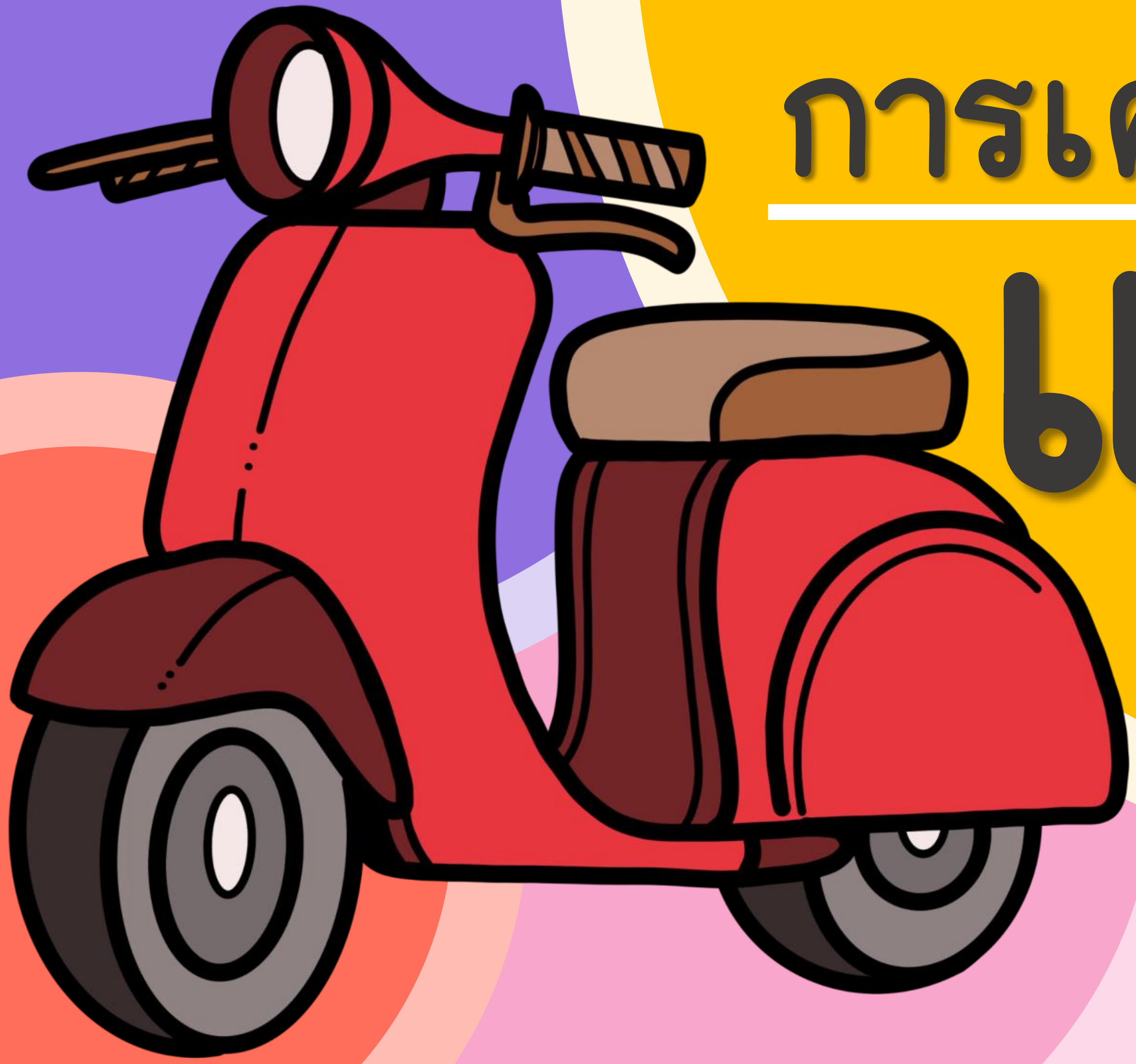
สื่อประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

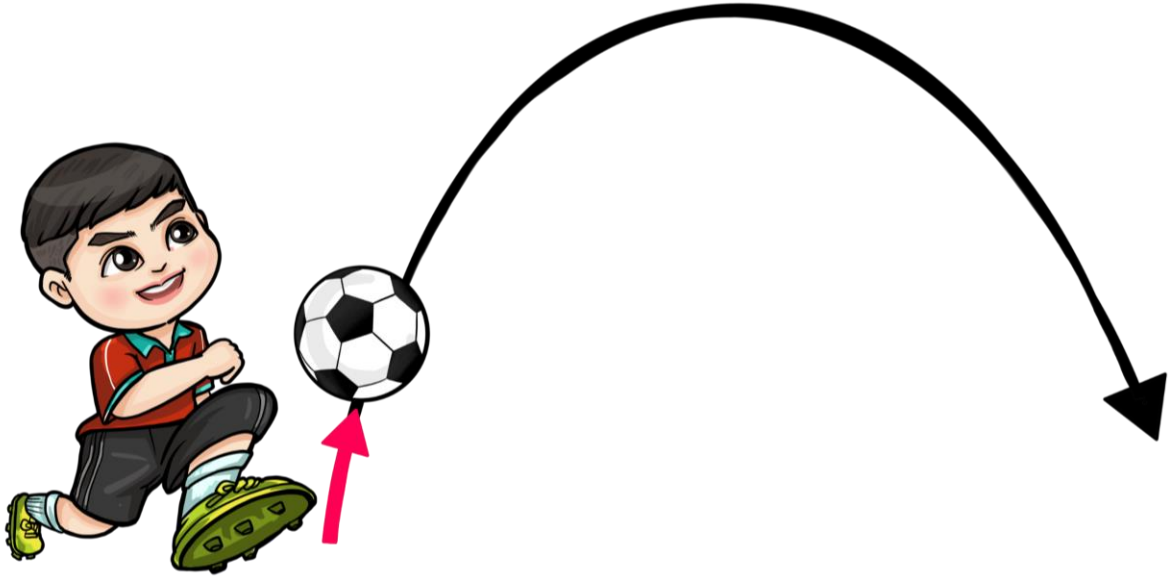


การเคลื่อนที่แนวโค้ง

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

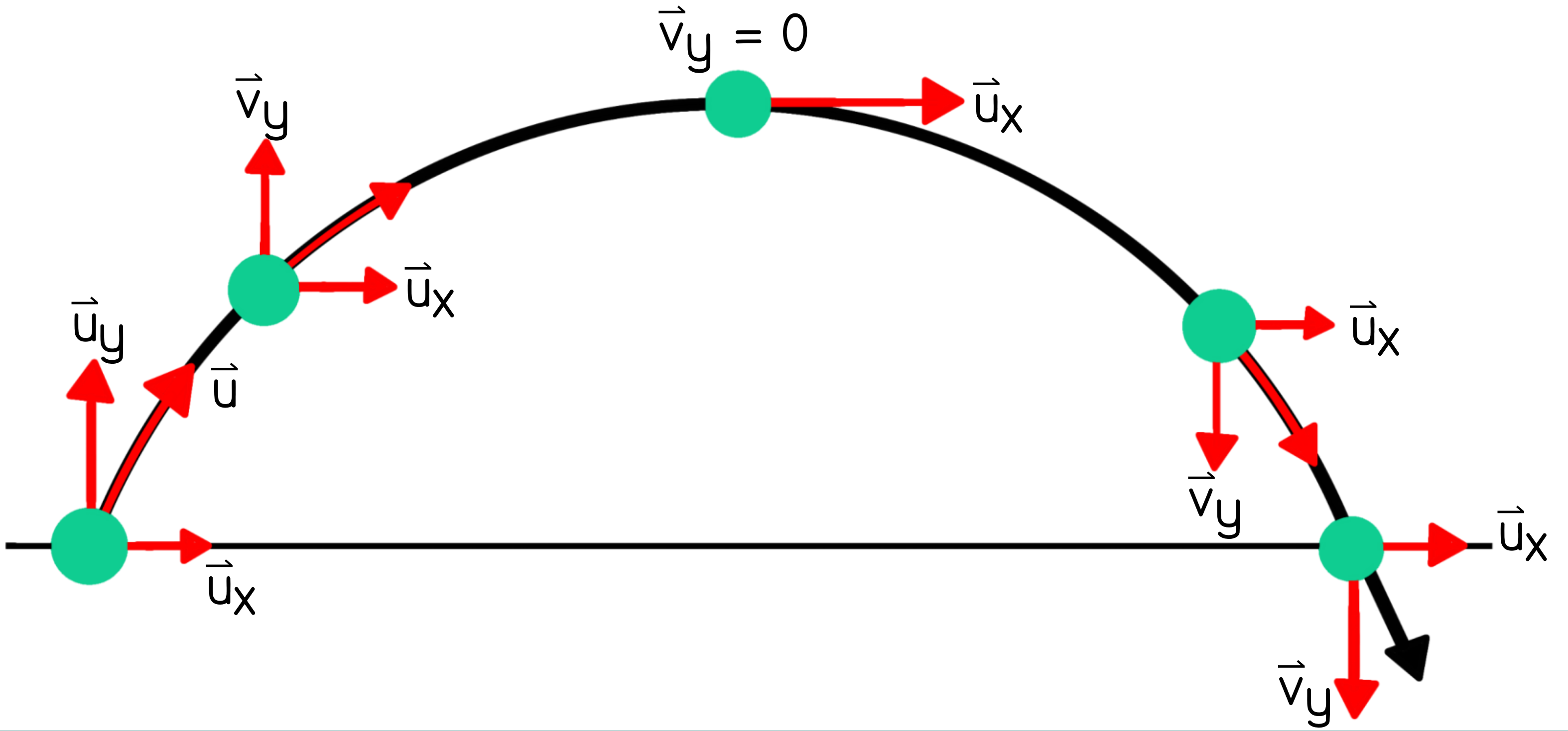
การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

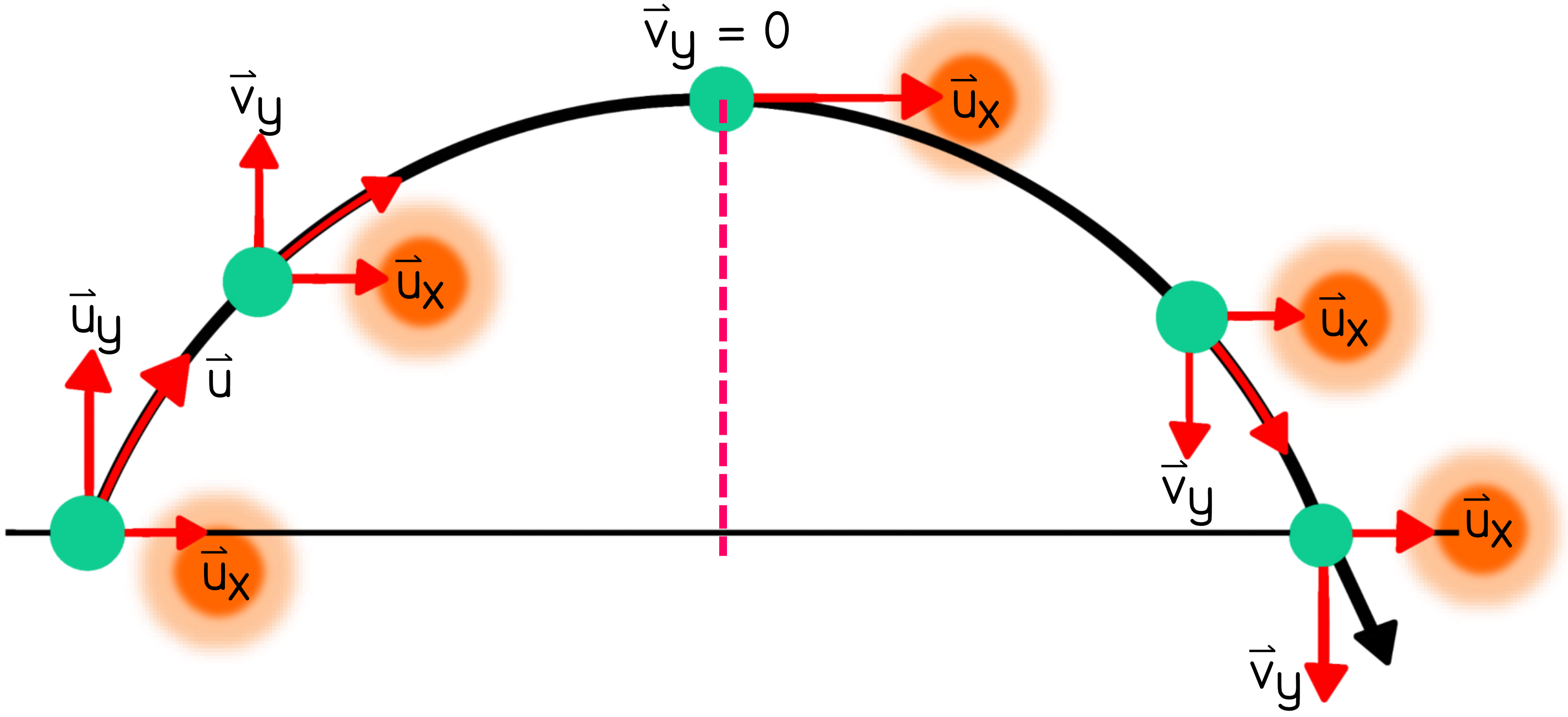


การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile motion) คือ การที่วัตถุมีทิศทาง การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศหรือแรงต้านทานมีผลน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด

วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จะเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งในเวลาเดียวกัน โดยการเคลื่อนที่ในแนวระดับจะมีความเร็วคงตัว ส่วนในแนวดิ่งจะมีแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่ จึงมีความเร็วเปลี่ยนแปลงตลอดการเคลื่อนที่

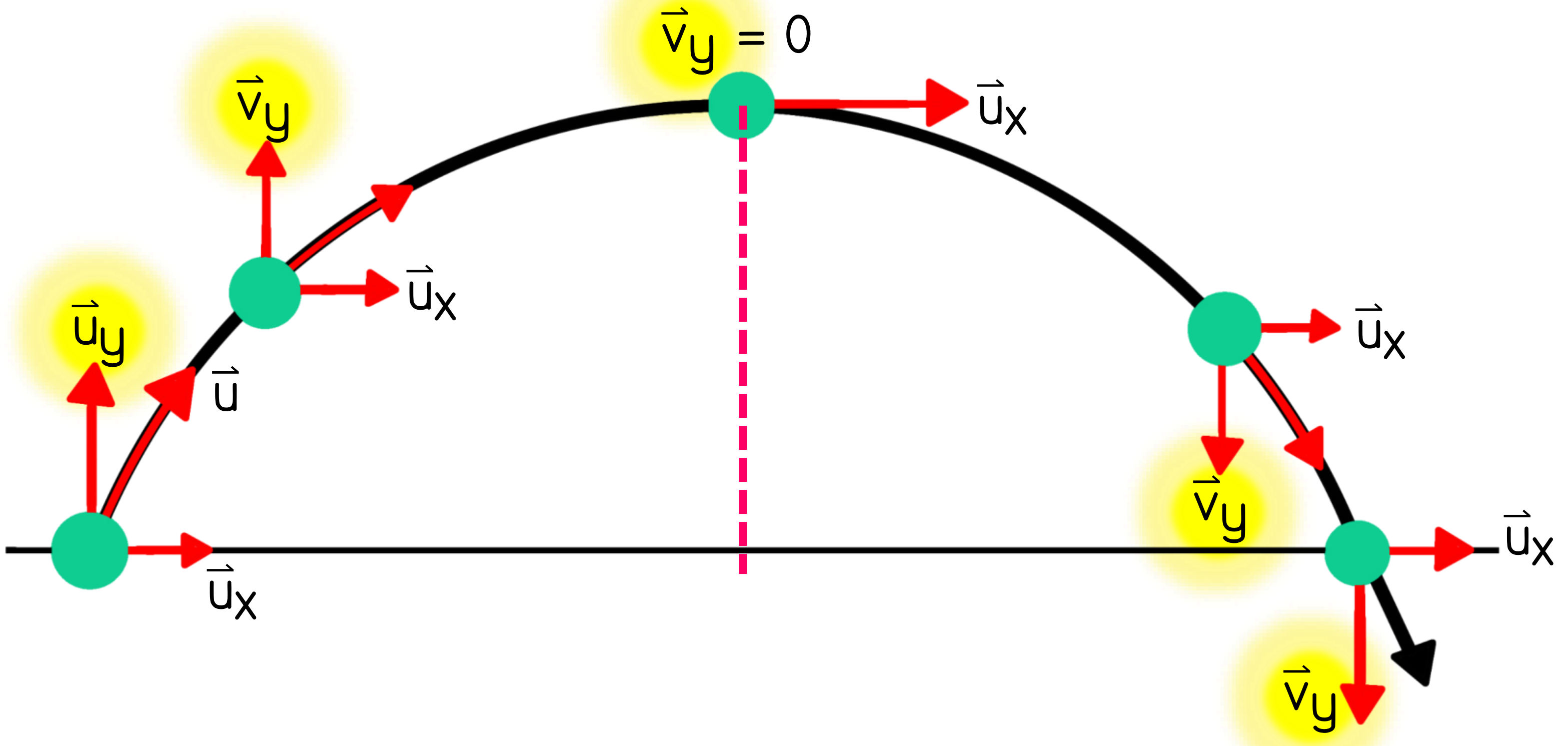


หลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



ความเร็วในแกน x คงตัวตลอดการเคลื่อนที่

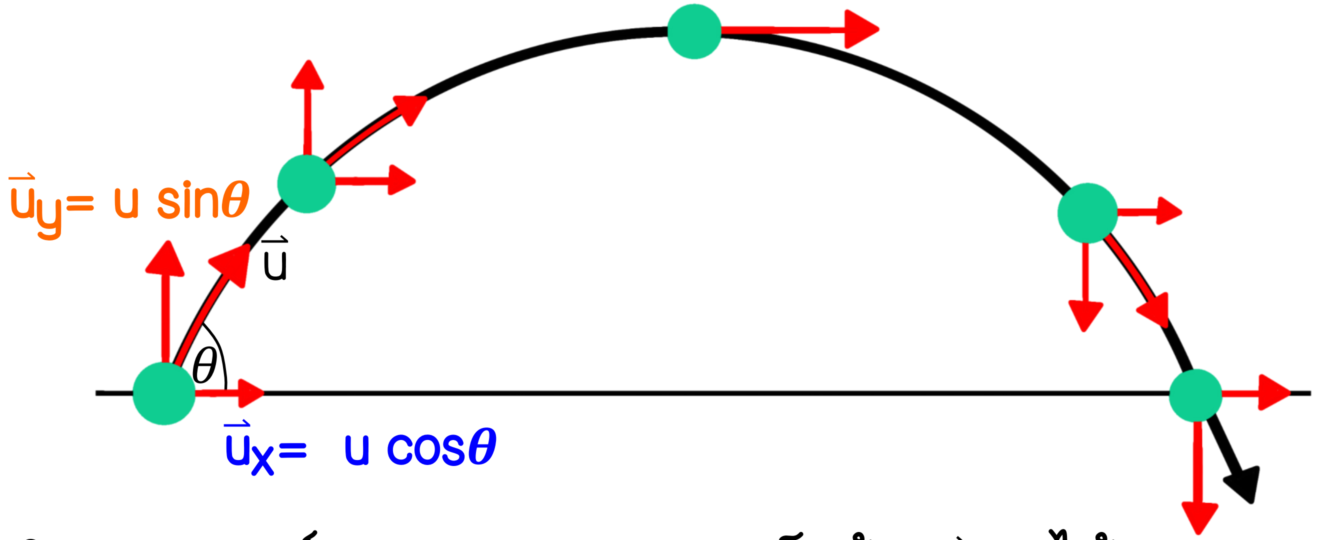
หลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



ความเร็วในแกน y ลดลงอย่างสม่ำเสมอ
จนมีค่าเป็น 0 ณ จุดสูงสุด

ขณะเคลื่อนที่กลับลงมายังพื้น
ความเร็วจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

หลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของความเร็วต้น $\vec{u}$ จะได้

- ความเร็วต้นใน**แนวระดับ** $\vec{u}_x = u \cos\theta$ มีค่าเท่าเดิมตลอดการเคลื่อนที่
- ความเร็วต้นใน**แนวดิ่ง** $\vec{u}_y = u \sin\theta$ เปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่แบบตกเสรี

เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งเป็นเวลาเดียวกัน ดังนั้น $t_x = t_y$

สมการโพรเจกไทล์

แนวระดับ

$$\Delta x = u_x t$$

การกระจัดสูงสุดในแนวระดับ

$$\Delta x_{max} = \frac{u^2 (\sin 2\theta)}{g}$$

แนวดิ่ง

$$\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y = u_y + gt$$

$$v_y^2 = u_y^2 + 2g\Delta y$$

$$\Delta y = \left(\frac{u_y + v_y}{2}\right) t$$

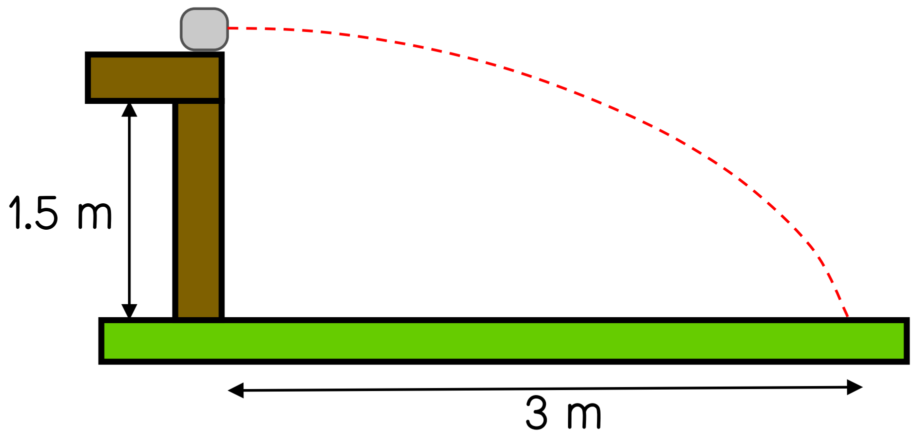
การกระจัดสูงสุดในแนวดิ่ง

$$\Delta y_{max} = \frac{u^2 (\sin^2 \theta)}{2g}$$

เวลาที่วัตถุใช้ตกถึงพื้น

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

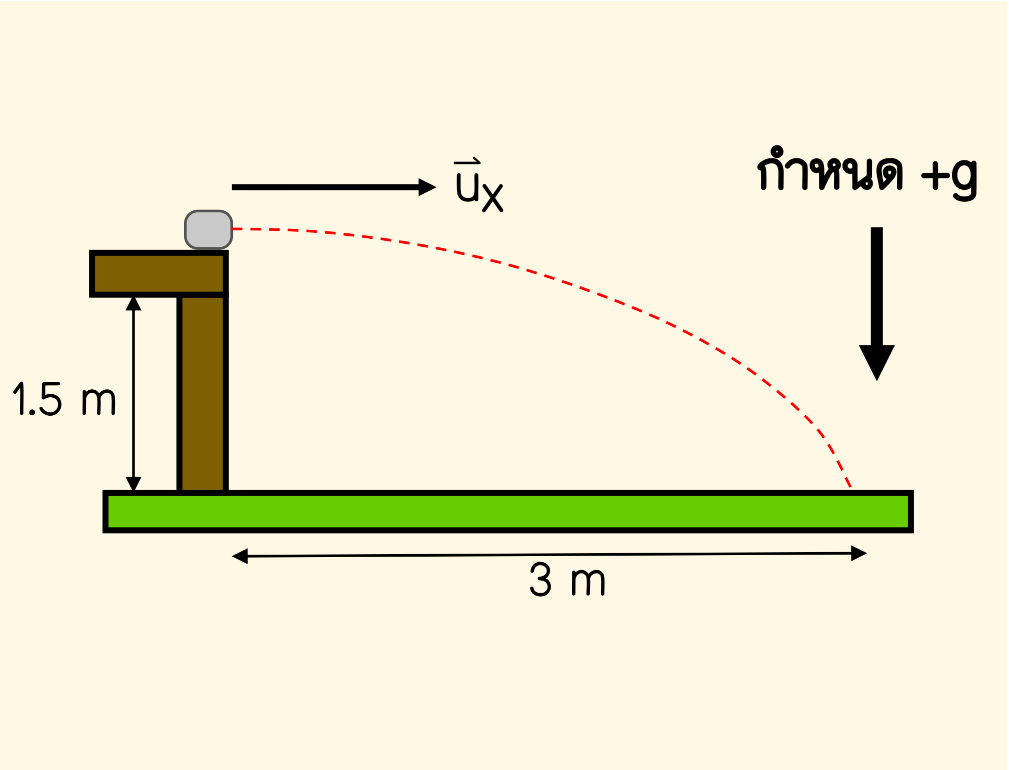
ตัวอย่างการคำนวณ ดีดยางลบออกจากขอบโต๊ะสูง 1.5 เมตร พบว่ายางลบกระเด็นตกไปไกล 3 เมตร เมื่อวัดในแนวระดับ ดังรูป



จงหา

ก. เวลาที่ยางลบใช้ในการเคลื่อนที่ในอากาศ

ข. อัตราเร็วที่ยางลบถูกดีดออกจากขอบโต๊ะ



ก. เวลาที่ยางลบใช้ในการเคลื่อนที่ในอากาศ

วิธีคิด $\vec{u}_y = 0$ m/s , $\Delta y = 1.5$ m

วิธีทำ จาก $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$

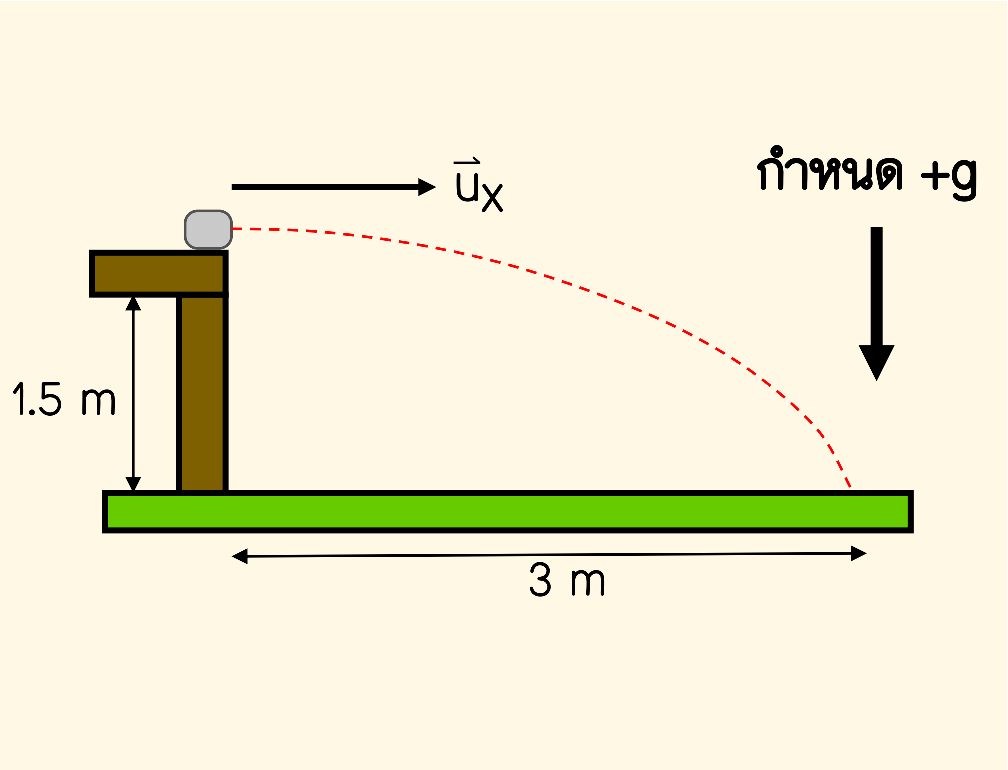
จะได้ $1.5 = 0 + \frac{1}{2}(9.8)\,t^2$

$$t^2 = \frac{1.5}{4.9}$$

$$t^2 = 0.306$$

$$t = 0.553 \text{ s}$$ **Ans.**

ตอบ เวลาที่ยางลบใช้ในการเคลื่อนที่ในอากาศ เท่ากับ 0.55 วินาที



ข. อัตราเร็วที่ยางลบถูกดีดออกจากขอบโต๊ะ

วิธีคิด อัตราเร็วที่ยางลบถูกดีดออกจากขอบโต๊ะมีค่าเท่ากับอัตราเร็วที่ยางลบเคลื่อนที่ในแนวระดับ

วิธีทำ จาก $\Delta x = u_x t$

จะได้ $3 = u_x (0.553)$

$$u_x = \frac{3}{0.553}$$

$$u_x = 5.42 \text{ m/s}$$ **Ans.**

ตอบ อัตราเร็วที่ยางลบถูกดีดออกจากขอบโต๊ะ เท่ากับ 5.42 เมตรต่อวินาที

วัตถุจะตกไกลที่สุดเมื่อยิงด้วยมุมเท่าใด และมีระยะไกลสุดเท่าใด เมื่อยิงด้วยอัตราเร็วต้นเท่ากันและไม่คิดแรงต้านอากาศ

สมมติว่ายิงวัตถุด้วยความเร็วต้น $\vec{u}$ ทำมุม θ กับแนวระดับ

จากสมการการเคลื่อนที่แนวดิ่ง $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2}gt^2$ จะได้ $t = \frac{2(u\sin\theta)}{g}$

จากสมการการเคลื่อนที่ในแนวระดับ $\Delta x = u_x t$ จะได้ $\Delta x = (u\cos\theta)t$

แทนค่า $t = \frac{2(u\sin\theta)}{g}$ ในสมการ $\Delta x = (u\cos\theta)t$

จะได้ $$\Delta x = (u\cos\theta)\frac{2(u\sin\theta)}{g}$$

$$\Delta x = \frac{u^2(2\sin\theta\cos\theta)}{g}$$

$$\Delta x = \frac{u^2(\sin 2\theta)}{g}$$ → Δx มากสุด เมื่อค่าไซน์มีค่ามากที่สุด

ค่าไซน์มีค่ามากที่สุด นั่นคือ เมื่อ $\sin 2\theta = 1$ ซึ่ง $2\theta = 90°$ หรือ**มุมในการยิง (θ) เท่ากับ 45° เป็นมุมยิงที่มีระยะไกลสุด** Δx_{max}

ดังนั้น $\Delta x_{max} = \dfrac{u^2(1)}{g}$

$$= \frac{u^2}{g}$$

กรณียิงวัตถุด้วยอัตราเร็วต้นเท่ากัน **มุมคู่ใด ๆ ที่มีผลรวมเป็น 90° จะมีจุดตกหรือการกระจัดในแนวระดับเท่ากัน** (แต่เวลาที่ตกถึงพื้นและความสูงของวัตถุไม่เท่ากัน) เช่น

- มุม 15 องศา = มุม 75 องศา
- มุม 40 องศา = มุม 50 องศา
- มุม 66 องศา = มุม 24 องศา
- มุม 23.6 องศา = มุม 66.4 องศา

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลม (circular motion) วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นวงกลม หรือส่วนหนึ่งของวงกลม ซึ่งจะมีแรงกระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force , $\vec{F}_c$) เช่น การเคลื่อนที่ของดาวเทียมรอบโลก รถไต่ถัง การเลี้ยวรถเข้าโค้ง

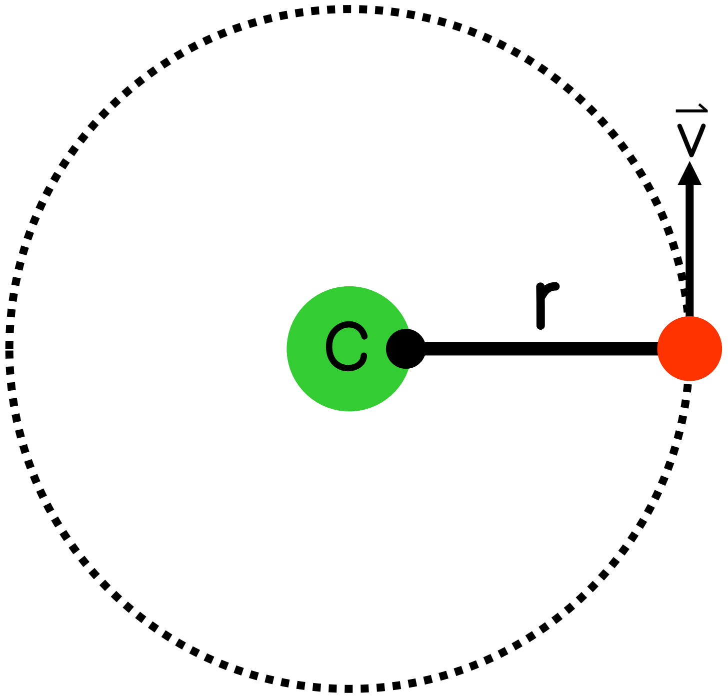
การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ซ้ำแนวเดิม

- ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ครบ 1 รอบ เรียกว่า คาบ (period,T) มีหน่วยเป็นวินาที
- จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่ (frequency,f) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz)

โดยคาบและความถี่มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$f = \frac{1}{T}$$

การเคลื่อนที่แนวโค้ง



วัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลม
ในระนาบระดับด้วยอัตราเร็วคงตัว

ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่เมื่อครบ 1 รอบ คือ ความยาวของเส้นรอบวง มีค่า $2\pi r$ และใช้เวลา T ดังนั้นอัตราเร็วของวัตถุหาได้จาก

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

ตัวอย่างการคำนวณ วัตถุเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนววงกลมด้วยอัตราเร็ว 20 รอบในเวลา 4 วินาที จงหา

ก. คาบของการเคลื่อนที่

ข. ความถี่ของการเคลื่อนที่

ค. อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ ถ้ารัศมีการเคลื่อนที่เท่ากับ 2 เมตร

ก.คาบของการเคลื่อนที่

วิธีทำ จาก $T = \frac{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}{\text{จำนวนรอบของการเคลื่อนที่}}$

จะได้ $T = \frac{4}{20}$

$T = 0.2$ วินาที Ans. (เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ)

ตัวอย่างการคำนวณ วัตถุเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนววงกลมด้วยอัตราเร็ว 20 รอบในเวลา 4 วินาที จงหา

ก. คาบของการเคลื่อนที่

ข. ความถี่ของการเคลื่อนที่

ค. อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ ถ้ารัศมีการเคลื่อนที่เท่ากับ 2 เมตร

ข. ความถี่ของการเคลื่อนที่

วิธีทำ จาก $f = \frac{\text{จำนวนรอบ}}{\text{เวลา}}$

จะได้ $f = \frac{20}{4}$

$f = 5$ รอบต่อวินาที

หรือ

นำค่า T จาก ก. มาแทนค่าใน $f = \frac{1}{T}$

วิธีทำ จาก $f = \frac{1}{T}$

จะได้ $f = \frac{1}{0.2}$

$f = 5$ รอบต่อวินาที

ตัวอย่างการคำนวณ วัตถุเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนววงกลมด้วยอัตราเร็ว 20 รอบในเวลา 4 วินาที จงหา

ก. คาบของการเคลื่อนที่

ข. ความถี่ของการเคลื่อนที่

ค. อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ ถ้ารัศมีการเคลื่อนที่เท่ากับ 2 เมตร

ค. อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ ถ้ารัศมีการเคลื่อนที่เท่ากับ 2 เมตร

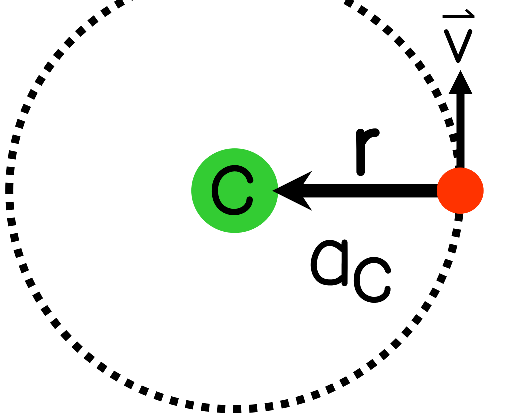
วิธีทำ จาก $v = \frac{2\pi r}{T}$

จะได้ $v = \frac{2\pi(2)}{0.2}$

$v = 62.857$ m/s **Ans.**

การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ

การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ วัตถุจะมีการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว เมื่อพิจารณาหาความเร่ง พบว่ามีความเร่งเกิดขึ้น ซึ่งมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอ เรียกว่า **ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (centripetal acceleration, a_c)** สามารถคำนวณหาได้จาก



ความเร่งในการเคลื่อนที่แบบวงกลม

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

การเคลื่อนที่แนวโค้ง

ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ จะมีแรงลัพธ์ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง หาขนาดได้ ดังนี้

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\Sigma F = ma$

จะได้ $F_c = ma_c$

เมื่อ a_c คือความเร่งที่มีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอ มีค่าเท่ากับ $\frac{v^2}{r}$

จะได้ **สมการหาขนาดของแรงสู่ศูนย์กลาง**

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

ตัวอย่างการคำนวณ วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลมรัศมี 16 เมตร ด้วยอัตราเร็ว 40 เมตรต่อวินาที จงหา

ก. ความเร่งสู่ศูนย์กลาง

ข. แรงสู่ศูนย์กลางเมื่อวัตถุนี้มีมวล 2 กิโลกรัม

ก. ความเร่งสู่ศูนย์กลาง

วิธีทำ จาก $a_c = \frac{v^2}{r}$

จะได้ $a_c = \frac{(40)^2}{16}$

$a_c = 100\ \text{m/s}^2$ **Ans.**

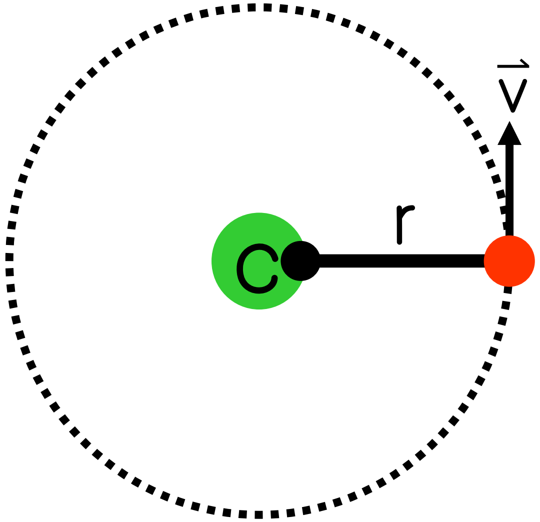
ข. แรงสู่ศูนย์กลางของวัตถุ

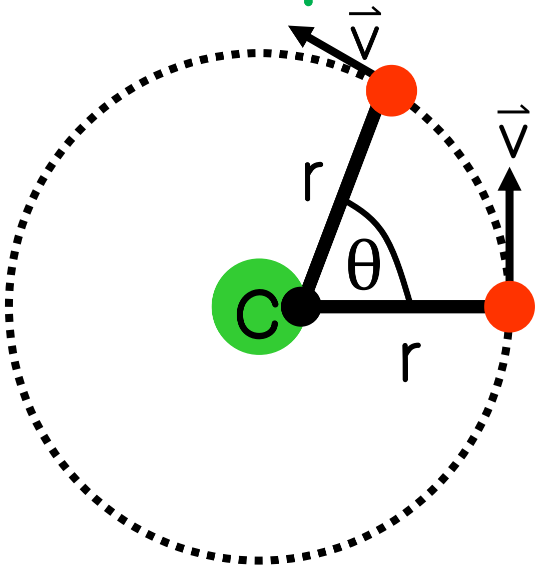
วิธีทำ จาก $F_c = ma_c$

จะได้ $F_c = (2)(100)$

$F_c = 200\ \text{N}$ **Ans.**

อัตราเร็วเชิงเส้น และ อัตราเร็วเชิงมุม





อัตราเร็วเชิงเส้น (v) คือ อัตราเร็วของวัตถุตามแนวเส้นรอบวงกลม หรือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

อัตราเร็วเชิงมุม (ω) คือ มุมระนาบที่รัศมีกวาดได้ต่อ 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

การเคลื่อนที่แนวโค้ง

เมื่อพิจารณาสมการอัตราเร็วเชิงเส้น $v = \frac{2\pi r}{T}$ และ อัตราเร็วเชิงมุม $\omega = \frac{2\pi}{T}$ จะได้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$v = \omega r$$

ซึ่งอัตราเร็วเชิงมุมมีความสัมพันธ์กับความถี่ด้วย

$$\omega = 2\pi f$$

จากความสัมพันธ์ระหว่าง ω v และ r สามารถเขียนสมการแรงสู่ศูนย์กลางได้ใหม่ ดังนี้

จาก $F_C = \frac{mv^2}{r}$

แทนค่า $v = \omega r$ จะได้ $\boxed{F_C = m\omega^2 r}$

การเคลื่อนที่ของดาวเทียม

การที่ดาวเทียมโคจรรอบโลกอยู่ได้ เนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกและมวลของดาวเทียม ตามกฎความโน้มถ่วงสากลของนิวตัน ซึ่งมีสมการ

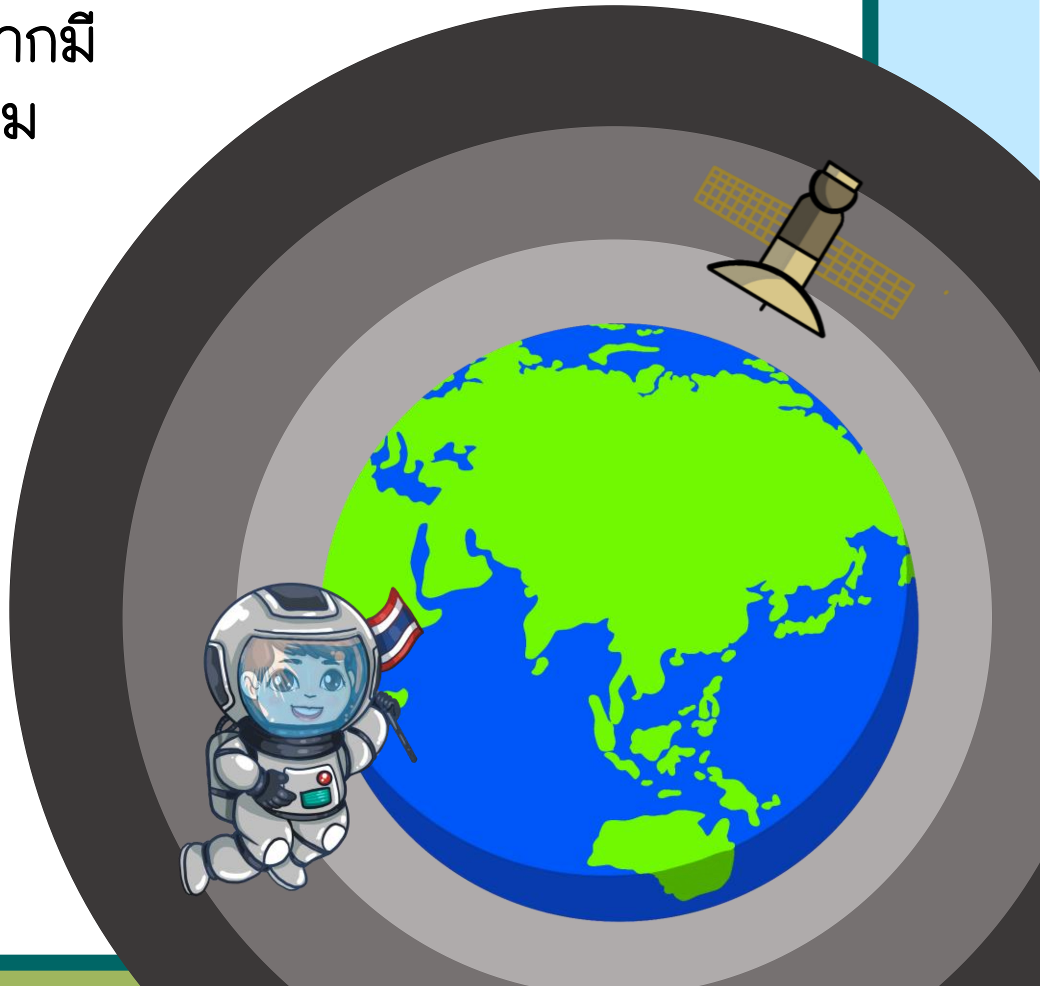
$$F = G\frac{m_1m_2}{r^2}$$

โดยที่ G คือ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล

มีค่า $6.67\times 10^{-11} N.m^2/kg^2$

m_1 และ m_2 คือ มวลของวัตถุ

r คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง



ตัวอย่างการคำนวณ วงโคจรของดวงจันทร์รอบโลกมีรัศมีประมาณ 384000 กิโลเมตร และคาบของการโคจรของดวงจันทร์ 27.3 วัน อัตราเร็วของดวงจันทร์เทียบกับโลกเป็นเท่าใด ในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง

วิธีทำ อัตราเร็วของดวงจันทร์เทียบกับโลก หาได้จาก

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

จะได้ $$v = \frac{2\pi(384000)}{(27.3)\times 24}$$

$$v = 3.681 \times 10^3 \text{ km/h}$$ **Ans.**

ตอบ อัตราเร็วของดวงจันทร์เทียบกับโลก เท่ากับ 3.68×10^3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

THANK YOU