เอกสารประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1
บทที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

อาจารย์รัตนาภรณ์ สมฤทธิ์

หัวข้อที่เกี่ยวข้อง

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	การเคลื่อนที่แบบต่างๆ
➢ มวลกับน้ำหนัก	➢ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
➢ แรง	➢ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง
➢ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	

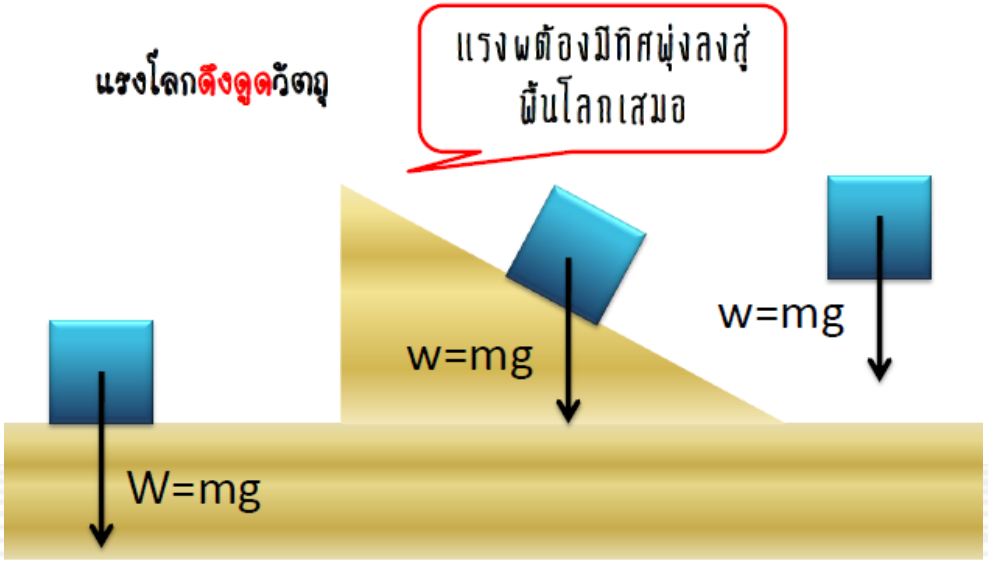
1.1 มวล (mass) กับน้ำหนัก (weight)

ปริมาณที่ใช้บ่งบอกว่าวัตถุนั้น หนักมากหรือน้อยเพียงใด ในทางฟิสิกส์มี 2 ปริมาณ ได้แก่ มวล และน้ำหนัก

มวล (m) : เนื้อของสาร หรือสภาพต้านการเคลื่อนที่ (ความเฉื่อย) หน่วย kg
วัตถุที่มีมวลมากจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ไปได้ยากกว่า (ช้ากว่า) วัตถุที่มีมวลน้อย

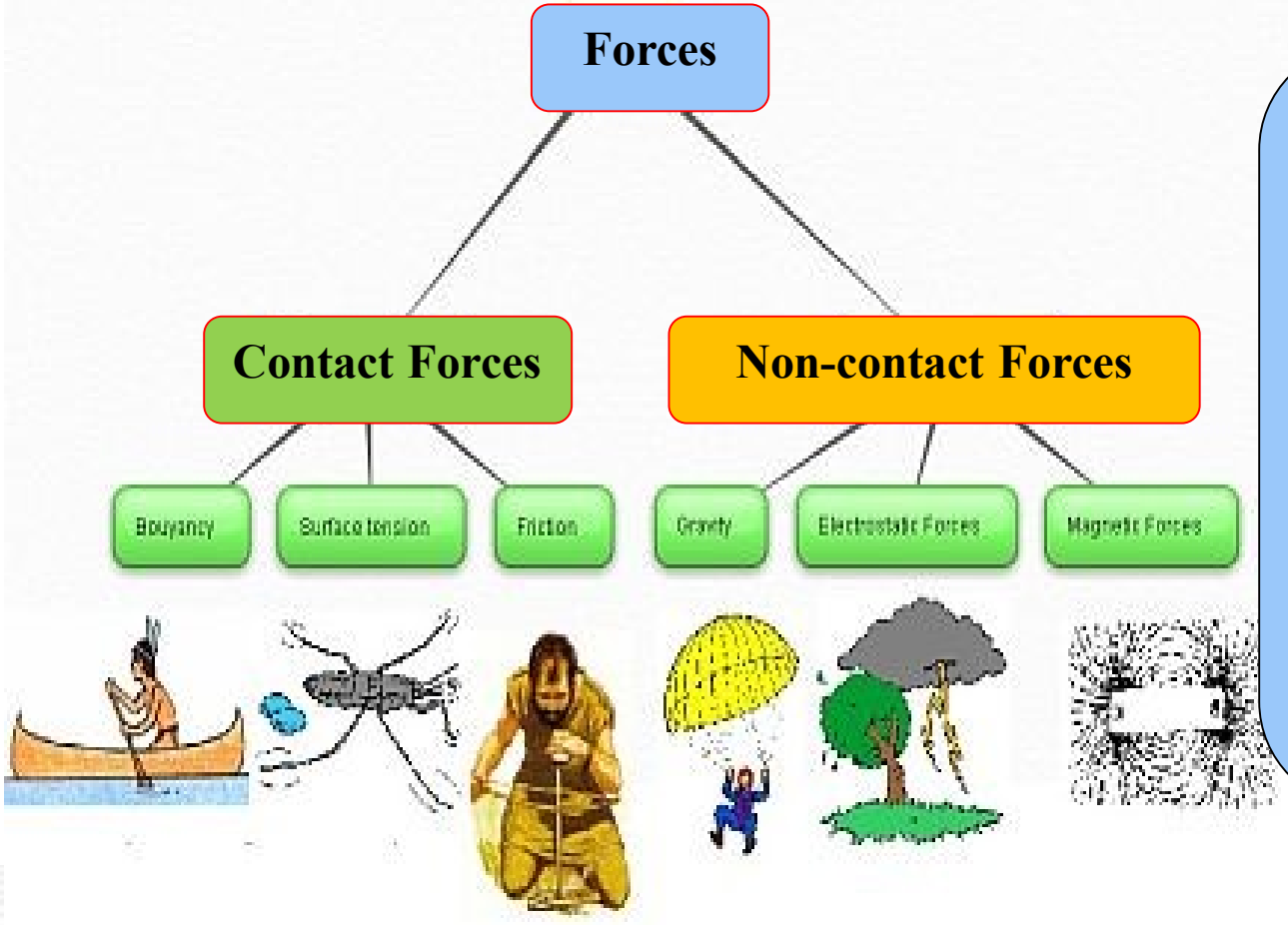
น้ำหนัก ($\vec{w}$) : แรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุ $= m\vec{g}$
หน่วย นิวตัน (N) หรือ $kg.m/s^2$

"สรุป" น้ำหนัก = $\vec{w} = m\vec{g}$
มวล = m



1.2 แรง (force)

แรง คือ อำนาจที่พยายามจะทำให้มวลเกิดการเคลื่อนที่ หน่วย นิวตัน (N) แรงลัพธ์ คือ แรงซึ่งเกิดจากแรงย่อย ๆหลายแรงรวมกัน

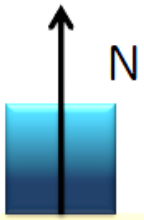


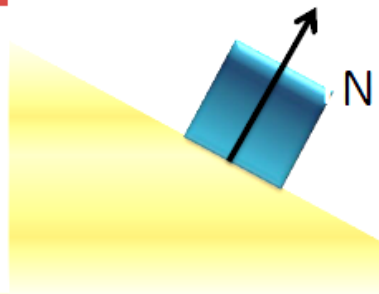
วิธีหาแรงลัพธ์

1. เขียน F.B.D
2. กำหนดทิศที่เป็น +
3. แทนค่าขนาดของเวกเตอร์ย่อยลงไปในสูตร
4. คำตอบเป็น + แสดงว่าทิศทางของแรงลัพธ์มีทิศเดียวกับทิศที่กำหนด

แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก (Normal Force)

แรงพื้นดันวัตถุ





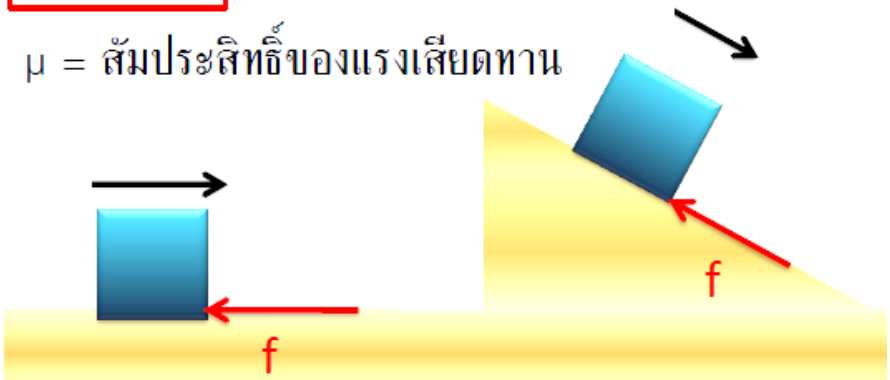
แรงNต้องมีทิศพุ่งออกจากพื้นและตั้งฉากเสมอ

แรงเสียดทาน(friction)

แรงที่ต้านการเคลื่อนที่

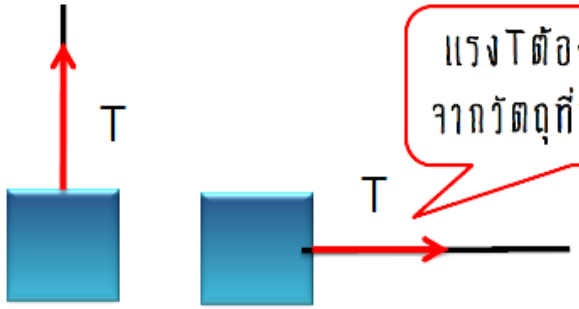
$f=\mu N$

μ = สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน



แรงตึงเชือก (Tension)

แรงที่เชือกดึงวัตถุ



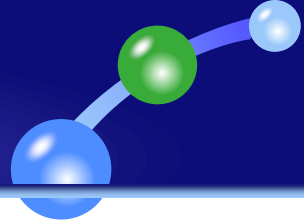
แรงTต้องมีทิศพุ่งออกจากวัตถุที่พิจารณาเสมอ

แรงเสียดทานก่อนการเคลื่อนที่เรียกว่า <u>แรงเสียดทานสถิต</u> f_s

ส่วนแรงเสียดทานขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่า <u>แรงเสียดทานจลน์</u> f_k

Rattanaporn

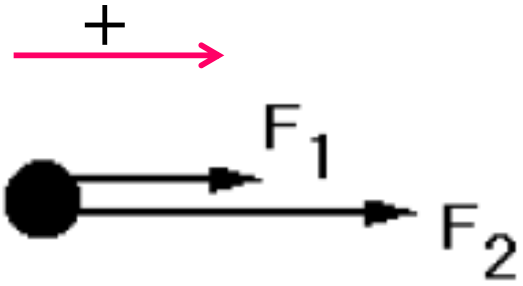
วิธีการหาแรงลัพธ์



กรณีที่1 หากแรงย่อยมีทิศทางเดียวกัน

$$F_{\text{ลัพธ์}} = F_1 + F_2$$

ทิศทางแรงลัพธ์ จะเหมือนแรงย่อยนั้น



กรณีที่2 หากแรงย่อยมีทิศตรงกันข้าม

$$F_{\text{ลัพธ์}} = F_1 + (-F_2) = F_1 - F_2$$

ทิศทางแรงลัพธ์ จะเหมือนแรงที่มากกว่า

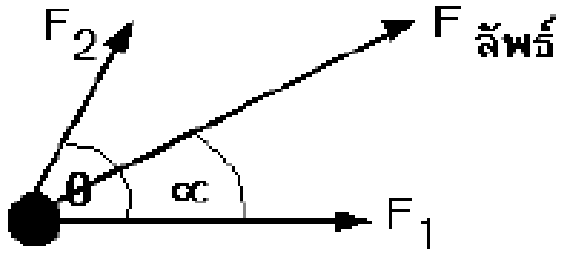
กรณีที่3 หากแรงย่อยมีทิศเอียงทำมุมต่อกันหรือไม่อยู่ในแนวเดียวกัน

วิธีที่ 1 $F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^{\,2} + F_2^{\,2} + 2F_1F_2\cos\theta}$

วิธีที่ 2 แตกให้อยู่ในแนวเดียวกันก่อน

หาทิศทางจากการรวมเวกเตอร์แบบหางต่อหัว หรือจากกฎของไซน์

$$\text{หรือ } \tan\alpha = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta}$$



Rattanaporn

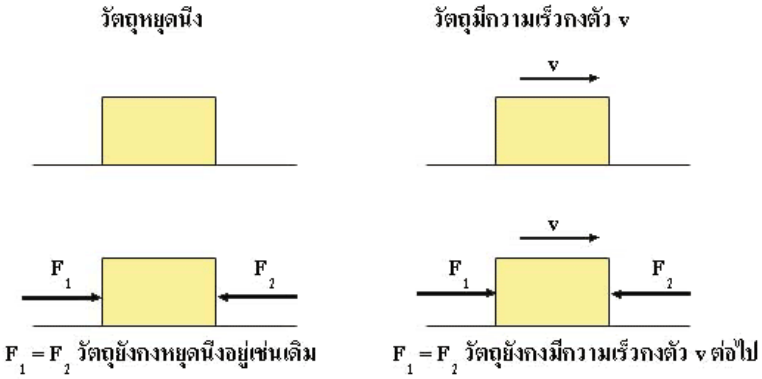
ตัวอย่างที่ 1 แรง 2 แรง ขนาด 6 และ 8 นิวตัน กระทำต่อวัตถุชิ้นหนึ่ง ณ จุดเดียวกัน จงหาขนาดของแรงลัพธ์ ถ้า

ก. กระทำในทิศทางเดียวกัน ข. ทิศทางตรงกันข้าม

ค. ถ้าทั้งสองตั้งฉากกัน

ตัวอย่างที่ 2 เมื่อแรงสองแรงทำมุมกันค่าต่างๆ ผลรวมของแรงมีค่าต่ำสุด 2 นิวตัน และมีค่าสูงสุด 14 นิวตัน ผลรวมของแรงทั้งสองเมื่อกระทำตั้งฉากกันจะมีค่าเท่าใด

1.3 การเคลื่อนที่ของนิวตัน



กฎข้อที่ 1

ถ้าแรงลัพธ์เป็นศูนย์($\sum F = 0$)วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการคท.คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว

กฎข้อที่ 2

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = m\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

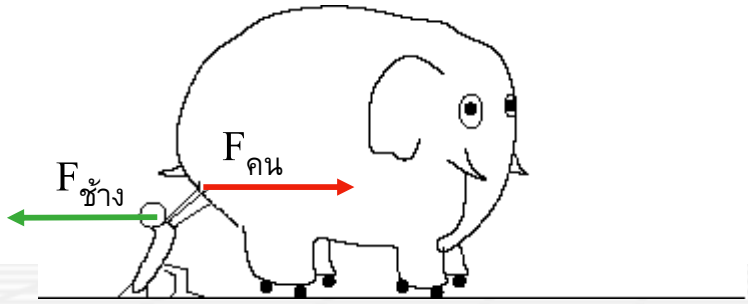
ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์วัตถุจะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร่ง

(a) ตามสมการ $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

*****ทิศของแรงลัพธ์จะมีทิศเดียวกับความเร่งเสมอ

ความเร่งของอนุภาคเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาค โดยมีทิศทางเดียวกัน และเป็นปฏิภาคผกผันกับมวลของอนุภาค”

กฎข้อที่ 3



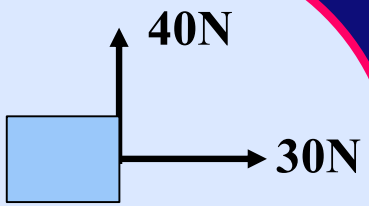
ทุกแรงกิริยาActionต้องมีแรงปฏิกิริยาReactionโต้ตอบเสมอ

Action=Reaction

***แรงสองแรงนี้เกิดบนวัตถุคนละก้อนจึงห้ามนำมาหักล้าง

Rattanaporn

ตัวอย่างที่ 4 วางมวล 10 kg ไว้บนกระดานลื่นที่เอียงทำมุม 30 องศากับแนวราบ มวลจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร

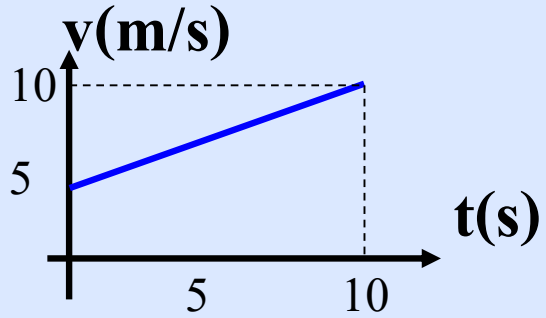


ตัวอย่างที่ 5 แรงขนาด 30 และ 40 นิวตัน กระทำต่อมวล 20 kg ในแนวขนาดกับพื้นราบ ดังรูป ถ้าแรงทั้งสองตั้งฉากต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร

ตัวอย่างที่ 6 เชือกเส้นหนึ่งทนแรงดึงได้ 50 N ผูกไว้กับมวล 4 kg จะดึงมวลขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร่งได้มากที่สุดกี่ m/s^2 เชือกจึงไม่ขาด

ตัวอย่างที่ 7 เมื่อออกแรงขนาดเท่ากันในทิศเดียวกันกับวัตถุสองก้อน ผลปรากฏว่าวัตถุก้อนที่1 มีความเร่ง 4.5 m/s^2 ถ้าวัตถุก้อนที่ 2 มีมวลเป็น 1.5 เท่าของก้อนที่ 1 วัตถุก้อนที่ 2 จะมีความเร่งเป็นกี่ m/s^2

ตัวอย่างที่ 8 แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมวล 50 kg ทำให้มวลเคลื่อนที่ โดยมีความเร็วสัมพันธ์กับเวลา ดังกราฟ จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนี้ในหน่วยนิวตัน



attanaporn

ตัวอย่าง จากรูปวัตถุ 20 kg และ 10 kg วางติดกันบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทานให้หาแรง P และ Q ในรูปภาพ

วิธีทำ

ตอน 1 หา P

จาก $F = m \cdot a$

$P = (20 + 10) \cdot (2)$

P = 60 นิวตัน

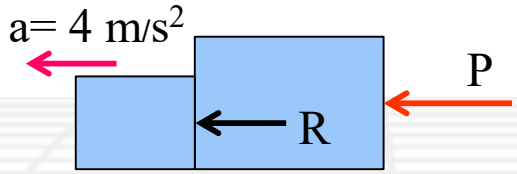
ตอน 2 หา Q

จาก $F = m \cdot a$

$Q = (10) \cdot (2)$

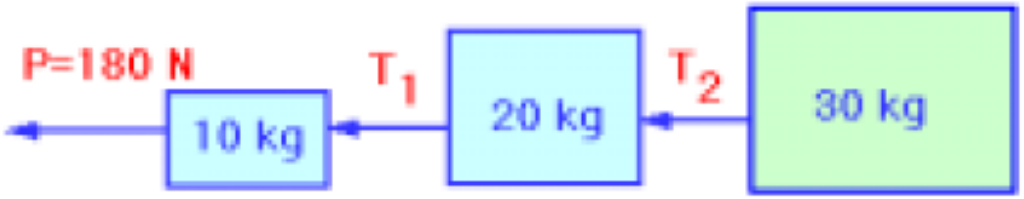
Q = 20 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 9 แท่งไม้มวล 5 kg และ 3 kg วางติดกันบนพื้นลื่น จงหาแรง P และ R ที่ทำให้แท่งไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 4 m/s^2 ดังรูป



Rattanaporn

ตัวอย่าง จากรูป วัตถุมวล 10 kg , 20 kg และ 30 kg ผูกติดกันด้วยเชือก อยู่บนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทาน หากแรง P มีค่า 180 นิวตัน ให้หาแรง T_1 และ T_2



วิธีทำ

ตอน 1 คิด P

จาก $F = m \cdot a$

$180 = (10+20+30)a$

$\mathbf{a = 3\ m/s^2}$

ตอน 2 หา T_1

จาก $F = m \cdot a$

$T_1 = (20+30) \cdot (3)$

$\mathbf{T_1 = 150}$ นิวตัน

ตอน 3 หา T_2

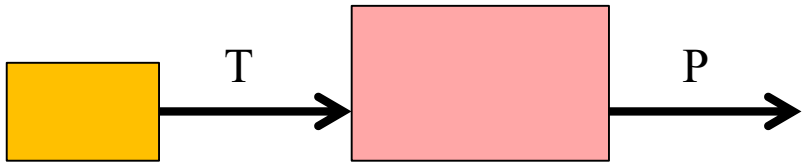
$F = m \cdot a$

$T_2 = (30) \cdot (3)$

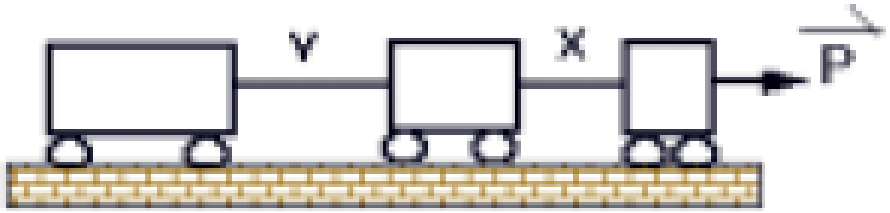
$\mathbf{T_2 = 90}$ นิวตัน

แบบฝึกหัด 1

1) จากรูป มวล 5 และ 10 kg ผูกติดกันด้วยเชือกต้องออกแรงดึง (P) เท่าใด จึงจะทำให้วัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 m/s^2 และแรงตึงเชือก (T) มีค่าเท่าไร



2) ใช้แรง P ดึงรถ 3 คัน มีมวล 1, 2 และ 3 kg รถทั้งสามต่อกันด้วยเส้นเชือก X และ Y ดังรูปที่ 3 โดยคิดว่าไม่มีแรงเสียดทานระหว่างรถกับพื้นเลย ถ้าเส้นเชือก X มีความตึง 20 N แรงดึง P และความตึงของเชือก Y จะเป็นกี่ N



3) นักเรียนคนหนึ่งถือเชือกมวลน้อยมาก ซึ่งปลายข้างหนึ่งผูกติดกับแท่งวัตถุมวล 2 kg ให้หาแรงที่เชือกดึงมือ เมื่อเชือกดึงขึ้นด้วยความเร่ง 5 m/s^2

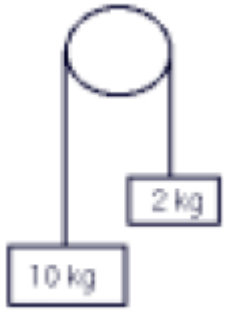
4) ชายคนหนึ่งมวล 50 kg ยืนอยู่ในลิฟท์ จงหาแรงที่พื้นลิฟท์กระทำต่อชายคนนั้นเมื่อ

ก. ลิฟท์เริ่มเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 1.2 m/s^2

ข. ลิฟท์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 m/s

ค. ลิฟท์กำลังเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 1.2 m/s^2

5) จากรูปวัตถุจะมีความเร่งเท่าไร และความเร่งมีทิศทางไปทางใด และเชือกมีความตึงเท่าไร



2.1 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

1. การเคลื่อนที่ ในแนวราบ
2. การเคลื่อนที่ ในแนวดิ่ง

ระยะทางและการกระจัด

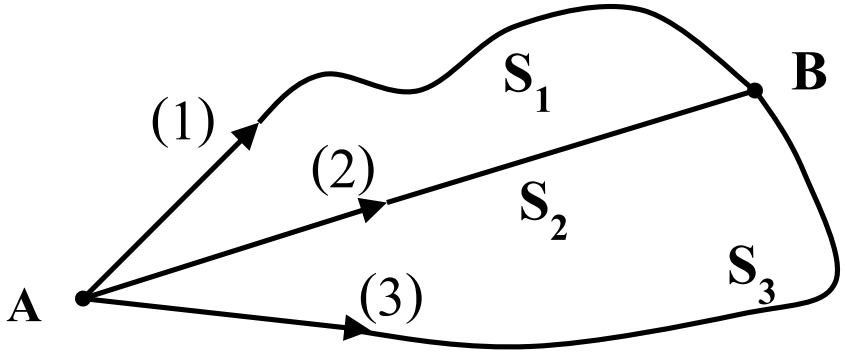
ระยะทาง(Distance) คือ เส้นทางหรือ ความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งสุดท้าย

ระยะทางใช้สัญลักษณ์ “ S ” เป็นปริมาณสเกลาร์

การกระจัด (Displacement) คือ ความยาวเส้นตรงที่เชื่อมโยงระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่

การกระจัดใช้สัญลักษณ์ $\vec{S}$ เป็นปริมาณเวกเตอร์

ตัวอย่างการแสดงระยะทางและการกระจัด



เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B ตามแนวเส้นทางดังรูป

ตามเส้นทางที่ 1 ได้ระยะทาง = S_1 และได้การกระจัด = $\vec{S}_2$ ทิศจาก A ไป B

ตามเส้นทางที่ 2 ได้ระยะทาง = S_2 และได้การกระจัด = $\vec{S}_2$ ทิศจาก A ไป B

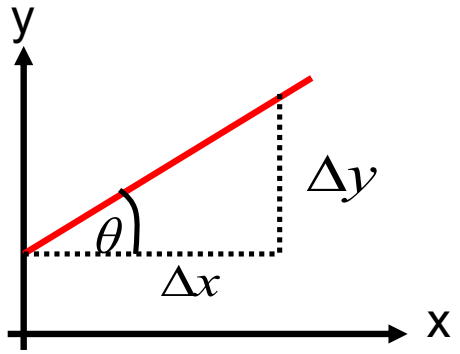
ตามเส้นทางที่ 3 ได้ระยะทาง = S_3 และได้การกระจัด = $\vec{S}_2$ ทิศจาก A ไป B

***การเคลื่อนที่โดยทั่ว ๆ ไป ระยะทางจะมากกว่าการกระจัดเสมอ**

ยกเว้น เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง การกระจัดจะมีขนาดเท่ากับระยะทาง

กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณการเคลื่อนที่

การหาความชัน หรือ slope ของกราฟเส้นตรงหาได้จาก

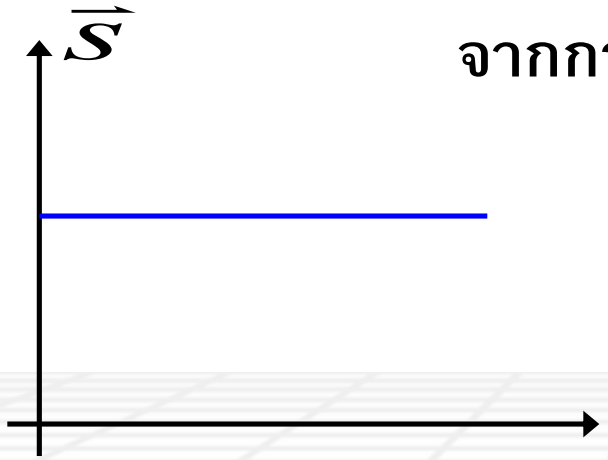


$$\text{Slope} = \tan\theta$$

$$= \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา



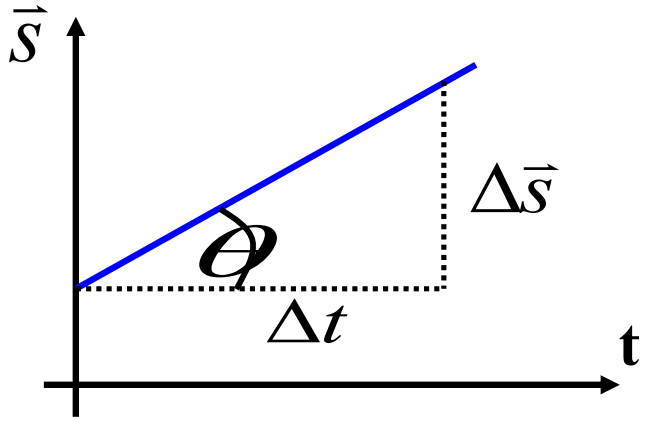
จากกราฟ

1.การกระจัดคงที่

2. Slope = ความเร็ว = 0

$$\because v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \qquad \Delta s = 0$$

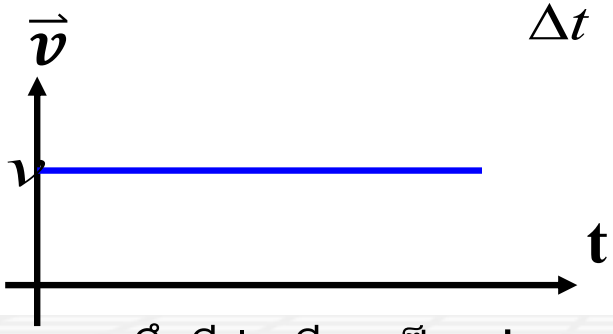
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา



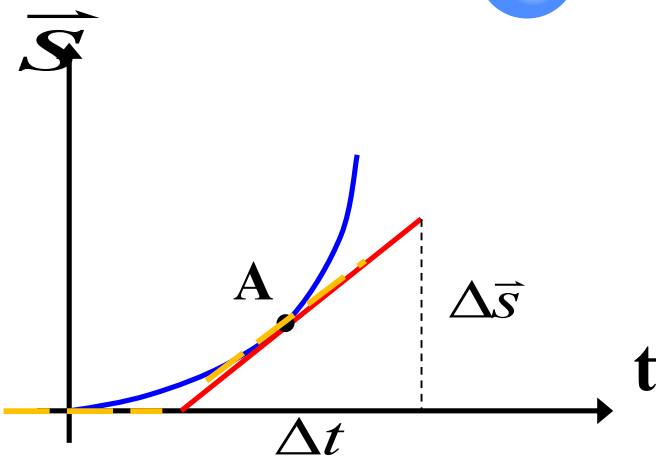
1.การกระจัดเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

2.Slope คงที่ (มีค่าเดียว) = ความเร็วคงที่

$$= \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



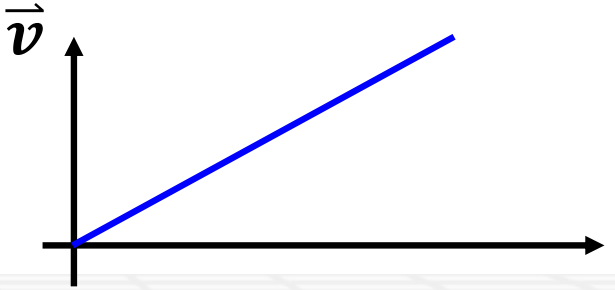
v จึงมีค่าเดียวเป็น +



1.การกระจัดเพิ่มขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ

2.Slope เพิ่มขึ้น(โค้งหงาย) จาก 0 → +

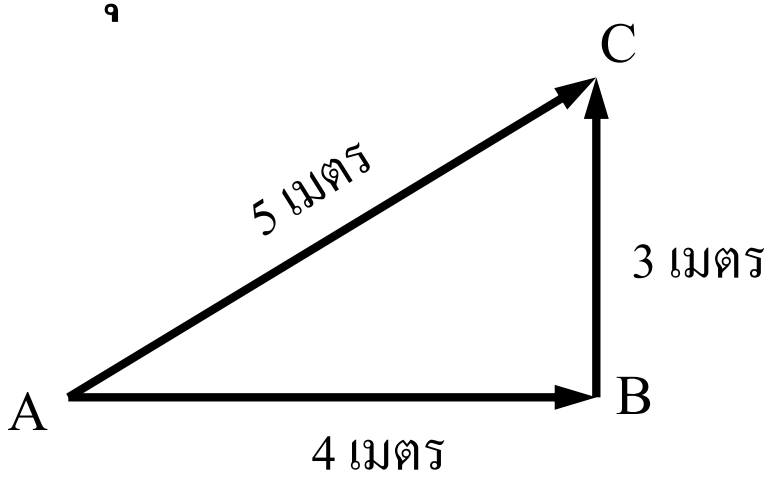
= ความเร็วเพิ่มขึ้น (มีหลายค่า)



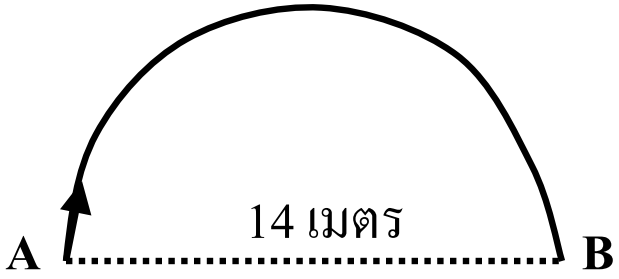
v จึงมีหลายค่าจาก 0 → +

Rattanaporn

<u>ตัวอย่างที่1</u> วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่จาก A ไป B และต่อไป C ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัดของวัตถุจาก A ไป B



<u>ตัวอย่างที่2</u> วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไปยัง B ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัด



ความเร็ว (Velocity)

คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงการกระจัด หรือ การกระจัดที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา

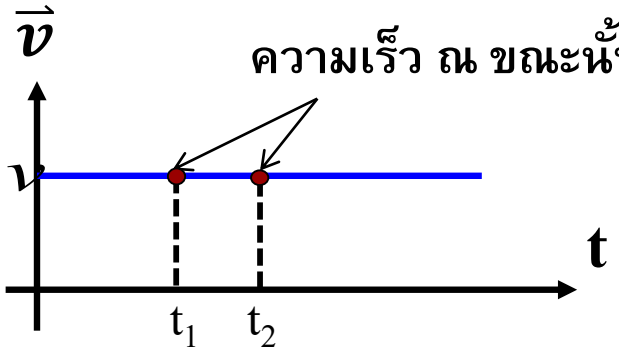
ความเร็ว $(\vec{v})$ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที (m/s)

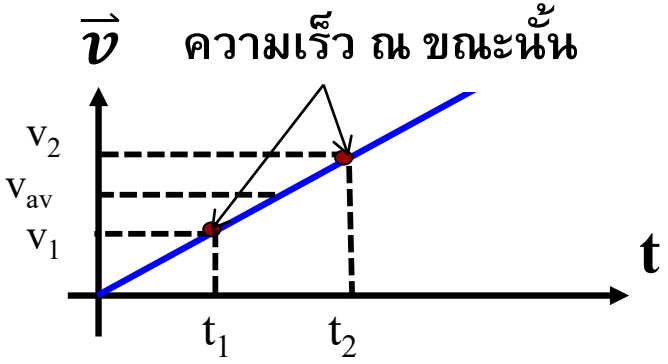
แบ่งพิจารณาได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ความเร็วเฉลี่ย $(\vec{v}_{av})$ $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{s}}{t}$

2. ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง $(\vec{v}_{in})$ $\vec{v}_{in} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt}$

3. ความเร็วคงที่ $(\vec{v})$ $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$





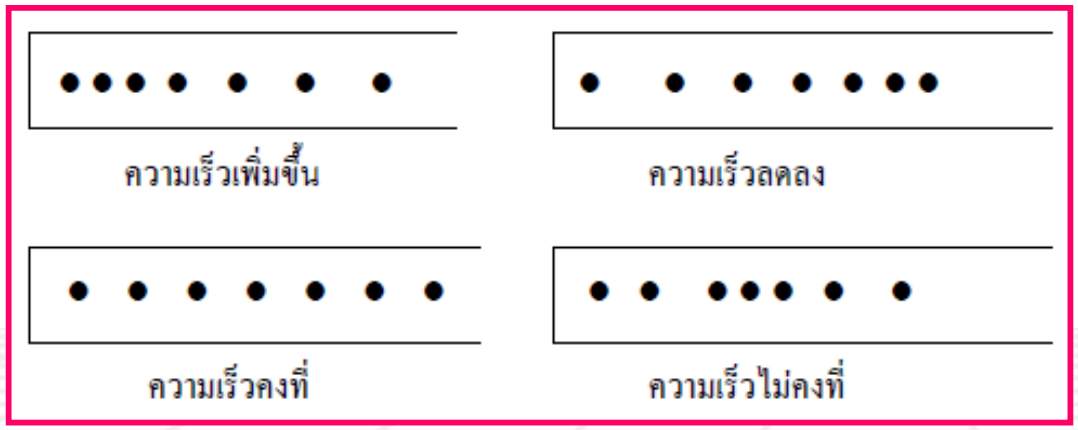
ความเร็วคงที่

$$\vec{v}_{in} = \vec{v}_{av} = v = \frac{\vec{s}}{t}$$

ความเร็วไม่คงที่

$$\vec{v}_{in} \neq \vec{v}_{av}$$

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$



$$slope = \vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

พื้นที่ใต้กราฟ = s หรือ $\vec{s}$

Rattanaporn

อัตราเร็ว (Speed)

หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

ใช้สัญลักษณ์ คือ V เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที (m/s)

1. อัตราเร็วเฉลี่ย (v_{av}) ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (ในช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น)

2. อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Speed; v_{in}) ระยะทางในช่วงสั้น ๆที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อช่วงเวลาที่เคลื่อนที่น้อยมาก ๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์) หรือ อัตราเร็ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่งหรืออัตราเร็วที่จุดใดจุดหนึ่ง

3. อัตราเร็วคงที่ (v) เป็นการบอกให้ทราบว่าวัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะพิจารณาในช่วงเวลาใด ๆ

ความเร่ง (Acceleration)

การเคลื่อนที่ซึ่งขนาดหรือทิศทางของความเร็วมีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า **การเคลื่อนที่แบบมีความเร่ง**

ความเร่ง หมายถึง **อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว** หรือ **ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา**

ความเร่ง $\vec{a}$ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น m/s^2

ความเร่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1.ความเร่งเฉลี่ย ($\vec{a}_{av}$) **เป็นความเร็วที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาที่พิจารณาเท่านั้น**

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$ หรือ $$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t_2 - t_1}$$ หรือ $$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t}$$

2.ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง ($\vec{a}_{in}$) เป็นความเร่ง ณ จุดใดจุดหนึ่ง พิจารณาในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ

$$\vec{a}=\vec{a}_{in}=\lim_{\Delta t\to o}\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}=\frac{d\vec{v}}{dt} \quad m/s^2$$

3.ความเร่งคงที่ ($\vec{a}$) เป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างสม่ำเสมอ หรือ ความเร็วจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่

$$\vec{a}=\vec{a}_{in}=\vec{a}_{av}=\frac{\Delta\vec{v}}{t}=\frac{\vec{v}-\vec{u}}{t}$$

ข้อสังเกต

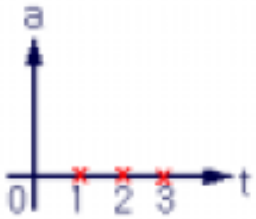
1.ทิศทางของความเร่ง จะอยู่ในทิศทางเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไปเสมอ

2.เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ค่าความเร่งเฉลี่ย และค่าความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง จะมีค่าเท่ากับความเร่งคงที่นั้น

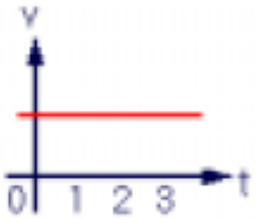
3.เมื่อวัตถุมีความเร็วลดลง เราจะได้ว่า ความเร่งมีค่าเป็นลบ หรือ ความเร่งมีทิศตรงข้ามการเคลื่อนที่ บางครั้งเรียก ความเร่ง ที่มีค่าเป็นลบ (-) ว่า ความหน่วง

Rattanaporn

กราฟชุดที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณการเคลื่อนที่



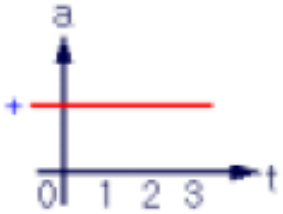
ความเร่ง = 0



ความเร็วคงที่

การขจัดเพิ่มขึ้นเป็นกราฟเส้นตรง

กราฟชุดที่ 2

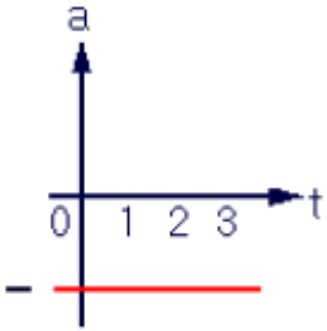


ความเร่งเป็นบวกคงที่

ความเร็วเพิ่มเป็นเส้นตรง

การขจัดเพิ่มขึ้นเป็นเส้นโค้งหงาย

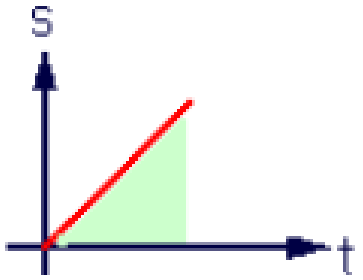
กราฟชุดที่ 3



ความเร่งเป็นลบคงที่

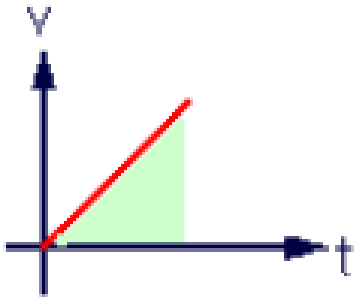
ความเร็วลดลงเป็นเส้นตรง

การขจัดลดเป็นเส้นโค้งตะแคง



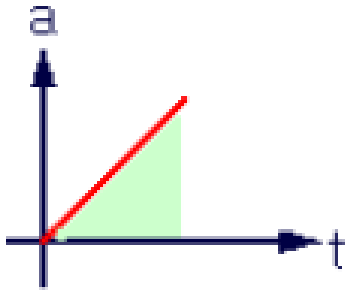
พื้นที่ใต้กราฟ จะไม่เท่ากับอะไรเลย

ความชันเส้นกราฟ = $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$



พื้นที่ใต้กราฟ = $s, \vec{s}$

ความชันเส้นกราฟ = $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t_2 - t_1}$



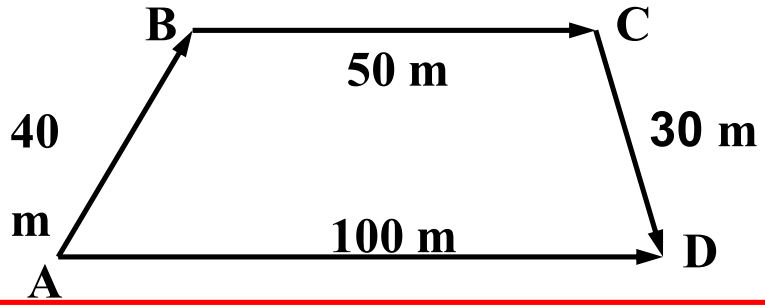
พื้นที่ใต้กราฟ = $v - u$

ความชันเส้นกราฟ ไม่เท่ากับอะไรเลย

แบบฝึกหัด 2.1

1. เอซ้อมวิ่งรอบสนามฟุตบอล ซึ่งมีความยาวเส้นรอบวง 400 m ครบรอบใช้เวลา 50 s จงหาอัตราเร็วเฉลี่ย และความเร็วเฉลี่ยของเอ

2. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่จาก A ไป D ตามแนว A → B → C → D ดังรูป กินเวลานาน 20 s จงหา



ก.ระยะทาง ข.การกระจัด

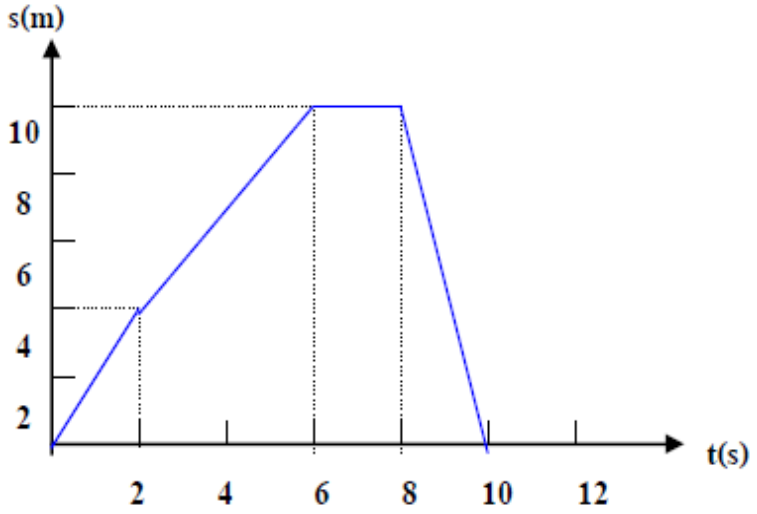
ค.อัตราเร็วเฉลี่ย ง.ความเร็วเฉลี่ย

3. จากรูปเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลาของวัตถุหนึ่ง จงหา

ก.ระยะทางและการกระจัดในช่วงเวลา 2, 6, 8 s

ข.อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 2 และ 8 s

ค.ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 10 s



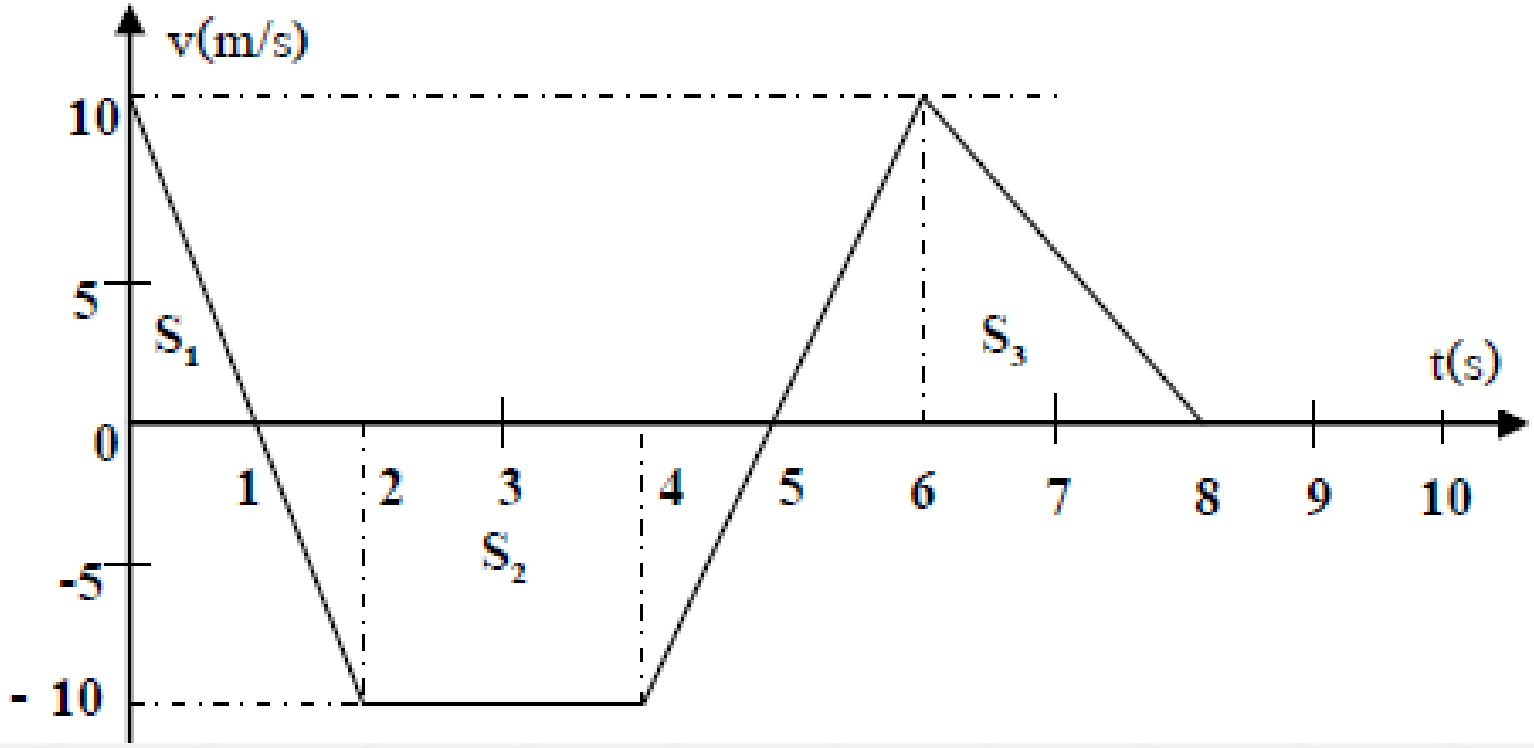
Rattanaporn

4. จากรูป จงหา

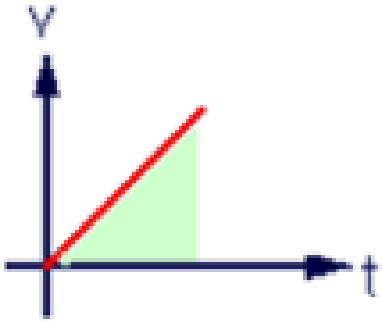
ก). การกระจัดเมื่อสิ้นวินาทีที่ 5

ข). ระยะทางเมื่อสิ้นวินาทีที่ 8

ค). ความเร็วเฉลี่ยตลอดทางที่เคลื่อนที่ได้ในเวลา 8 s



การเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัว



$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t_2 - t_1}$$

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}t$$

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

$$\vec{s} = \vec{u}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

$$\vec{v}^2 = \vec{u}^2 + 2\vec{a}\vec{s}$$

$$\vec{s} = vt - \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

$$\vec{v} = \vec{u} + gt$$

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

$$\vec{s} = \vec{u}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\vec{v}^2 = \vec{u}^2 + 2g\vec{s}$$

$$\vec{s} = vt - \frac{1}{2}gt^2$$

สมการการหาระยะทางในช่วงวินาทีหนึ่งวินาทีใด

ระยะทางในวินาทีหนึ่งวินาทีใด หมายถึง ระยะทางในช่วงเวลา 1 วินาที ณ วินาทีนั้น ๆ เช่น ระยะทางในวินาทีที่ t คือ ระยะทางจากวินาทีที่ (t-1) ถึงวินาทีที่ t (S_t) หาได้จากสมการ

$$S_t = u + \frac{a}{2}(2t - 1)$$

S_t คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในวินาทีที่ t

เงื่อนไขการกำหนดทิศทางของปริมาณต่าง ๆ

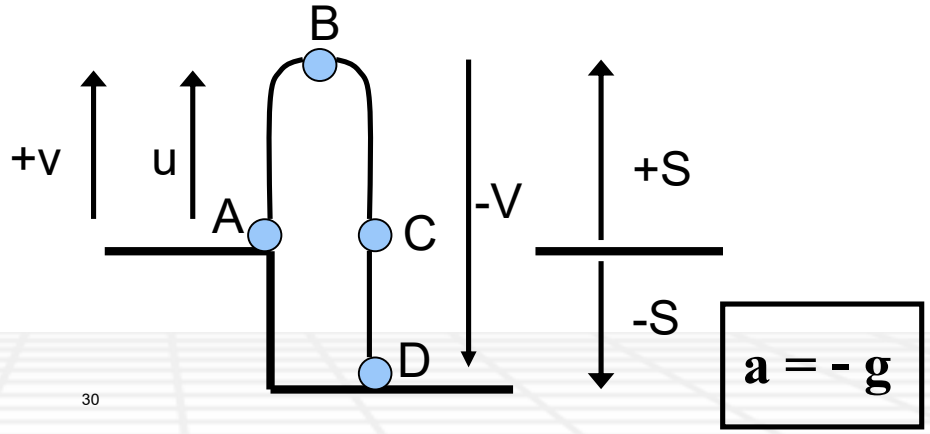
1. **u มีค่าเป็นบวก (+) เสมอ**
2. **v มีค่าเป็นบวก (+)** เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับ **u**

   v มีค่าเป็นลบ (-) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางสวนทางกับ **u**

   v มีค่าเป็นศูนย์ (0) เมื่อวัตถุหยุดเคลื่อนที่
3. **S มีค่าเป็นบวก (+)** เมื่อมีทิศทางเดียวกับ **u** คือวัตถุอยู่เหนือจุดเริ่มต้น

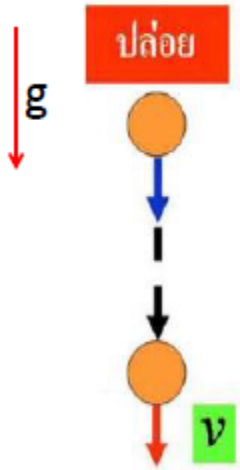
   S มีค่าเป็นลบ (-) เมื่อมีทิศทางสวนกับ **u** คือวัตถุอยู่ต่ำกว่าจุดเริ่มต้น

   S มีค่าเป็นศูนย์ (0) เมื่อวัตถุอยู่ระดับเดียวกับจุดเริ่มต้น
4. **a มีค่าเป็น -g เสมอ** ถ้าเมื่อเริ่มต้นวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งเพราะทิศทาง **g** สวนทางกับ **u**



Rattanaporn

ให้เติมเครื่องหมายของปริมาณต่าง ๆ



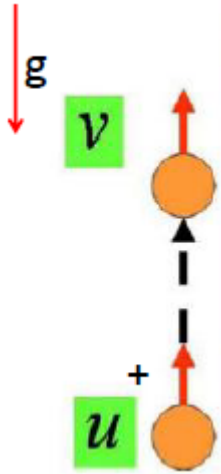
S เป็น .....

u เป็น .....

v เป็น .....

g เป็น .....

t เป็น .....



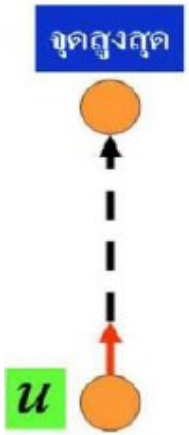
S เป็น .....

u เป็น .....

v เป็น .....

g เป็น .....

t เป็น .....



S เป็น .....

u เป็น .....

v เป็น .....

g เป็น .....

t เป็น .....

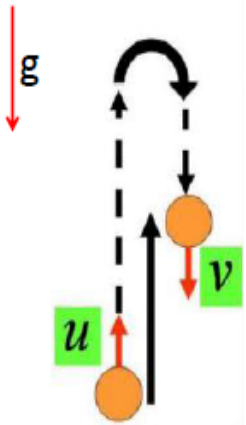
S เป็น .....

u เป็น .....

v เป็น .....

g เป็น .....

t เป็น .....



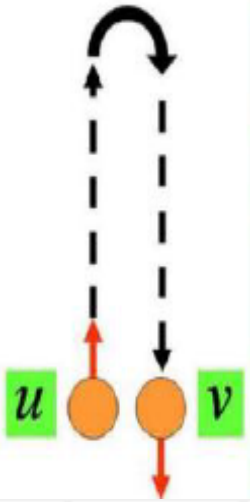
S เป็น .....

u เป็น .....

v เป็น .....

g เป็น .....

t เป็น .....



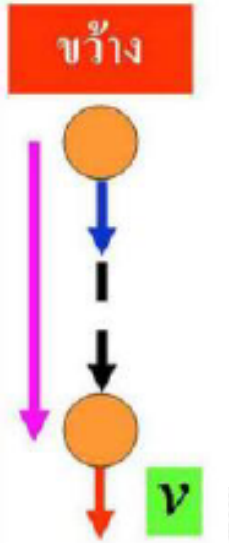
S เป็น .....

u เป็น .....

v เป็น .....

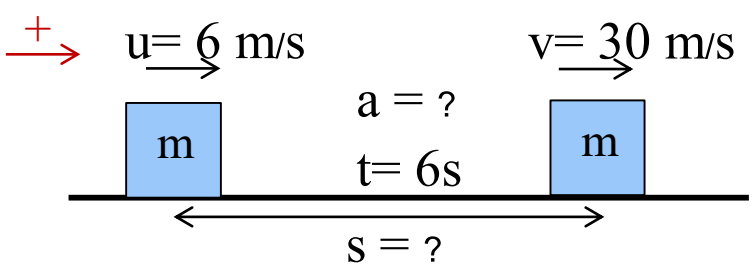
g เป็น .....

t เป็น .....



Rattanaporn

ตัวอย่าง อนุภาคหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเป็น **6 m/s** โดยมีความเร่งคงที่ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป **6 s** อนุภาคนี้มีความเร็ว **30 m/s** จงหาค่าความเร่งและระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้ในเวลา **6 s** นี้



$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}t$$

$$30 = 6 + a(6)$$

$$a = 4\ m/s^2$$

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

$$s = \left(\frac{6+30}{2}\right)6$$

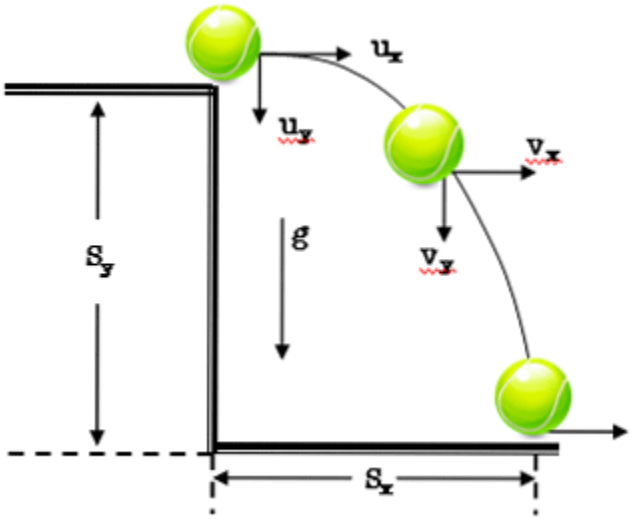
$$s = 108\ m$$

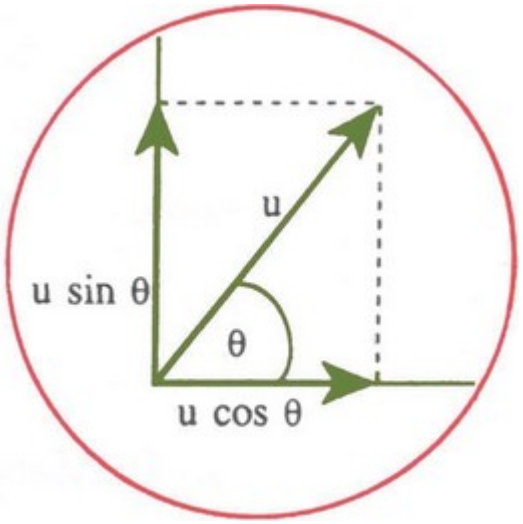
ตัวอย่าง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น **10 m/s** ได้ระยะทาง **80 m** ในเวลา **4 s** วัตถุมีค่าความเร่งเท่าใด

ตัวอย่าง วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วต้น **10 m/s** โดยมีความเร่ง **5 m/s^2** ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง **480 m** วัตถุเคลื่อนที่มาแล้วกี่วินาที

2.2 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง

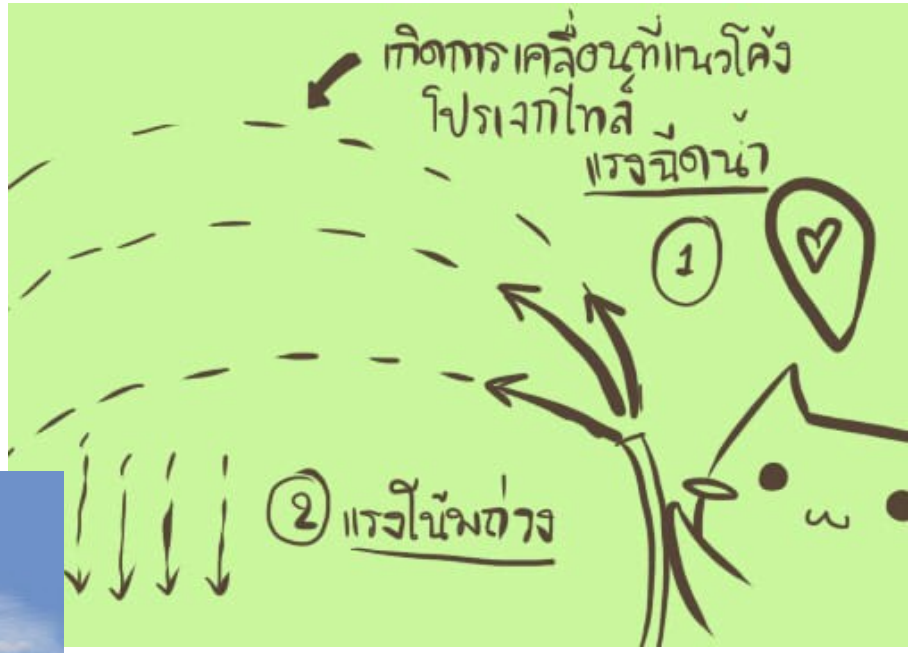
❖ **การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ (Projectile Motion) คือ การเคลื่อนที่ในแนวโค้งรูปพาราโบลา เกิดจากการเคลื่อนที่ในแนว 2 แนวพร้อมกัน**





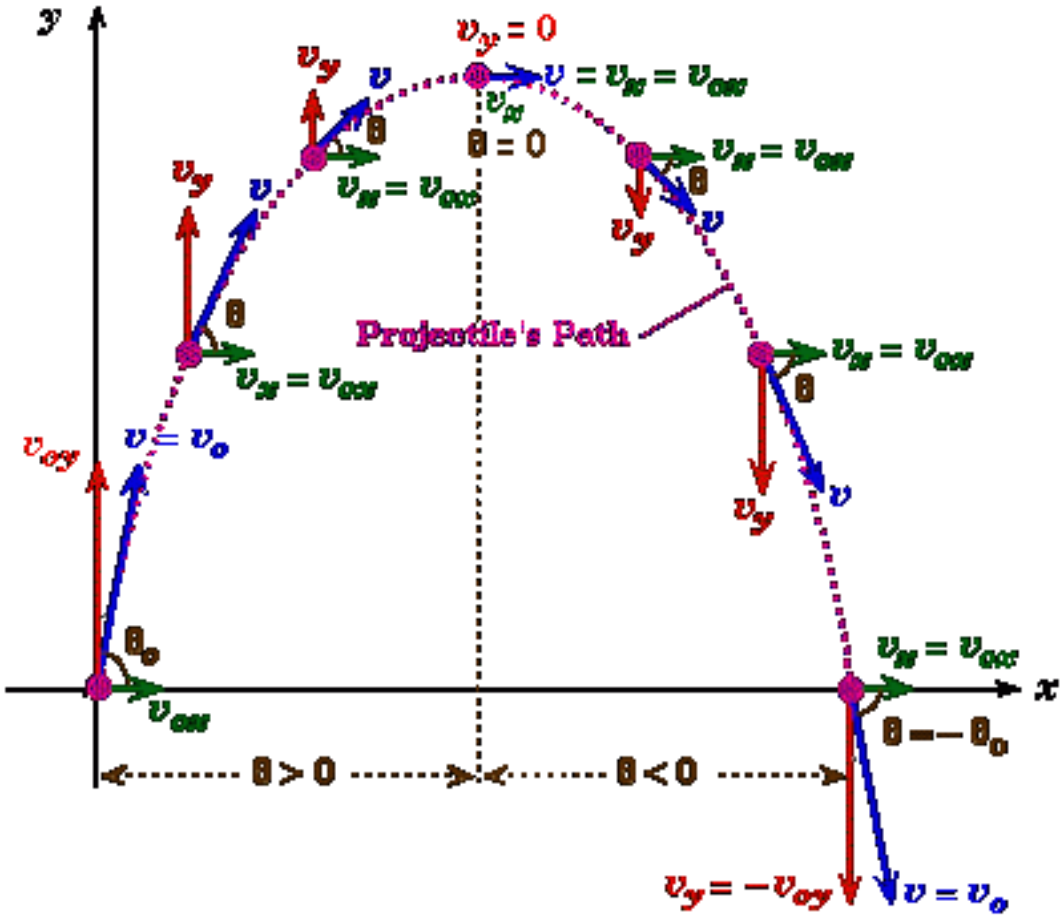
อะไรบ้างที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์

- ได้แก่ ดอกไม้ไฟ น้ำพุ การเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ถูกเตะขึ้นจากพื้น การเคลื่อนที่ของนักกระโดดไกล



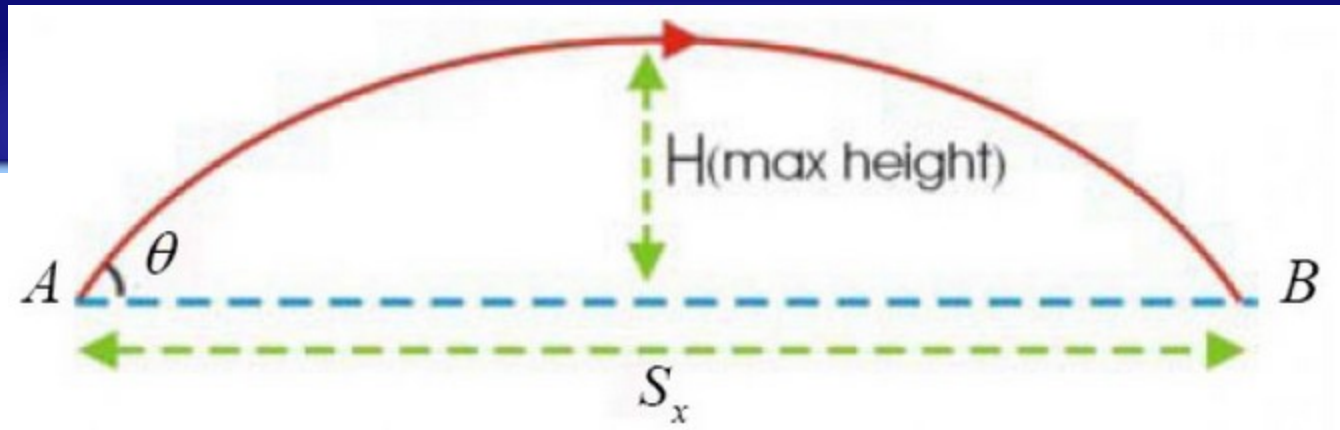
การคำนวณการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์

กรณีที่ 1 ความเร็วต้น u ทำมุมเงยกับแนวระดับ ด้วยมุม θ ใดๆ ในที่นี้เราไม่คำนึงผลของแรงต้านอากาศ โดยวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นจากจุดเริ่มต้น ขึ้นไปยังจุดสูงสุด แล้วตกกลับลงมาอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยจุดสิ้นสุดอยู่ระดับเดียวกับจุดเริ่มต้น



$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$$

ในแนวระดับ (x)	ในแนวดิ่ง (y)
ความเร็วต้นในแนวแกน x $u_x = u\cos\theta$	ความเร็วต้นในแนวแกน y $u_y = u\sin\theta$
ความเร่ง $a_x = 0$ เนื่องจากไม่มีแรงกระทำในแนวระดับ	ความเร่ง $a_y = -g = -9.8\ m/s^2 \simeq -10\ m/s^2$ g เป็นลบเพราะมีทิศตรงข้ามกับ u
ความเร็วในแนวแกน x ที่เวลา t ใดๆ $v_x = u_x$ $= u\cos\theta$	ความเร็วในแนวแกน y ที่เวลา t ใดๆ $v_y = u_y + a_y t$ $= u\sin\theta - gt$
การกระจัดในแนวแกน x ที่เวลา t ใดๆ $s_x = u_x t + \frac{1}{2}a_x t^2$ $= (u\cos\theta)t$	การกระจัดในแนวแกน y ที่เวลา t ใดๆ $s_y = u_y t + \frac{1}{2}a_y t^2$ $= (u\sin\theta)t - \frac{1}{2}gt^2$



เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่จาก **A** ไป **B**

$$t = \frac{2u\sin\theta}{g}$$

เวลา ถึงจุดสูงสุด

$$t_H = \frac{u\sin\theta}{g} = \frac{u_y}{g}$$

ความสูงสุด

$$H = \frac{u^2\sin^2\theta}{2g}$$

ระยะตกจากจุดยิง (S_x)

$$S_x = \frac{u^2\sin 2\theta}{g}$$

ความสูง/ระยะตก (S_y / S_x)

$$\frac{S_y}{S_x} = \frac{1}{4}\tan\theta$$

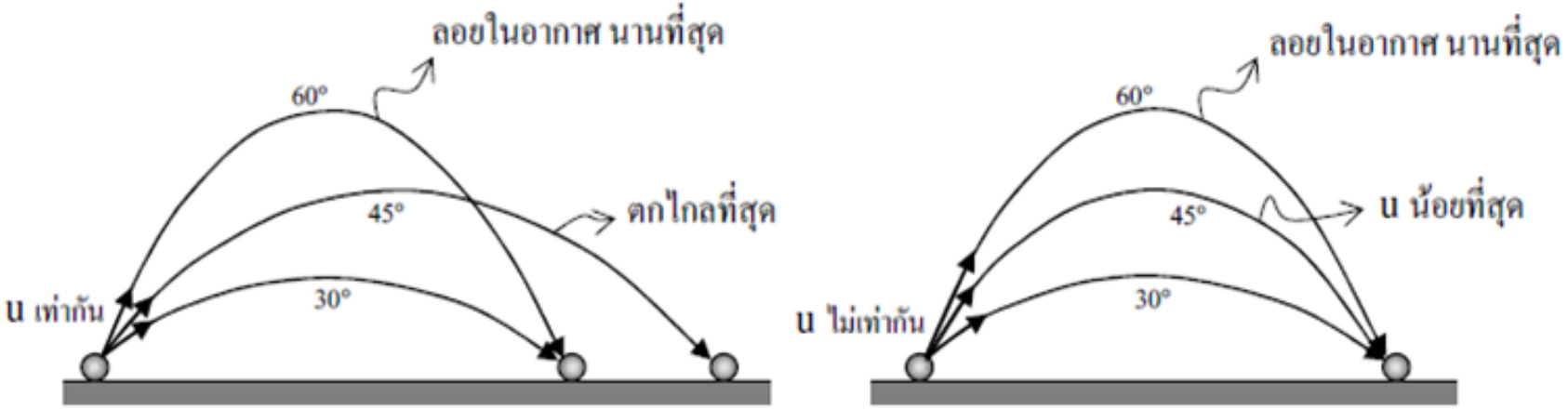
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Rattanaporn

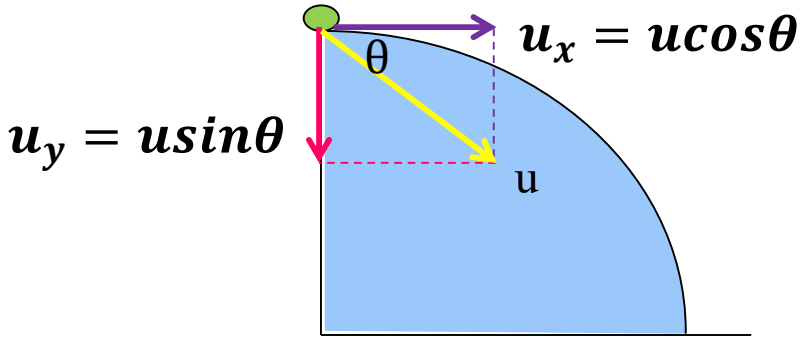
หมายเหตุ

1.มุมปาโปรเจกไทล์ที่ทำให้วัตถุไกลที่สุด คือมุม 45 องศา ได้ $S_{max} = \frac{u^2}{g}$

2. การยิงโปรเจกไทล์ 2 ครั้ง ถ้า 2 ครั้งนั้นยิงด้วยความเร็วต้นเดิม u มุมยิงทั้งสองรวมกันได้ 90 องศา จะตกที่เดียวกันเสมอ โดยมุมโตจะขึ้นสูงกว่าเสมอ



กรณีที่ 2 วัตถุมีความเร็วต้น u ทำมุมกับแนวระดับ



ความเร็วในแนวราบคงที่ $v_x = u_x = u\cos\theta$

ความเร็วในแนวขณะใด ๆ $v_y = u\sin\theta + gt$

ขนาดของความเร็ว $(\vec{v})$ และการกระจัด $(\vec{s})$ ของวัตถุในเวลาใด ๆ (t) หาได้จาก

$$v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2} \qquad s = \sqrt{{s_x}^2 + {s_y}^2}$$

โดยที่ $s_x = (u\cos\theta)t$ และ $s_y = (u\sin\theta)t + \frac{1}{2}gt^2$

1.ยิงอนุภาคจากยอดผาสูง 100 m ออกไปในทะเลด้วยความเร็ว 50 m/s ทำมุมเงย 30 องศากับแนวระดับ จงหาว่าอนุภาคตกกระทบพื้นน้ำห่างจากหน้าผาเท่าใด

<u>แนวคิด</u> 1.หาเวลาที่อนุภาคกระทบพื้นน้ำ (t) จากการเคลื่อนที่แนวดิ่ง $\left(s_y = -100\ m\right)$

2.หาระยะทางจากหน้าผาถึงจุดตกจากการเคลื่อนที่แนวราบ $\left(S_x = u_x t\right)$

<u>วิธีทำ</u> หาเวลาที่อนุภาคกระทบพื้นน้ำ (t)

จากสมการ $s_y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$

$$-100 = (50sin30°)t + \frac{1}{2}(-10)t^2$$

$$t^2\text{-}5t\text{-}20 = 0$$

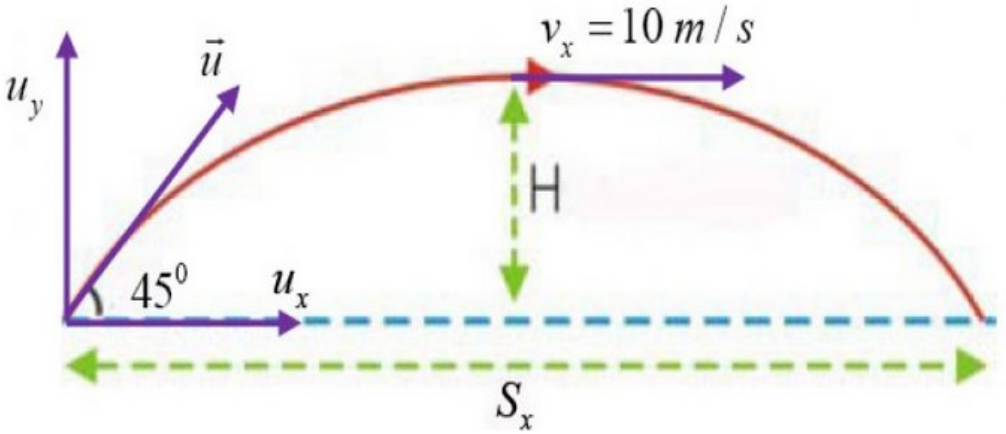
$$t = \frac{-(-5) \pm \sqrt{(-5)^2 - 4(1)(-20)}}{2(1)}$$

$$t = 7.6\ s$$

หาระยะทางจากหน้าผาถึงจุดที่อนุภาคตก

$$s_x = 50cos30° \times 7.6 = 329\ m \qquad Ans.$$

2. วัตถุก้อนหนึ่งยิงในแนวทำมุม 45 องศากับแนวระดับ ปรากฏว่า ณ จุดสูงสุด วัตถุมีความเร็ว 10 m/s ก.วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดเท่าใด ข.วัตถุตกไกลจากจุดยิงเท่าใด



ก. ต้องการหาความสูง H ต้องหาความเร็วต้น u ก่อน

จาก $v_x = u_x$

$10 = u\cos 45^0$

$10 = u(1/\sqrt{2})$

$u = 10\sqrt{2}\ m/s$

หา H จาก

$$H = \frac{u^2\sin^2\theta}{2g}$$

$$= \frac{(10\sqrt{2})^2(1/\sqrt{2})^2}{2(10)}$$

$$= 5\ m$$

ดังนั้น วัตถุขึ้นไปได้สูงสุด 5 เมตร

ข. ต้องการหาระยะตกไกลจากจุดยิง

หา S_x จาก

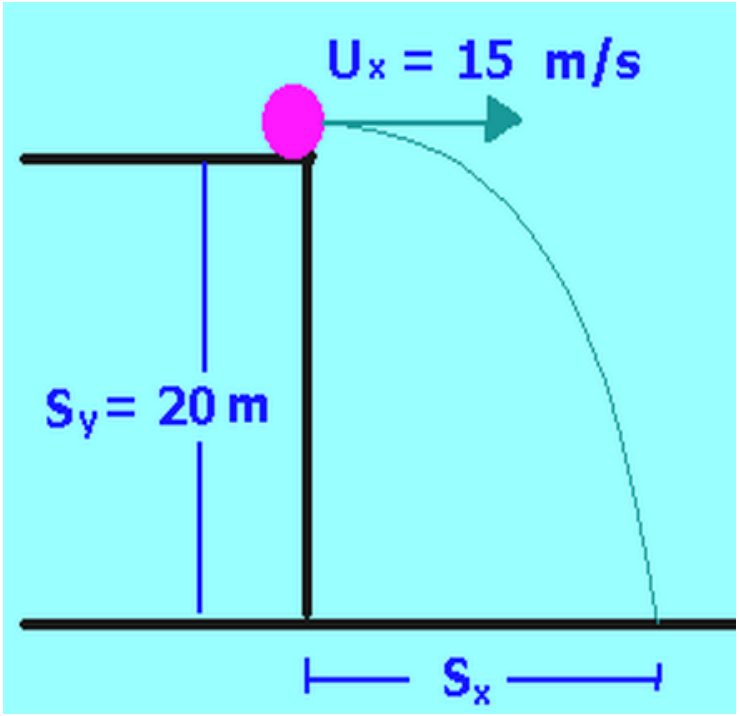
$$S_x = \frac{u^2\sin 2\theta}{g}$$

$$= \frac{(10\sqrt{2})^2(1)}{10}$$

$$= 20\ m$$

ดังนั้น วัตถุตกไกลจากจุดยิง 20 เมตร

3.ขว้างก้อนหินด้วยความเร็วต้น 15 m/s จากขอบหน้าผาสูง 20 mไปตกลงบนพื้น ด้านล่างก้อนหินจะตกห่างจากขอบหน้าผาเท่าใด



หา **t** จากแนวดิ่ง

$$S_y = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$20 = 0 + \frac{1}{2} \times 10t^2$$

$$t = 2\ s$$

ในแนวระดับ

$$S_x = u_x \times t$$

$$S_x = 15 \times 2$$

$$S_x = 30\ m$$

แบบฝึกหัด 2.2

1 นักกรีฑาขว้างค้อนเหวี่ยงค้อนได้ในอัตราเร็วสูงสุด 10 m/s เขาจะสามารถขว้างค้อนไปได้ไกลที่สุดห่างจากจุดที่เขายืนอยู่กี่เมตร (ถ้าไม่แรงเสียดทานอากาศและความสูงของนักกีฬา)

2 เมื่อขว้างก้อนหินก้อนหนึ่งด้วยความเร็ว 10 m/s พบว่าก้อนหินนี้ตกถึงพื้นราบด้วยความเร็วที่ทำมุม 30 องศากับแนวดิ่ง จงหาว่าก้อนหินขึ้นไปได้สูงสุดเท่าใด และไปได้ไกลเท่าใด

3 ลูกบอลถูกยิงออกไปในแนวระดับจากตึกสูง 20 m ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง พบว่าลูกบอลไปตกบนพื้นห่างจากตัวตึกในแนวราบ 20 m จงหาอัตราเร็วที่ยิงลูกบอลออกไปและอัตราเร็วขณะกระทบพื้น

EX4 ชายคนหนึ่งโยนลูกบอลจากยอดพื้นเอียงด้วยความเร็ว 20 m/s เอียงทำมุม 30 องศากับแนวระดับ ถ้าพื้นอียงทำมุม 30 องศากับแนวระดับด้วยเช่นกัน เวลานานเท่าใดลูกบอลจึงจะตกกกระทบพื้นเอียงนับจากโยน

EX5 ยิงลูกปืนออกไปด้วยความเร็ว 200 m/s ในทิศเอียงเป็นมุม 40 องศากับพื้นดิน จงหา

(ก) ความเร็วภายหลัง 20 s

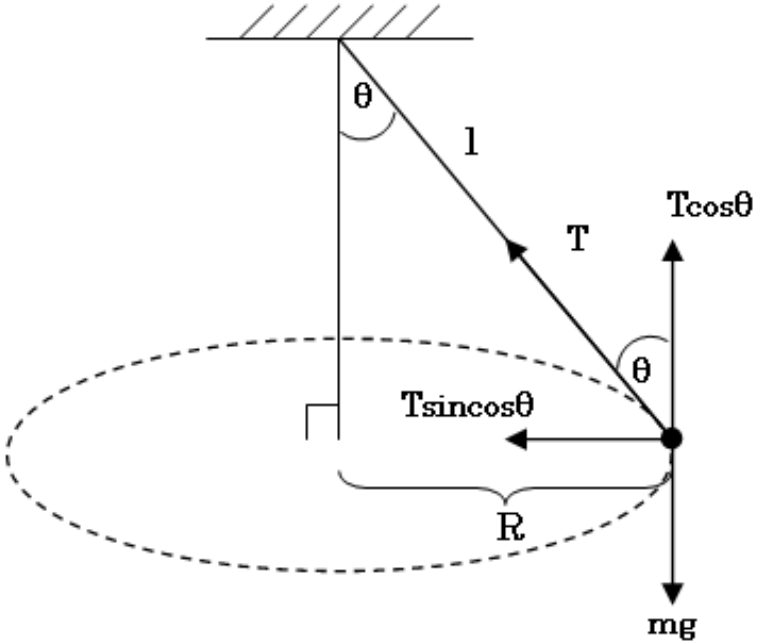
(ข) ตำแหน่งของลูกปืนภายหลัง 20 s

(ค) ความสูงที่สุด

(ง) เวลาในอากาศ

(จ) พิสัย

การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ



ผูกเชือกยาว **l** กับวัตถุ **m** แกว่งให้หมุนทิศทวนเข็ม จะได้สมการดังนี้

- แรงตึงเชือก $T\cos\theta = mg$

$$T\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$$

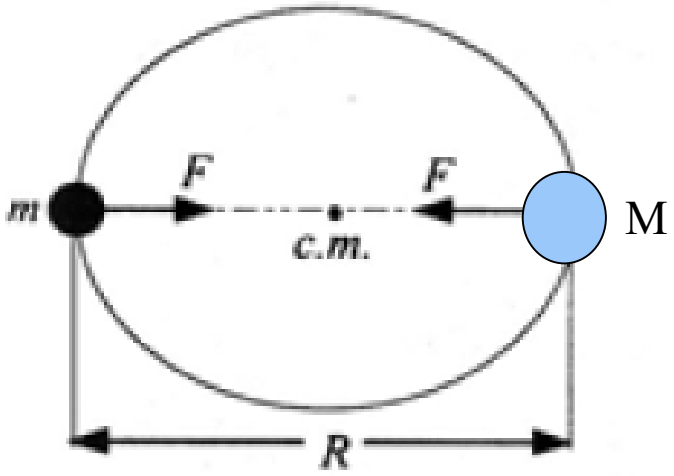
- คาบ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

- ความถี่ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$

Rattanaporn

การเคลื่อนที่ของดาวเทียม

❖ หากดาวเทียมมวล m โคจรรอบโลกด้วยอัตราเร็ว v ณ ตำแหน่งวงโคจร ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเป็นระยะ r ให้ M เป็นมวลของโลก $\vec{F}_c$ เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่โลกกระทำกับดาวเทียม และหาค่าของแรงนี้ได้จากกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน



จะได้ $$F_c = \frac{GMm}{r^2}$$

ดังนั้น $$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

จะได้ $$v^2 = \frac{GM}{r}$$

ได้อัตราเร็วของการโคจรของดาวเทียมเป็น $$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

ตัวอย่าง

- นาฬิกาแบบลูกตุ้มเรือนหนึ่ง ลูกตุ้มแกว่งได้ 60 รอบ/นาที จงหาความยาวของก้านของลูกตุ้มนาฬิกา

- ดาวเทียมสื่อสารที่ถูกส่งให้ไปโคจรสูงจากผิวโลก 4600 km ถ้ารัศมีของโลกมีค่า 6400 km และมีมวล 6×10^{24} kg จงหาความเร็ว ($\vec{v}$) อัตราเร่ง (a) และคาบของดาวเทียม (กำหนดให้ $G = 6.6\times10^{-11}$ Nm^2/kg^2)

To be continued..