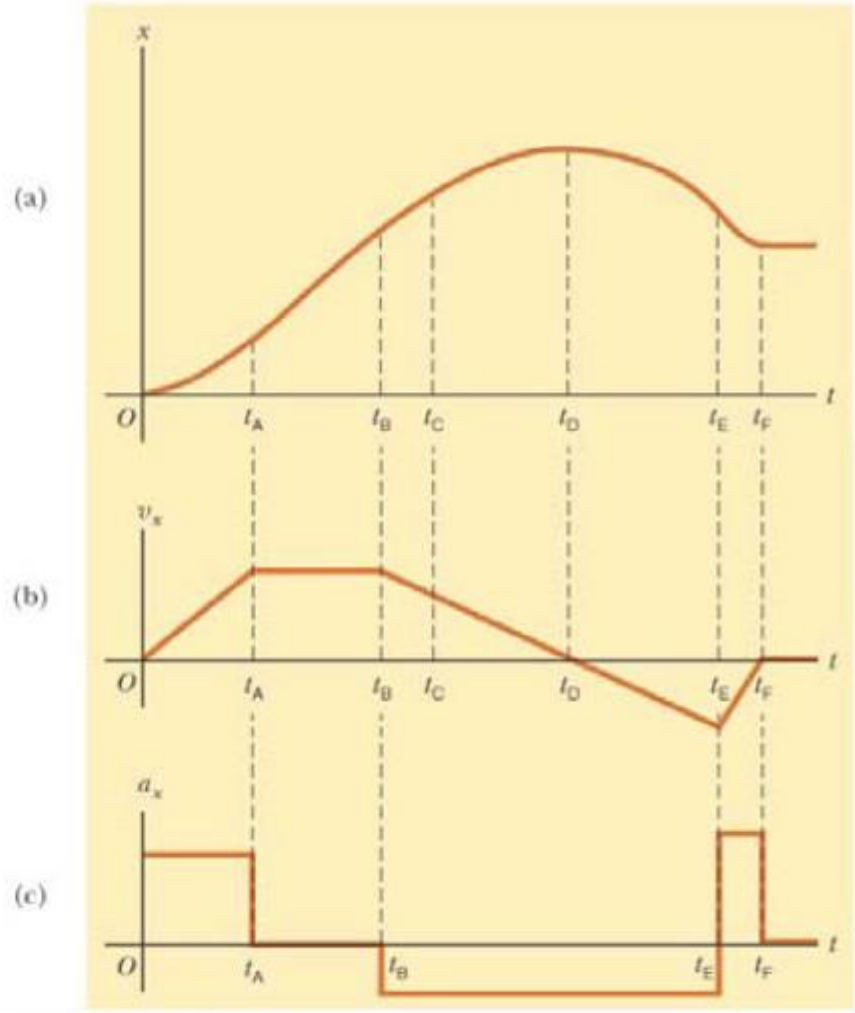
$$x = x(t)$$

(b)กราฟระหว่างความเร็ว และ เวลา

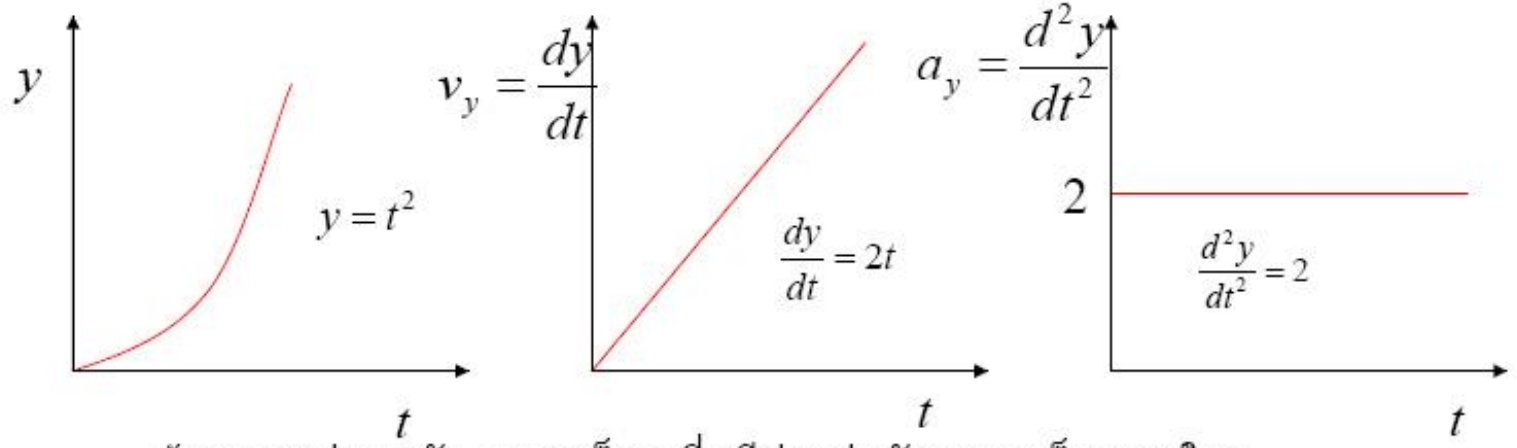
$$v_x = \frac{dx}{dt}$$

(c)กราฟระหว่างความเร่ง และ เวลา

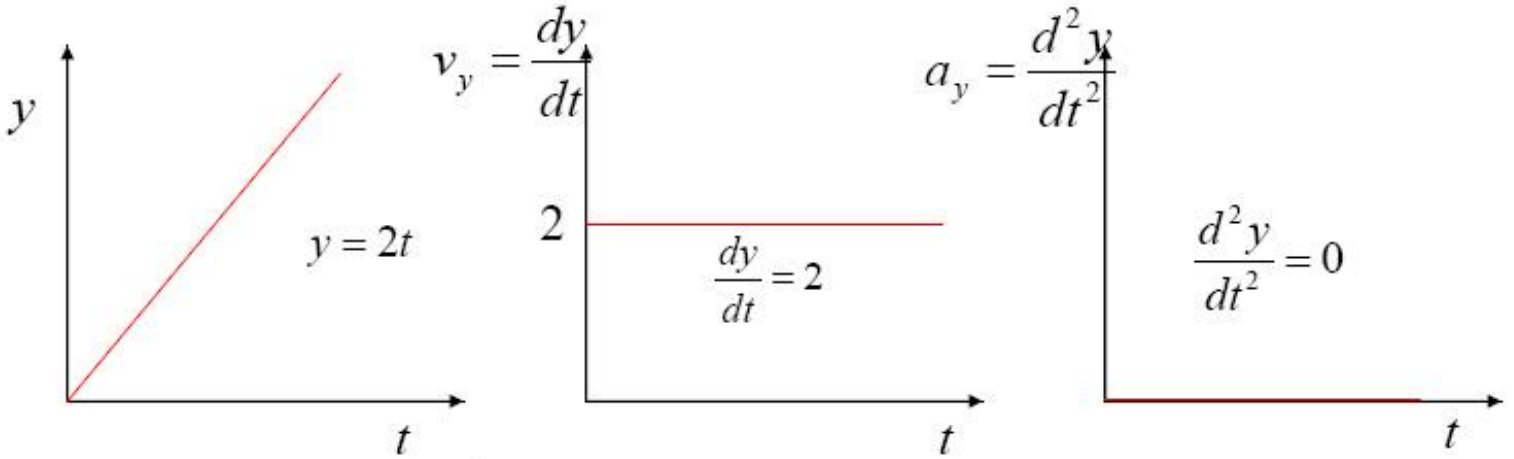
$$a_x = \frac{dv_x}{dt}$$



การเชื่อมโยงระหว่างกราฟ



ถ้าความเร่งคงตัว ความเร็วเฉลี่ยมีค่าเท่ากับความเร็วขณะใดๆ

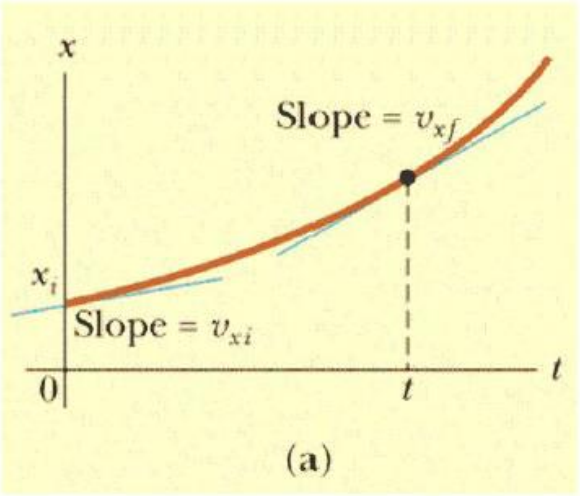


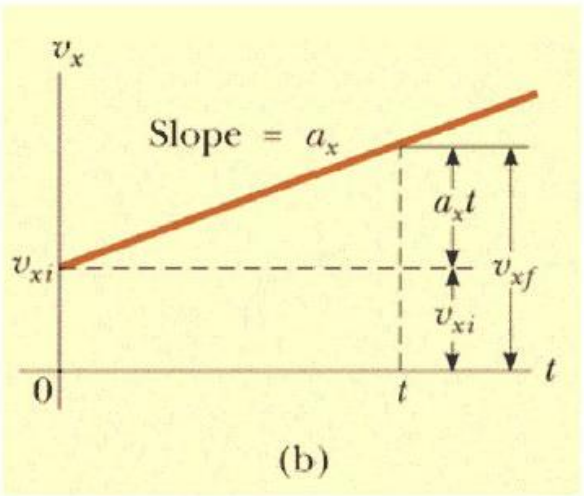
ถ้าความเร็วมีค่าคงตัว ระยะทางเท่ากับการกระจัด

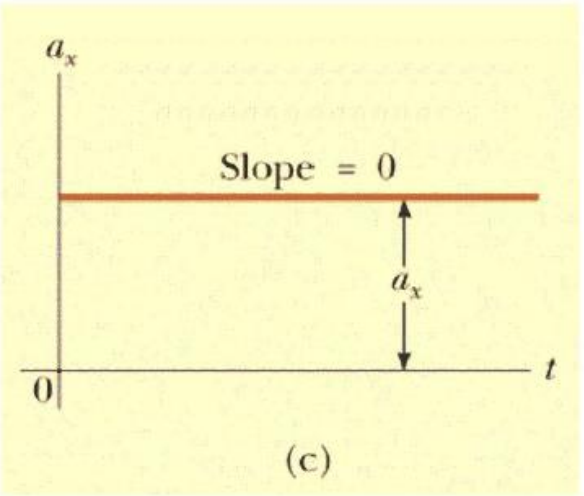
การเคลื่อนที่กรณีที่มีความเร่งคงที่

- ถ้าเราแทน $\vec{a}_x$ เป็นค่าคงที่ a_x จะได้ $a_x = \dfrac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i}$
- ให้ t_i เป็น 0 และ t_f เป็นเวลาใดๆ (t) $a_x = \dfrac{v_{xf} - v_{xi}}{t}$
- จะได้

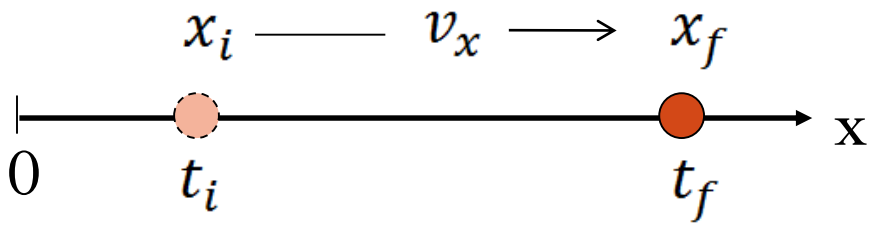
$$v_{xf} = v_{xi} + a_x t \quad \text{(เมื่อ } \vec{a}_x \text{ เป็นค่าคงที่)}$$







การเคลื่อนที่กรณีที่มีความเร่งคงที่



จาก $x_f = v_x t \quad (v_x = \text{ความเร็วเฉลี่ย})$

$$v_x = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})$$

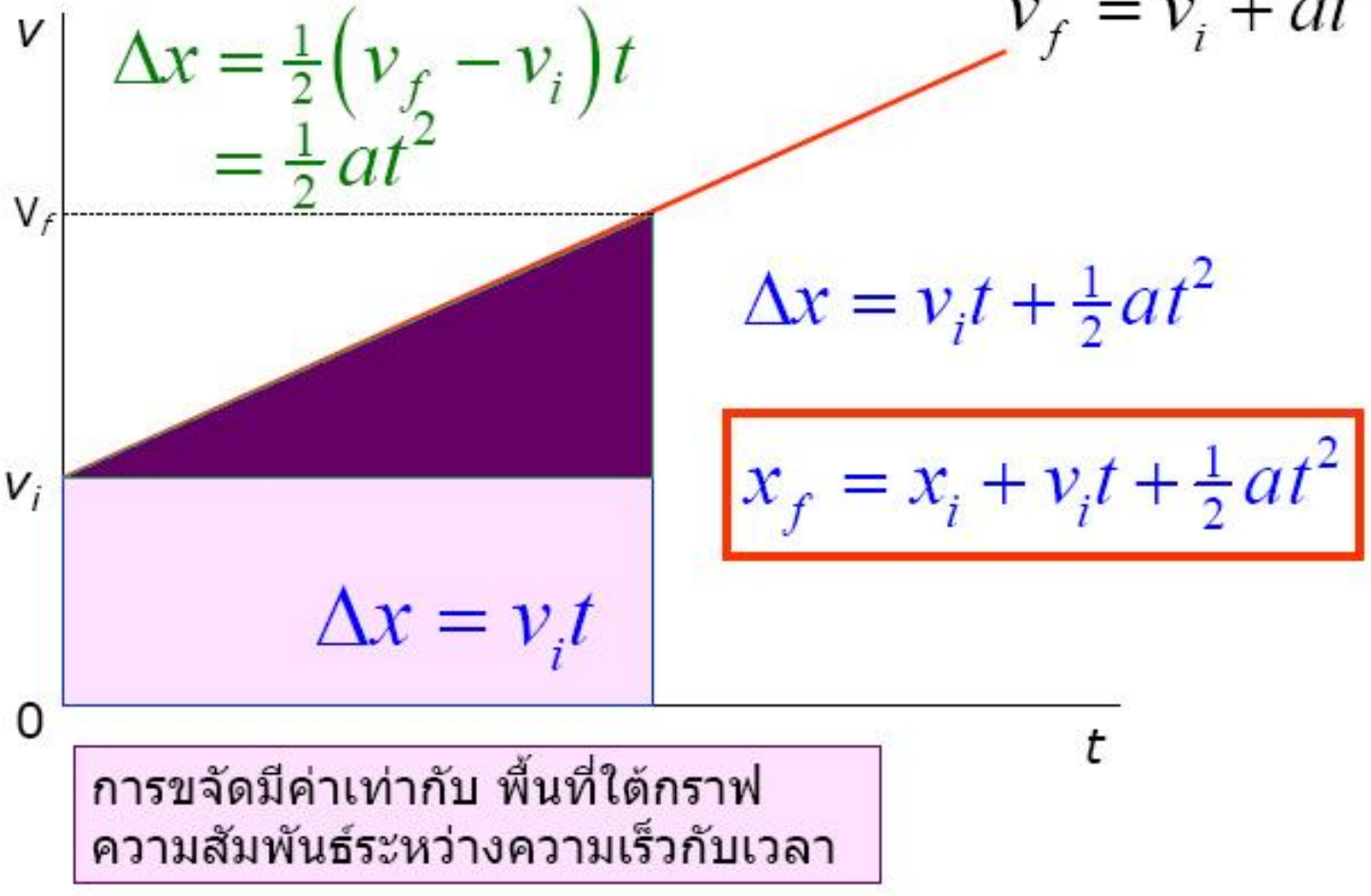
$$(x_f - x_i) = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$$

$$(x_f - x_i) = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xi} + a_x t)t$$

$$(x_f - x_i) = \frac{1}{2}v_{xi}t + \frac{1}{2}v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

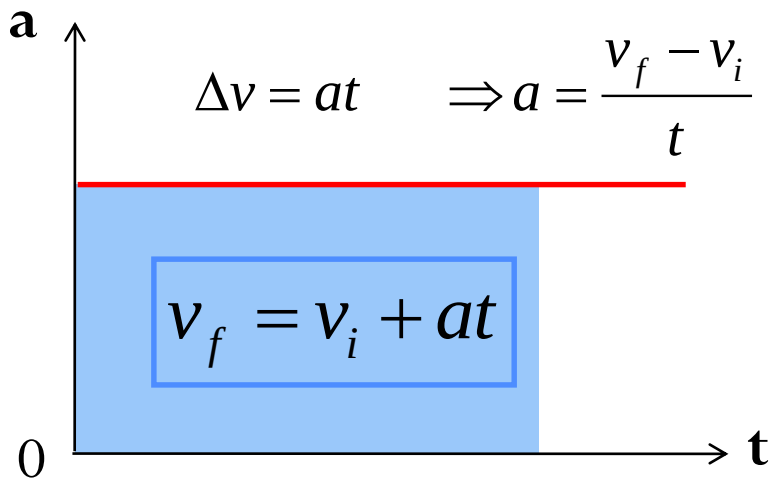
$$\boxed{(x_f - x_i) = v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2}$$

การเคลื่อนที่กรณีที่มีความเร่งคงที่



การขจัดมีค่าเท่ากับ พื้นที่ใต้กราฟ
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

การเคลื่อนที่กรณีที่มีความเร่งคงที่



ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลา

พิสูจน์ที่มาของสูตรการเคลื่อนที่

$$v_f = v_i + at \quad \Rightarrow \quad v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow \quad (x_f - x_i) = \frac{(v_f - v_i)}{2}t$$

การเคลื่อนที่กรณีที่มีความเร่งคงที่

จาก $(x_f - x_i) = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$

และ $a_x = \frac{v_{xi} + v_{xf}}{t}$

$\therefore t = \frac{v_{xi} + v_{xf}}{a_x}$

$(x_f - x_i) = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\frac{(v_{xi} + v_{xf})}{a_x}$

$2a_x(v_{xi} + v_{xf}) = {v_{xf}}^2 - {v_{xi}}^2$

$${v_{xf}}^2 = {v_{xi}}^2 + 2a_x(v_{xi} + v_{xf})$$

จาก $v_{xf} = v_{xi} + v_{xi}t + 2a_x t^2$

จะได้

$v_{xf} - v_{xi} = t(v_{xi} + 2a_x t)$

$(x_f - x_i) = \frac{t}{2}(2v_{xi} + a_x t)$

$= \frac{t}{2}(v_{xi} + v_{xi} + a_x t)$

$= \frac{t}{2}(v_{xi} + v_{xf})$

$$v_{xf} - v_{xi} = \frac{(v_{xf} + v_{xi})}{2}t$$

การเคลื่อนที่กรณีที่มีความเร่งคงที่ : สรุปสูตร

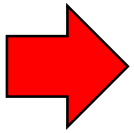
- ใช้ได้เมื่อความเร่งเป็นค่าคงที่เท่านั้น
- สามารถใช้พิจารณาในแนวแกนใด ๆ แนวแกน x, y หรือ z ในแต่ละครั้งพิจารณาเพียงแกนเดียว

1. $v_f = v_i + at$

2. $x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$

3. $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

4. $(x_f - x_i) = \frac{(v_f + v_i)}{2}t$



$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

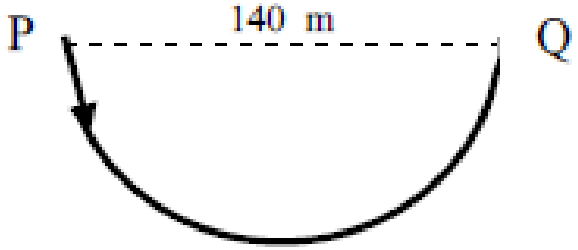
$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right)t$$

Ex:1

จากรูป วัตถุเคลื่อนที่ครึ่งวงกลม จาก P ไป Q ใช้เวลา 10 วินาที จงหา

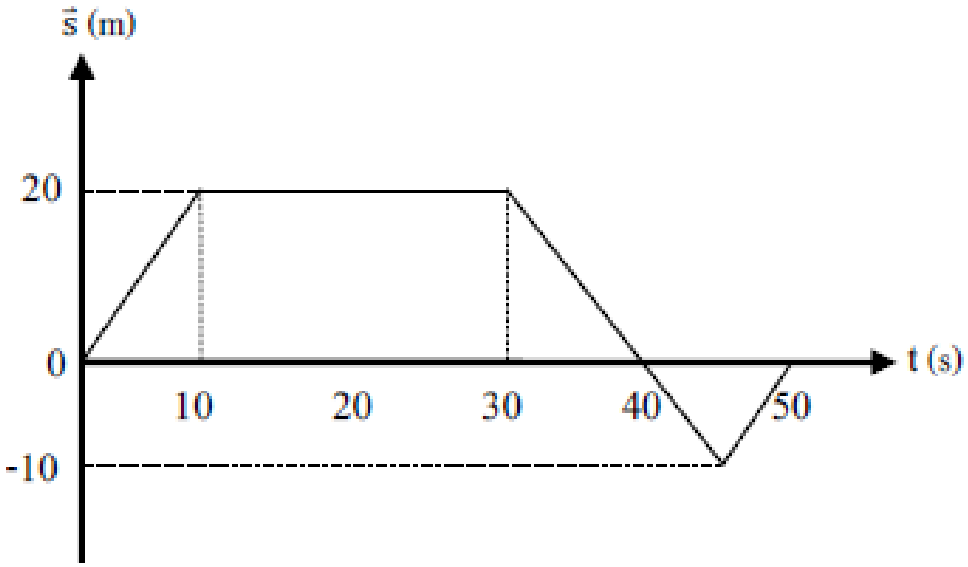
ก. ระยะทาง ข. การกระจัด ค. อัตราเร็วเฉลี่ย ง. ความเร็วเฉลี่ย จ. หากเคลื่อนที่เป็นวงกลม กลับมายัง P ใช้เวลา 20 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเฉลี่ยทั้งหมดเท่าไร



Ex:2

วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่เป็นแนวตรงมีกราฟของการกระจัดและเวลาดังรูป จงหา

ก. ระยะทางของการเคลื่อนที่ใน 50 s ข. การกระจัดใน 50 s ค. ความเร็วที่วินาที 5, 20 และ 35 ง. อัตราเร็วเฉลี่ยใน 50 s จ. ความเร็วเฉลี่ยใน 50 s



Ex:3

วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ออกจากจุดหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงที่ 2 m/s^2 เมื่อเวลาผ่านไป 5 s วัตถุจะมีความเร็วเท่าใด และได้ระยะทางเท่าไร

Ex:4

นาย A และ B วิ่งออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน โดยจุดเริ่มต้นของ B อยู่หลัง A คนทั้งสองวิ่งด้วยความเร่ง 4 m/s^2 และ 6 m/s^2 ตามลำดับ และวิ่งทันกันเมื่อ A วิ่งได้ทาง 100 m จงหาว่าคนทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าไรตอนเริ่มต้น

Ex:5

รถบรรทุกซึ่งจอดหยุดนิ่งอยู่บนถนนตรงถูกขับออกไปด้วยความเร่ง 2 m/s^2 จนกระทั่งมีอัตราเร็ว 20 m/s หลังจากนั้นรถบรรทุกเคลื่อนที่ต่อด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นเวลา 20 วินาที และหลังจากนั้นรถถูกเบรกให้หยุดภายในเวลา 5 วินาที จงหาว่ารถบรรทุกเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไหร่

วัตถุตกอิสระ (Free fall)

- วัตถุทุกอย่างมีการเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงแต่เพียงอย่างเดียว เรียกว่าวัตถุนั้นตกอย่างอิสระ และเพื่อให้เป็นการเคลื่อนที่แบบความเร่งคงที่
  - ไม่คิดแรงต้านของอากาศ
  - ไม่คิดเรื่องความแตกต่างของสถานที่และความสูงจากพื้นผิวโลก
- วัตถุทุกชนิดที่มีการตกใกล้ๆ กับผิวโลกจะเป็นการตกแบบความเร่งคงที่
- ความเร่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องเรียกว่าเป็นความเร่งเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วง ใช้สัญลักษณ์ g ซึ่งมีทิศทางพุ่งเข้าจุดศูนย์กลางของโลก
- $g = 9.8\ m/s^2$

ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g)

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$$

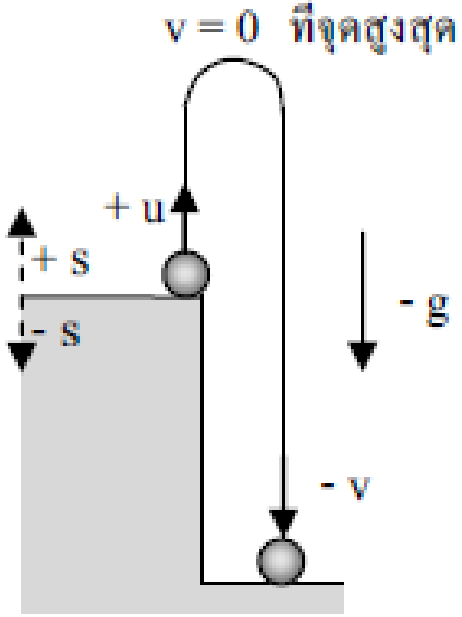
- คิดเหมือนการเคลื่อนที่กรณีมีความเร่งคงที่
- เปลี่ยนความเร่งจาก a → g

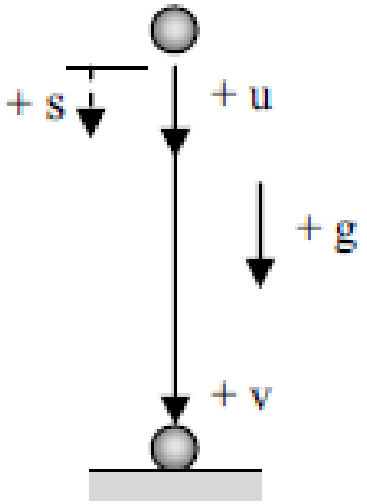
1. $v_f = v_i + gt$

2. $(x_f - x_i) = v_i t + \frac{1}{2}gt^2$

3. $v_f^2 = v_i^2 + 2g(x_f - x_i)$

4. $(x_f - x_i) = \frac{(v_f + v_i)}{2}t$





Ex:6

ปล่อยวัตถุลงมาจากดาดฟ้าของตึกสูง 80 m จงหา

ก) วัตถุใช้เวลานานเท่าไรจึงตกถึงพื้นล่าง ข) ความเร็วขณะกระทบพื้นเป็นเท่าไร

Ex:7

ปล่อยก้อนหินก้อนหนึ่งลงมาจากหลังคาตึก ก้อนหินกระทบพื้นในเวลา 2.50 วินาที ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ จงหา

ก) ตึกสูงเท่าใด

ข) ความเร็วของก้อนหินเป็นเท่าใดก่อนกระทบพื้น

Ex:8

โยนก้อนหินขึ้นไปจากยอดหน้าผาซึ่งสูง 60 m ตามแนวดิ่งด้วยอัตราเร็ว 20 m/s

ก) นานเท่าไรก้อนหินจึงตกถึงพื้นล่าง ข) วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดเป็นระยะเท่าไรจากจุดโยน

ค) ตำแหน่งและความเร็วเมื่อเวลา 2, 4, 5 s ง) ความเร็วขณะกระทบพื้น

Ex:9

ก้อนหินถูกโยนจากขอบตึกขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็ว 20 m/s ตึกมีความสูง 60 m และก้อนหินตกกลับลงมาเฉียดขอบตึกและตกลงสู่พื้นด้านล่าง จงหา

ก) เวลาที่ก้อนหินขึ้นไปอยู่ที่จุดสูงสุด

ข) ระยะสูงสุดที่ก้อนหินเคลื่อนที่ขึ้นไปได้

ค) เวลาที่ก้อนหินเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเดิมที่เริ่มโยน

ง) ความเร็วของก้อนหินเมื่อผ่านตำแหน่งตอนเริ่มโยน

จ) ความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของก้อนหินเมื่อตกถึงพื้น

แรง (Force)

- **แรง** (Force; F) เป็นปริมาณที่มีผลต่อสภาวะของการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีมวล m แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น **นิวตัน** ในหน่วย SI

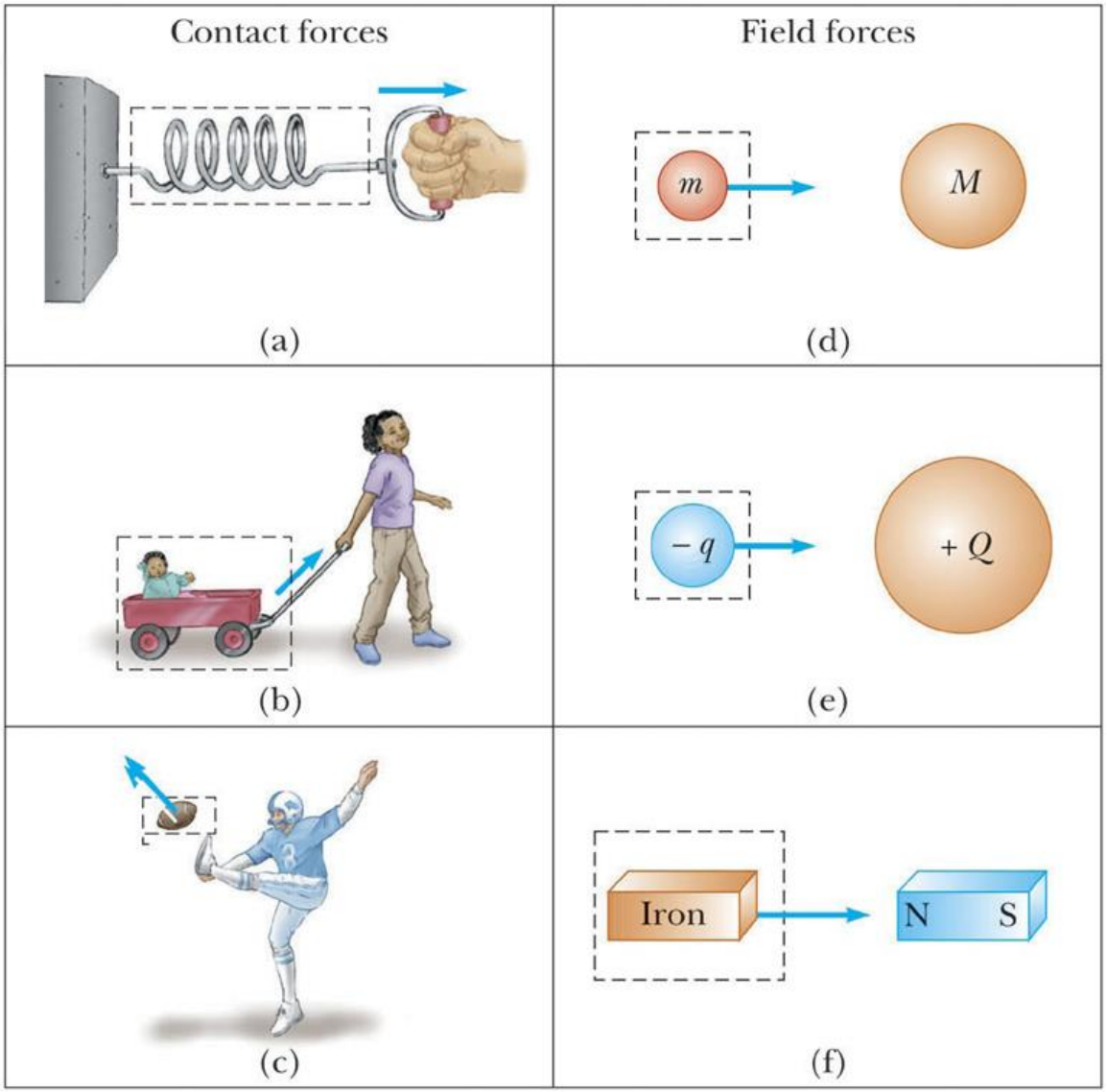
$$1N = 1\frac{kg \cdot m}{s^2}$$

- **มวล** (mass; **m**) เป็นปริมาณที่พยายามต้านการเคลื่อนที่ เป็นสิ่งที่ทำให้วัตถุเฉื่อยต่อการเคลื่อนที่ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็น **กิโลกรัม** ในหน่วย SI

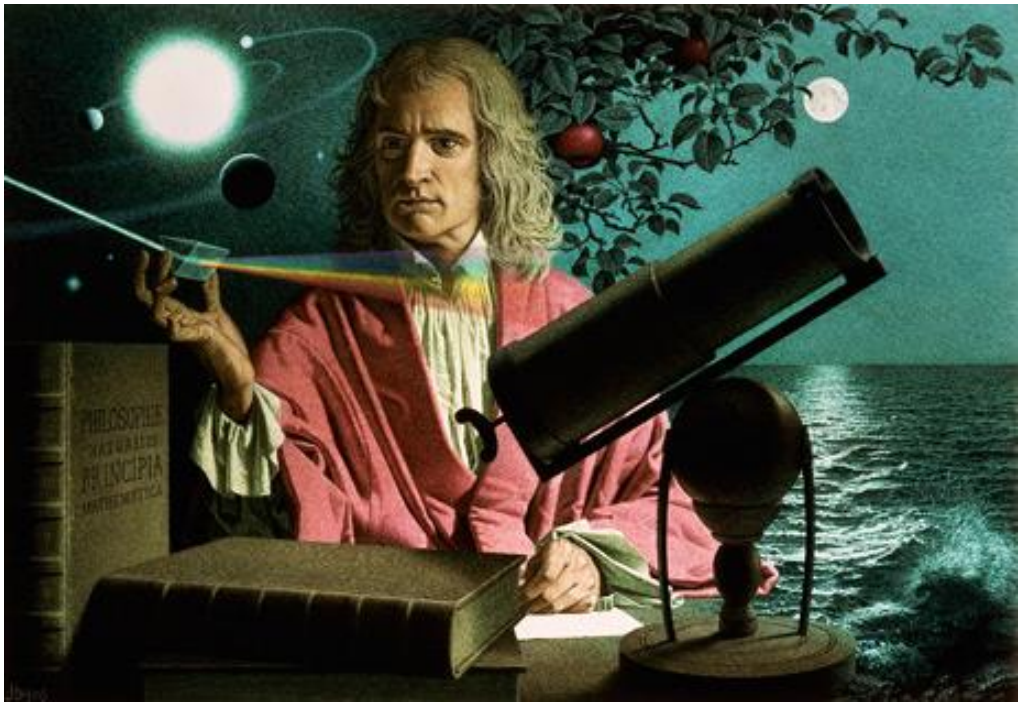
- **น้ำหนัก** (Weight; **W**) เป็นแรงที่โลกดึงวัตถุไว้ น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง (W=mg)

แรง (Force)

- Contact forces เป็นแรงที่จะส่งผลให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแหล่งกำเนิดของแรงมีการ**สัมผัส**กับวัตถุ เช่น แรงอันเกิดจากการลากหรือผลักรถ แรงอันเกิดจากการเตะลูกบอล
- Field forces เป็นแรงที่จะส่งผลให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ได้ โดยที่แหล่งกำเนิดของแรงไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุ เช่น แรงโน้มถ่วงของโลก แรงดึงดูดหรือผลักของประจุไฟฟ้า



Sir Isaac Newton (1642 - 1727)



- Mathematician
- Physicist
- Astronomer

→ Newton's 3 laws

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws)

กฎข้อที่หนึ่ง

"เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ วัตถุที่หยุดนิ่งก็จะหยุดนิ่งต่อไปและวัตถุที่เคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่" กฎข้อนี้เรียกว่ากฎแห่งความเฉื่อย (Law of inertia)

$$\sum \vec{F} = 0$$

- กฎของนิวตันจะเป็นจริงเมื่อผู้สังเกตอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เมื่อเทียบกับกรอบอ้างอิงเฉื่อยเท่านั้น

  กรอบอ้างอิงเฉื่อย คือ กรอบอ้างอิงที่ไม่มีความเร่งอย่างแท้จริงในปริภูมิ (space)

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws)

กฎข้อที่สอง

"วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เมื่อมีแรงลัพธ์จากภายนอกที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ โดยความเร่งจะแปรผันโดยตรงกับแรงที่มากระทำแต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ"

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}, \qquad \left\{ \begin{aligned} \sum F_x &= ma_x \\ \sum F_y &= ma_y \\ \sum F_z &= ma_z \end{aligned} \right\}$$

เมื่อ $\sum \vec{F}$ คือ แรงลัพธ์ของแรงจากภายนอก หน่วยเป็น N

m คือ มวลของวัตถุ หน่วยเป็น kg

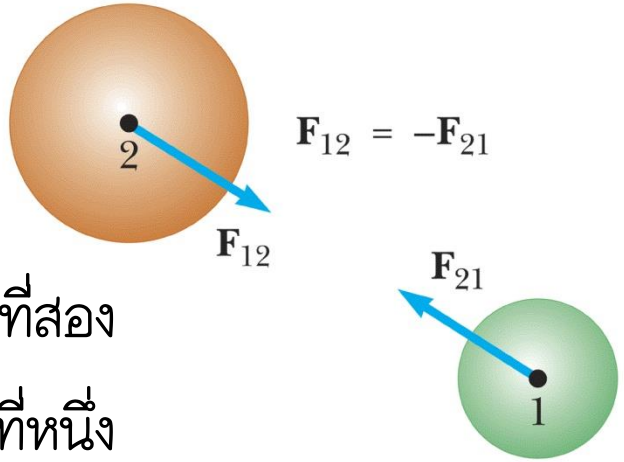
$\vec{a}$ คือ ความเร่งของวัตถุ หน่วยเป็น m/s^2

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws)

กฎข้อที่สาม

"ถ้าวัตถุสองก้อนมีอันตรกิริยาต่อกัน แรงจากวัตถุก้อนที่หนึ่งกระทำต่อวัตถุก้อนที่สอง (แรงกิริยา) มีขนาดเท่ากับแรงจากวัตถุก้อนที่สองกระทำต่อวัตถุก้อนที่หนึ่ง (แรงปฏิกิริยา) แต่ทิศทางตรงกันข้าม"

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



$\vec{F}_{12}$ คือ แรงที่วัตถุก้อนที่หนึ่งกระทำกับวัตถุก้อนที่สอง

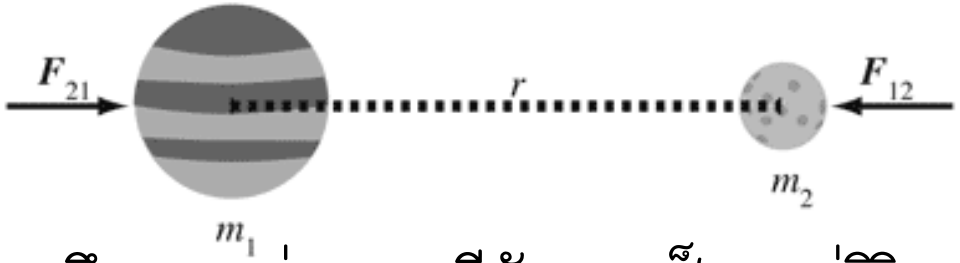
$\vec{F}_{21}$ คือ แรงที่วัตถุก้อนที่สองกระทำกับวัตถุก้อนที่หนึ่ง

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

วัตถุทุกชนิดในจักรวาลจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกันโดยขนาดของแรงจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับผลคูณของมวลของวัตถุและเป็นปฏิภาคผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างวัตถุ

$$F \alpha \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$



F คือ แรงดึงดูดระหว่างมวล มีลักษณะเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา

m_1 คือ มวลของวัตถุก้อนที่ 1

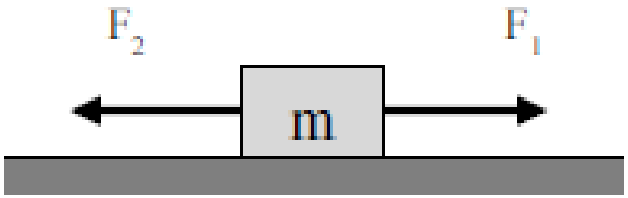
m_2 คือ มวลของวัตถุก้อนที่ 2

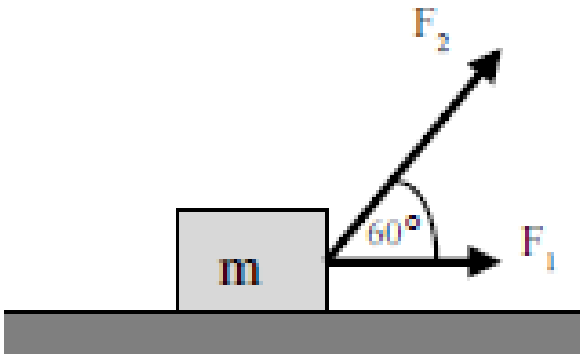
r คือ ระยะห่างวัตถุทั้งสอง

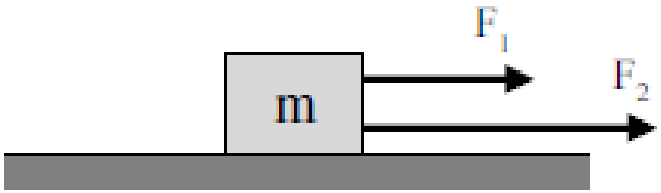
G คือ ค่านิจโน้มถ่วงสากล ($G = 6.673 \times 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2$)

Ex:10

แรง $F_1 = 3$ N และ $F_2 = 4$ N กระทำกับวัตถุมวล m ดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์





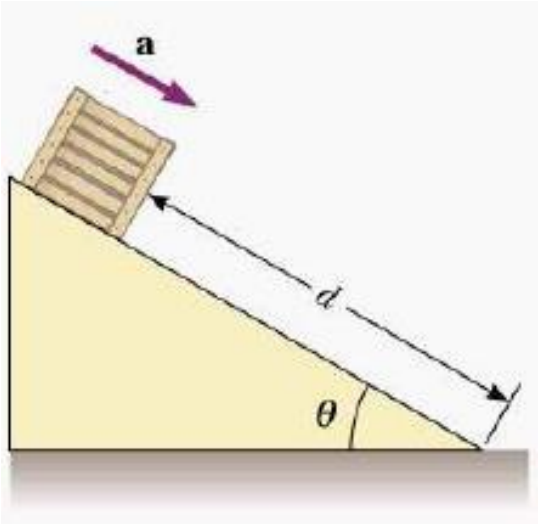


Ex:11 วัตถุหนึ่งมีมวล 20 kg เดิมอยู่นิ่งบนพื้นลื่น ต่อมามีแรงมากระทำทำให้วัตถุมีความเร็ว 24 m/s ภายในเวลา 8 วินาที จงหาขนาดของแรงนี้

Ex:12 แรงขนาด 20 N กระทำต่อวัตถุชิ้นหนึ่งให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งในเวลา 10 วินาที วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ 50 m วัตถุชิ้นนี้มีมวลเท่าใด

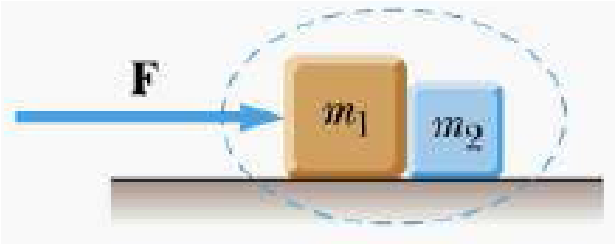
Ex:13

กล่องมวล m วางอยู่บนพื้นเอียงที่ไม่มีความเสียดทาน (ลื่น) พื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับดังรูป จงหา ความเร่งของวัตถุหลังจากปล่อยให้เคลื่อนที่ตามพื้นเอียง

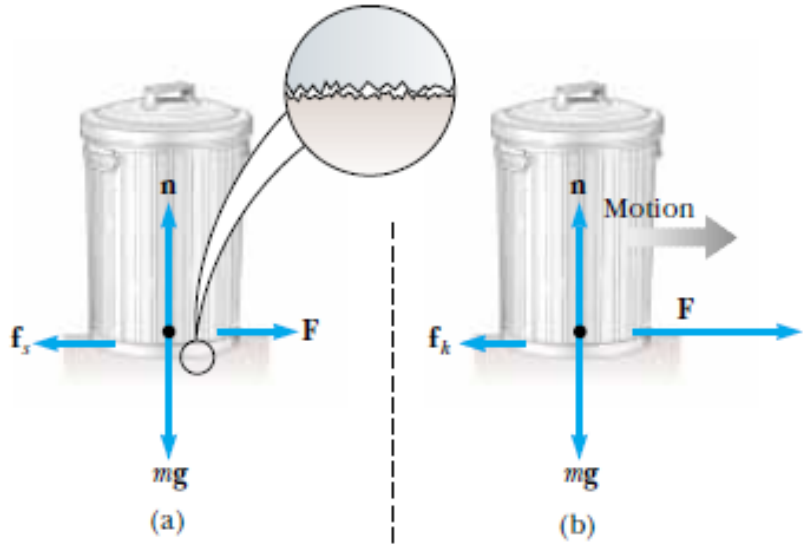


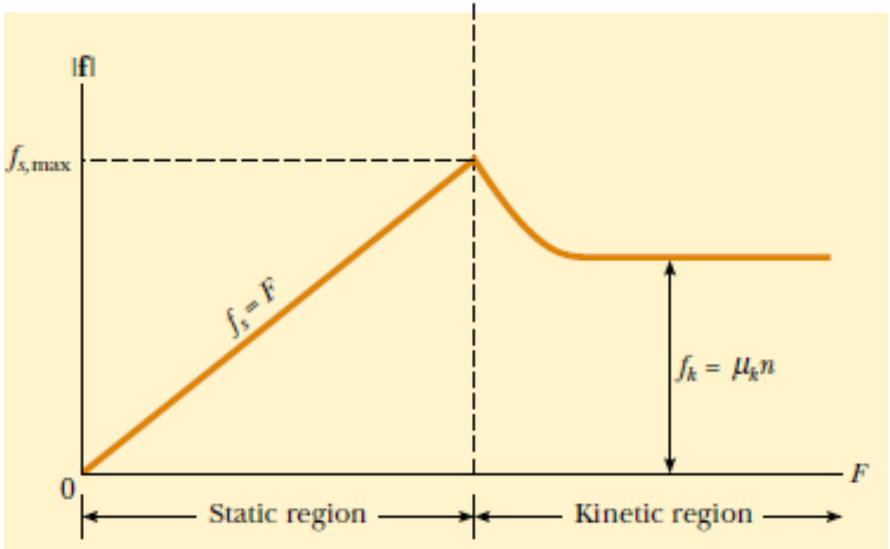
Ex:14

มวล m_1 และ m_2 วางติดกันอยู่บนพื้นที่ลื่น ถ้าออกแรงขนาดคงที่ F ผลักวัตถุออกไปตามแนวราบดังรูป จงหาความเร่งของวัตถุทั้งสอง และขนาดของแรงที่กระทำระหว่างวัตถุทั้งสอง



แรงเสียดทาน (Friction force)





- เมื่อวัตถุเคลื่อนที่บนพื้นผิวหรือเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนืด เช่น อากาศ น้ำ เป็นต้น จะมีความต้านทานการเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากวัตถุมีอันตรกิริยากับสิ่งที่อยู่รอบๆวัตถุ แรงต้านที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า **แรงเสียดทาน** (frictional force)
- แรงเสียดทานสถิต (static frictional force, f_s) คือ แรงต้านขณะที่วัตถุยังอยู่นิ่ง นั่นคือ $f_s = F$
- แรงเสียดทานสถิตสูงสุด คือ แรงต้านที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ นั่นคือ $f_{s,max} = F$
- แรงเสียดทานจลน์ (kinetic frictional force, f_k) คือ แรงต้านขณะที่วัตถุเคลื่อนที่

แรงเสียดทาน (Friction force)

- แรงเสียดทานสถิต (Static friction)
  - วัตถุไม่เคลื่อนที่
  - มีขนาดเท่ากับแรงที่มากระทำ

$$f_s \le \mu_s N$$

เมื่อ f_s คือแรงเสียดทานสถิต

μ_s คือสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

N คือแรงกดตั้งฉากที่กระทำต่อวัตถุ

- แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic friction)
  - วัตถุเริ่มเคลื่อนที่

$$f_k = \mu_k N$$

เมื่อ f_k คือแรงเสียดทานจลน์

μ_k คือสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

N คือแรงกดตั้งฉากที่กระทำต่อวัตถุ

ค่า μ_s และ μ_k ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของพื้นผิว และเกือบจะเป็นอิสระกับขนาดของพื้นผิวสัมผัสนั้น โดยปกติแล้ว $\mu_k < \mu_s$

ที่มา : www.autoobuv.sk

ที่มา : www.emryshouse.co.uk

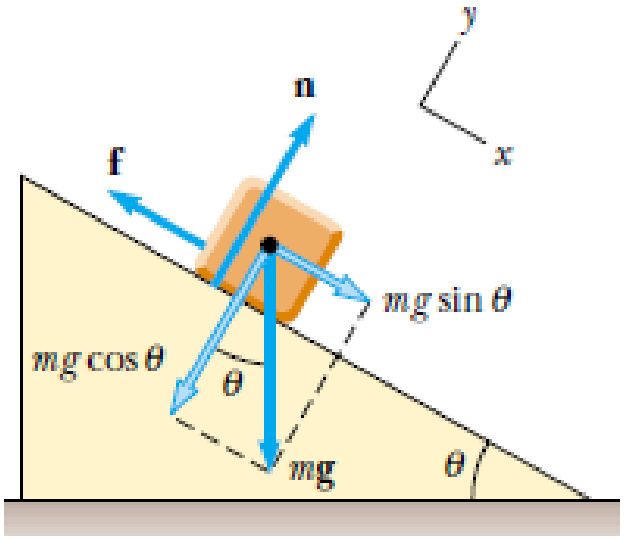
ที่มา : pixabay.com

Ex:15 กล่องใบหนึ่งมวล 120 kg ตกลงมาจากรถบรรทุกที่กำลังแล่นด้วยความเร็ว 20 m/s ถ้ากล่องใบนี้ไถลตามพื้นถนนไปได้ไกล 50 m จึงหยุด จงหาขนาดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของพื้นถนนที่กระทำต่อกล่อง

Ex:16 ออกแรง 500 N ทำมุม 37° กับแนวระดับ ดึงวัตถุมวล 40 kg ซึ่งวางอยู่พื้นที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.4 ให้เคลื่อนที่ไปในแนวระดับ จงหาความเร่งของวัตถุ

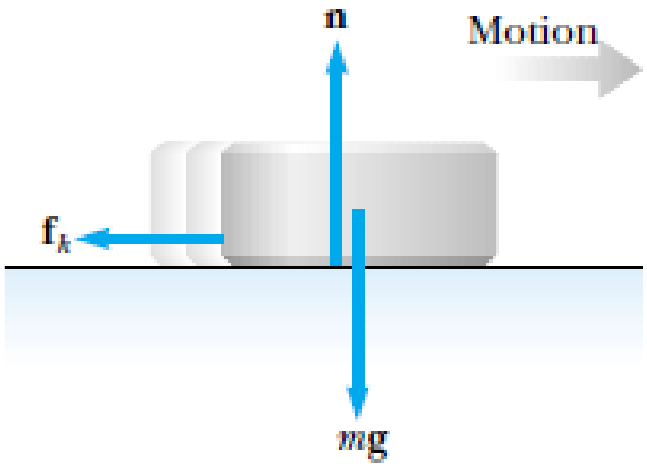
Ex:17

วัตถุมวล m วางบนพื้นเอียงที่มีความเสียดทาน ดังรูป จงหาขนาดของมุมเอียงที่ทำให้วัตถุเริ่มที่จะเคลื่อนที่



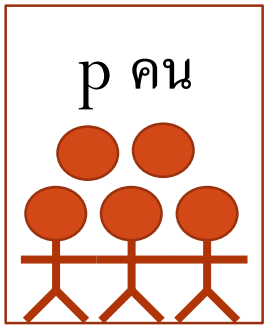
Ex:18

วัตถุอันหนึ่งมีมวล m เคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งด้วยความเร็วต้น 20 m/s ถ้าวัตถุก้อนนี้ไถลไปได้ไกลเป็นระยะ 115 m ก่อนจะหยุดนิ่ง จงหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสทั้งสอง



Ex:19

ลิฟต์อาคารแห่งหนึ่งมวล 200 kg เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2 m/s^2 ถ้าลวดที่แขวนลิฟต์ทนแรงดึงได้สูงสุด 8,000 N ลิฟต์จะจุคนได้มากที่สุดกี่คน กำหนดให้คนหนึ่งคนมวลเฉลี่ย 50 kg



Ex:20

ผู้ป่วยขาหักจากอุบัติเหตุถูกยึดด้วยเครื่องมือดังภาพ ผู้ป่วยสวมรองเท้าหุ้มข้อพิเศษซึ่งมีรอกติดอยู่ เท้าผู้ป่วยและรองเท้ามีมวล m = 3.5 kg นักกายภาพบำบัดได้กำหนดมวลที่แขวนจากเชือกเป็น 6.0 kg เมื่อรองเท้าหุ้มข้อหยุดนิ่งและไม่สัมผัสกับเตียง มุม ϕ=10° จงหาแรงตึงในเส้นเชือก และมุม θ