

## กันหอย

### มายก่อนเวลา

การเคลื่อนที่ของวัตถุทุกชนิดยังคงสามารถใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันอธิบายได้เสมอ ตราบเท่าที่วัตถุนั้นยังมีความเร็วต่ำกว่าความเร็วแสง

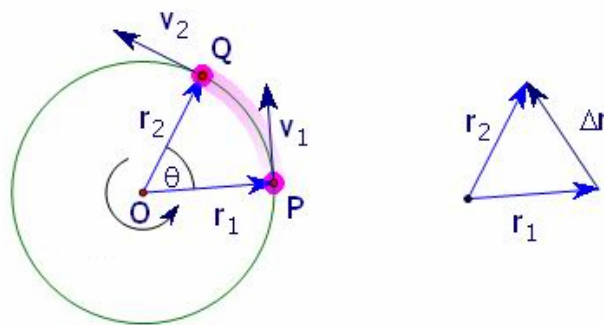
โดยธรรมชาติวัตถุจะมีพฤติกรรมไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน กล่าวคือเมื่อวัตถุอยู่ในภาวะสมดุล (แรงลัพธ์จากภายนอกที่กระทำเป็นศูนย์ ( $\Sigma F = 0$ ) และผลรวมของโมเมนตัมเนื่องจากแรงภายนอกรอบจุดใด ๆ เป็นศูนย์ ( $\Sigma M = 0$ )) วัตถุจะรักษาสภาวะสมดุลนี้ไว้ ถ้าวัตถุอยู่นิ่ง วัตถุก็จะอยู่นิ่งเช่นนั้น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่อยู่ที่วัตถุก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวและเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

วัตถุจะเคลื่อนที่ออกจากแนวเส้นตรงได้ก็ต่อเมื่อมีแรงจากภายนอกที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำต่อมัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรงเดิมด้วยความเร่งค่าหนึ่งซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ( $\Sigma F = ma$ ) และแน่นอนเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำต่อวัตถุ วัตถุย่อมส่งแรงกระทำกลับไปยังแหล่งกำเนิดแรงภายนอกนั้นตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน (แรงกิริยา = แรงปฏิกิริยา)

ในกรณีที่มีแรงภายนอกกระทำกับวัตถุอย่างต่อเนื่องเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุอาจมีรูปแบบเฉพาะเช่น วงกลม วงรี พาราโบลา กันหอย และอื่น ๆ

### ก่อนจะถึงกันหอย

การเคลื่อนที่แบบกันหอย (Spiral motion) มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งแบบหนึ่ง ก่อนที่จะพิจารณาการเคลื่อนที่แบบกันหอย เรามาทบทวนการเคลื่อนที่แบบวงกลมซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งชนิดหนึ่งที่พบเห็นกันบ่อยในชีวิตประจำวัน



รูปที่ 1

จากรูปที่ 1 ตำแหน่งของวัตถุเทียบกับจุดศูนย์กลางของวงกลมกำหนดโดยเวกเตอร์ตำแหน่ง  $\vec{r}$  เมื่อวัตถุเคลื่อนที่รอบจุดศูนย์กลางเป็นวงกลม ความยาวหรือขนาดของเวกเตอร์ตำแหน่งไม่เปลี่ยนแปลงสิ่งที่เปลี่ยนแปลงคือทิศ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุหรือการกระจัดแทนด้วย

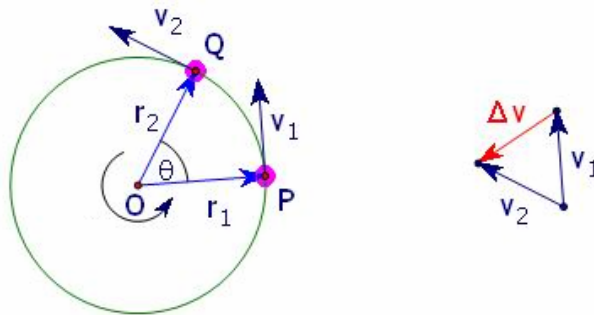
$\Delta \vec{r}$  ในรูปที่ 1  $\vec{r}_1$  และ  $\vec{r}_2$  แทนเวกเตอร์ตำแหน่งที่จุดเริ่มต้นและที่จุดสุดท้ายในช่วงเวลา  $\Delta t$  ตามลำดับ ความเร็วเฉลี่ยของวัตถุในช่วงเวลา  $\Delta t$  หาได้จากสมการ

$$\vec{v}_{\text{ave}} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

ความเร็วมีทิศเดียวกับการกระจัด เมื่อ  $\Delta t \rightarrow 0$  จะได้ความเร็วที่ขณะใดขณะหนึ่ง

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \dots\dots\dots 1$$

ทิศของความเร็วจะตั้งฉากกับเวกเตอร์ตำแหน่งหรือรัศมี และสัมพันธ์กับเส้นรอบวงของวงกลม จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว ขนาดของความเร็วแต่ละตำแหน่งจะเท่ากัน แต่ทิศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุที่อยู่บนเส้นรอบวง นั้นหมายความว่าที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมมีความเร็วไม่คงตัว เมื่อวัตถุมีความเร็วไม่คงตัวแสดงว่าวัตถุมีความเร่ง ความเร่งของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมเป็นอย่างไร



รูปที่ 2

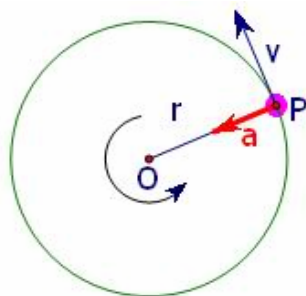
จากรูปที่ 2  $\vec{v}_1$  และ  $\vec{v}_2$  แทนเวกเตอร์ความเร็วที่ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของช่วงเวลา  $\Delta t$  ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา  $\Delta t$  หาได้จาก

$$\vec{a}_{\text{ave}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

ความเร่งมีทิศเดียวกับ  $\Delta \vec{v}$  และเมื่อ  $\Delta t \rightarrow 0$  ความเร่งที่ขณะใดขณะหนึ่งคือ

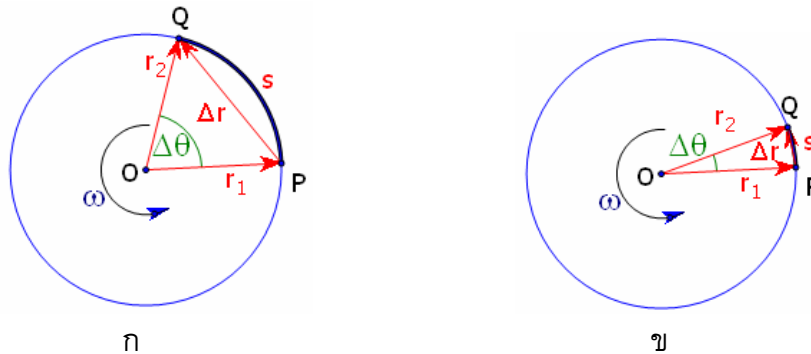
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad \dots\dots\dots 2$$

มีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางของวงกลม เนื่องจากความเร่งของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมมีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางเสมอ นักวิทยาศาสตร์จึงตั้งชื่อความเร่งนี้ว่า **ความเร่งสู่ศูนย์กลาง**



รูปที่ 3

ความเร่งสู่ศูนย์กลาง ความเร็วในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง ความเร็วเชิงมุม และรัศมีของวงกลมมีความสัมพันธ์กันอย่างไร



รูปที่ 4

พิจารณารูปที่ 4 จากนิยามขนาดของการกระจัดเชิงมุม ( $\theta$ ) จะได้  $\Delta\theta = \frac{s}{r}$  เมื่อ  $\Delta\theta$  มีค่าน้อย ๆ  $s = \Delta r$  สมการจะเป็น

$$\Delta\theta = \frac{\Delta r}{r}$$

การเปลี่ยนแปลงการกระจัดเชิงมุมในช่วงเวลา  $\Delta t$  คือนิยามของความเร็วเชิงมุม ( $\omega$ ) ขนาดของความเร็วเชิงมุมหาได้จากสมการ

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\Delta r}{r\Delta t}$$

เมื่อ  $\Delta t \rightarrow 0$  จะได้

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{dr}{r dt} = \frac{v}{r}$$

$$v = \omega r \quad \dots\dots\dots 3$$

จากสมการ 3 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวจะพบว่าขนาดความเร็ว ( $v$ ) ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นตามระยะรัศมี และเมื่อหาอนุพันธ์ของสมการ 3 เทียบกับเวลาจะได้

$$a = \frac{dv}{dt} = \omega \frac{dr}{dt} = \omega v = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r \quad \dots\dots 4$$

จากสมการที่ 4 จะสังเกตเห็นได้ว่าความเร่งสู่ศูนย์กลางขึ้นอยู่กับรัศมีเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

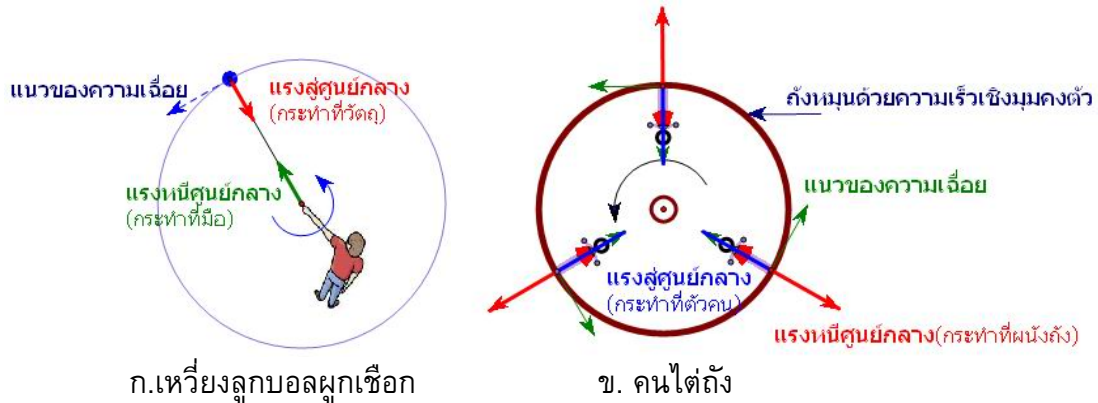
ขณะวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วรอบคงตัว ทิศของความเร่งเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาแต่ขนาดเท่ากัน นั้นหมายความว่าวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วรอบคงตัว มีการเคลื่อนที่แบบความเร่งไม่คงตัว หรือเป็นการเคลื่อนที่ที่มีปริมาณกระตุก (Jerk) โดยนิยามของกระตุกคือ อัตราการเปลี่ยนความเร่ง

$$\vec{j} = \frac{\Delta \vec{a}}{\Delta t} \quad \text{หรือ} \quad \vec{j} = \frac{d\vec{a}}{dt} \quad \text{เมื่อ} \quad \Delta t \rightarrow 0 \quad \dots\dots\dots 5$$

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน เมื่อวัตถุมีความเร่งย่อมต้องมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุในทิศที่ทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศนั้น ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมเรียกแรงที่มากระทำว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง** และหาขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางได้จากสมการ

$$F = ma = m\omega^2 r \quad \text{หรือ} \quad F = m \frac{v^2}{r} \quad \dots\dots\dots 6$$

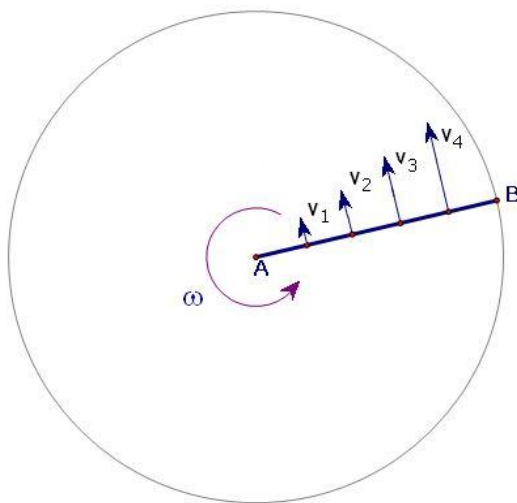
จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ วัตถุย่อมต้องมีแรงกระทำโต้ตอบไปยังแหล่งกำเนิดด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้าม ดังนั้นในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม แรงที่วัตถุกระทำต่อแหล่งกำเนิดแรงภายนอกจึงมีขนาดเท่ากับแรงสู่ศูนย์กลางแต่มีทิศพุ่งออกจากจุดศูนย์กลาง เรียกว่า **แรงหนีศูนย์กลาง**



รูปที่ 5

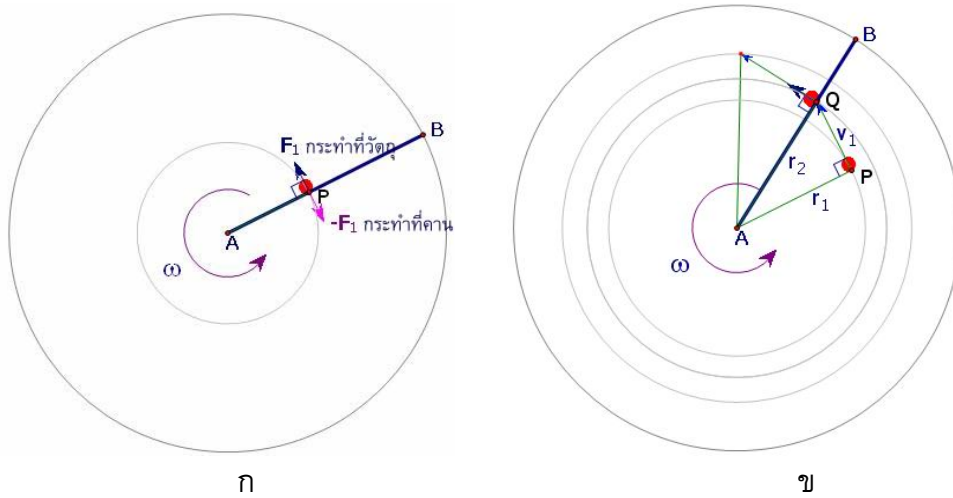
### เข้าสู่กันหอย

พิจารณาคานสมำเสมอ AB ให้ปลาย A เป็นจุดหมุนแล้วหมุนคาน AB รอบจุด A ด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว ดังรูปที่ 6 จากความรู้เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะพบว่าแต่ละตำแหน่งบนคาน AB มีความเร็วในทิศตั้งฉากกับคาน AB ไม่เท่ากัน ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ปลาย A จะมีความเร็วต่ำกว่าตำแหน่งที่ใกล้ปลาย B

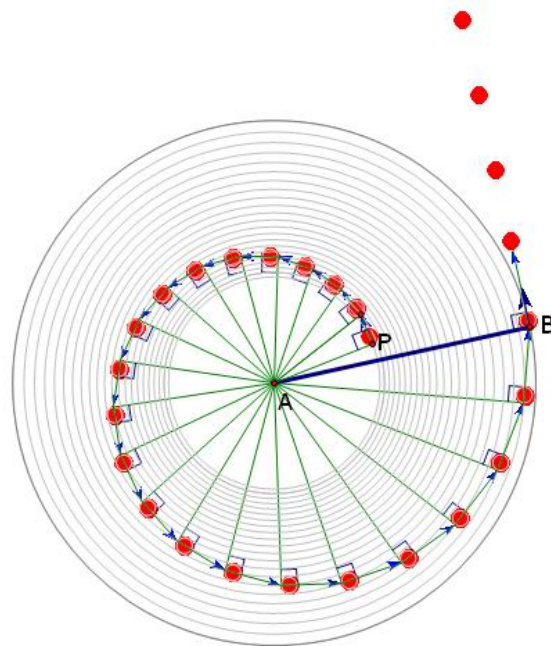


รูปที่ 6

นำวัตถุมาวางที่จุด P ดังแสดงในรูปที่ 7 แล้วหมุนจาน AB รอบจุด A ด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเข้าชนวัตถุที่จุด P คาน AB จะมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงทิศตั้งฉากกับคาน AB ถ้าคาน AB ชนวัตถุที่จุด P แล้วหยุดและไม่มีแรงเสียดทานในระบบ วัตถุจะเคลื่อนที่ต่อไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน สมมติว่าวัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุด Q จะสังเกตเห็นว่าระยะ AQ ยาวกว่าระยะ AP หมุนคาน AB ด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเข้าชนวัตถุที่จุด Q อีกครั้ง คาน AB จะมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตรงทิศตั้งฉากกับคาน AB ที่วางตัวอยู่ในแนว AQ แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเปลี่ยนไปจากครั้งแรก ถ้าหมุนคาน AB ให้ออกแรงกระทำกับวัตถุอย่างต่อเนื่องจะสังเกตเห็นว่าระยะจากจุด A ถึงตำแหน่งของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะกระจัดเชิงมุมเพิ่มขึ้นและเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นรูปก้นหอยจนกว่าวัตถุจะหลุดพ้นปลายคาน B ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7

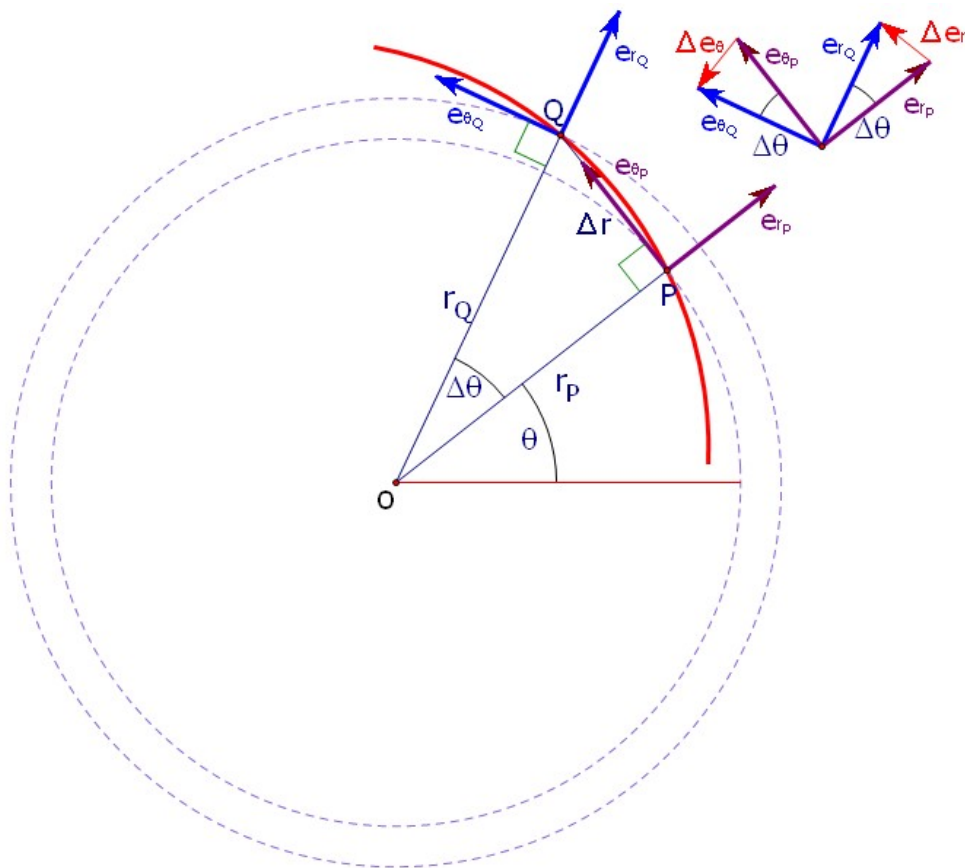


รูปที่ 8

## พิจารณากันหอย

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบก้นหอยการกระจัด ความเร็ว และความเร่งของวัตถุที่แต่ละตำแหน่งจะเป็นอย่างไร

จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าการเคลื่อนที่แบบก้นหอยจะมีการกระจัดในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน คือทิศทางในแนว  $AB$  และทิศทางในแนวตั้งฉากกับ  $AB$  ดังนั้นเพื่อความสะดวกเราจะพิจารณา การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของวัตถุในรูปขององค์ประกอบตามแนวเวกเตอร์รัศมี ( $r$ ) และแนวตั้งฉากกับเวกเตอร์รัศมี โดยกำหนดตำแหน่งของวัตถุแบบพิกัดเชิงขั้ว ( $r, \theta$ )



รูปที่ 9

ในรูปที่ 9 ตำแหน่งของวัตถุที่ P กำหนดให้  $\vec{e}_r$  และ  $\vec{e}_\theta$  เป็นเวกเตอร์หนึ่งหน่วย เวกเตอร์  $\vec{e}_r$  มีทิศไปตาม OP และเวกเตอร์  $\vec{e}_\theta$  ได้จากการหมุน  $\vec{e}_r$  ไป  $90^\circ$  ในทิศวนเข็มนาฬิกา เวกเตอร์หนึ่งหน่วย  $\vec{e}_r$  นิยามเป็นเวกเตอร์ที่มีทิศตามแนวรัศมีจากจุดกำเนิดของระบบพิกัดเชิงขั้ว เวกเตอร์หนึ่งหน่วย  $\vec{e}_\theta$  นิยามเป็นเวกเตอร์ที่มีทิศตั้งฉากกับเวกเตอร์รัศมี เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จากจุด P ไปจุด Q จะสังเกตเห็นว่า  $\vec{e}_r$  และ  $\vec{e}_\theta$  มีทิศเปลี่ยนไป เมื่อนำ  $\vec{e}_r$  และ  $\vec{e}_\theta$  ที่จุด P และจุด Q มาวางที่เดียวกันจะได้ผลต่างของเวกเตอร์หนึ่งหน่วย  $\Delta\vec{e}_r$  และ  $\Delta\vec{e}_\theta$  ดังแสดงในรูปที่ 9  $\Delta\vec{e}_r$  มีทิศเดียวกับ  $\Delta\vec{r}$  ส่วน  $\Delta\vec{e}_\theta$  มีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง (ไม่ใช่

จุด O) การเปลี่ยนแปลงของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงมุม  $\theta$  เมื่อ  $\Delta\theta \rightarrow 0$  อนุพันธ์ของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยจะเป็น

$$\frac{d\bar{e}_r}{d\theta} = \bar{e}_\theta \quad \text{และ} \quad \frac{d\bar{e}_\theta}{d\theta} = -\bar{e}_r \quad \dots\dots\dots 7$$

เมื่อ  $-\bar{e}_r$  แทนเวกเตอร์หนึ่งหน่วยมีทิศตรงข้ามกับ  $\bar{e}_r$  โดยใช้กฎลูกโซ่ (Chain rule) หาอนุพันธ์ของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยเทียบกับเวลา

$$\frac{d\bar{e}_r}{dt} = \frac{d\bar{e}_r}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \bar{e}_\theta \cdot \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta}\bar{e}_\theta \quad \dots\dots\dots 8$$

$$\frac{d\bar{e}_\theta}{dt} = \frac{d\bar{e}_\theta}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = -\bar{e}_r \cdot \frac{d\theta}{dt} = -\dot{\theta}\bar{e}_r \quad \dots\dots\dots 9$$

ใช้จุดเหนือตัวแปรแทนอนุพันธ์เทียบกับเวลา

ให้เวกเตอร์ตำแหน่งของวัตถุที่จุด P แทนด้วย  $\bar{r}_P = r_P\bar{e}_{r_P} + 0\bar{e}_{\theta_P} = r_P\bar{e}_{r_P}$  และเวกเตอร์ตำแหน่งของวัตถุที่จุด Q แทนด้วย  $\bar{r}_Q = r_Q\bar{e}_{r_Q} + 0\bar{e}_{\theta_Q} = r_Q\bar{e}_{r_Q}$  หาความเร็วเฉลี่ยของวัตถุขณะเคลื่อนที่จากจุด P ไปจุด Q ในช่วงเวลา  $\Delta t$

$$\bar{v}_{ave} = \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t} = \frac{\bar{r}_Q - \bar{r}_P}{\Delta t} = \frac{r_Q\bar{e}_{r_Q} - r_P\bar{e}_{r_P}}{\Delta t} = \frac{\Delta r\Delta\bar{e}_r}{\Delta t}$$

เมื่อ  $\Delta t \rightarrow 0$  จะได้ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \frac{d}{dt}(r\bar{e}_r) = \frac{dr}{dt} \cdot \bar{e}_r + r \cdot \frac{d\bar{e}_r}{dt} \\ &= \dot{r}\bar{e}_r + r\dot{\theta}\bar{e}_\theta \quad \dots\dots\dots 10 \end{aligned}$$

จากสมการ 10 จะพบว่าวัตถุที่เคลื่อนที่แบบก้นหอยมีความเร็วในแนวเวกเตอร์รัศมีและในแนวตั้งฉากกับเวกเตอร์รัศมี หาอนุพันธ์ของความเร็วเทียบกับเวลาอีกครั้งเพื่อหาความเร่งได้

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{dr}{dt} \cdot \bar{e}_r + \dot{r} \cdot \frac{d\bar{e}_r}{dt} + \frac{dr}{dt} \cdot \dot{\theta}\bar{e}_\theta + r \cdot \frac{d\dot{\theta}}{dt} \cdot \bar{e}_\theta + r\dot{\theta} \frac{d\bar{e}_\theta}{dt}$$

แทน  $\frac{d\bar{e}_r}{dt}$  และ  $\frac{d\bar{e}_\theta}{dt}$  ในรูปของ  $\bar{e}_r$  และ  $\bar{e}_\theta$  จากสมการ 8 และ 9

$$\begin{aligned} \bar{a} &= \dot{r}\bar{e}_r + r\dot{\theta}\bar{e}_\theta + \dot{r}\dot{\theta}\bar{e}_\theta + r\ddot{\theta}\bar{e}_\theta + r\dot{\theta}(-\dot{\theta}\bar{e}_r) \\ \bar{a} &= (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\bar{e}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\bar{e}_\theta \quad \dots\dots\dots 11 \end{aligned}$$

จากสมการ 10 และ 11 ขนาดของความเร็วและความเร่งตามทิศเวกเตอร์รัศมีและทิศตั้งฉากกับเวกเตอร์รัศมีจะเป็น

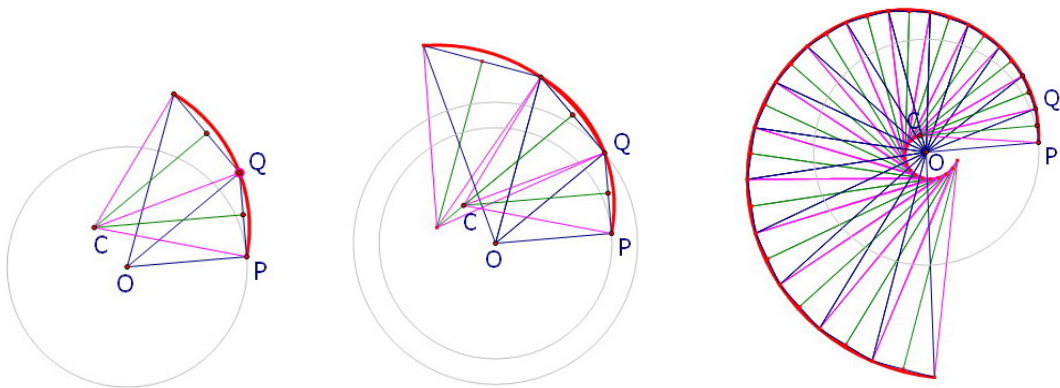
$$\begin{aligned} v_r &= \dot{r} & v_\theta &= r\dot{\theta} \\ a_r &= \ddot{r} - r\dot{\theta}^2 & a_\theta &= r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} \end{aligned}$$

ข้อสังเกตที่สำคัญคือ  $a_r$  ไม่เท่ากับการหาอนุพันธ์ของ  $v_r$  เทียบกับเวลา และ  $a_\theta$  ไม่เท่ากับการหาอนุพันธ์ของ  $v_\theta$  เทียบกับเวลา



## ก่อนจะจากกันหอย

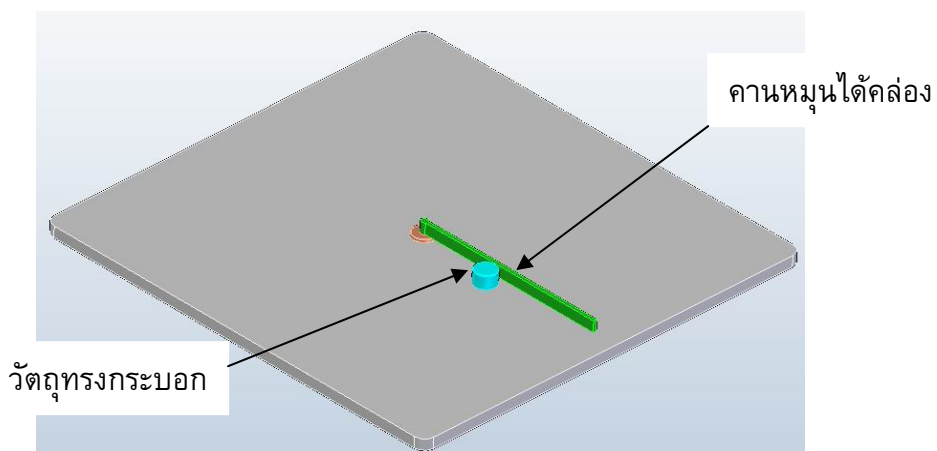
จากการพิจารณากันหอยทำให้รู้ว่าวัตถุที่เคลื่อนที่แบบกันหอยนั้นความเร็วและความเร่งของวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ สามารถแตกออกเป็นสององค์ประกอบที่ตั้งฉากกันคือ องค์ประกอบในแนวของส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมต่อระหว่างจุดคงที่กับตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งเรียกว่าเวกเตอร์รัศมี และองค์ประกอบในแนวตั้งฉากกับเวกเตอร์รัศมี จุดคงที่ไม่ใช่จุดศูนย์กลางของความโค้งของกันหอย จุดศูนย์กลางของความโค้งของกันหอยจะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนรัศมีความโค้งของกันหอยดังแสดงในรูปที่ 10 ความเร็วเชิงมุม และความเร่งเชิงมุม หากจากการกระจัดเชิงมุมของวัตถุรอบจุดคงที่ วัตถุจะมีการเคลื่อนที่แบบกันหอยได้ก็ต่อเมื่อแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุสามารถแยกออกให้อยู่ในแนวเวกเตอร์รัศมี และแนวตั้งฉากกับเวกเตอร์รัศมี



รูปที่ 10 แสดง จุด O เป็นจุดคงที่ จุด C เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งซึ่งเปลี่ยนไปตามส่วนโค้งของกันหอย

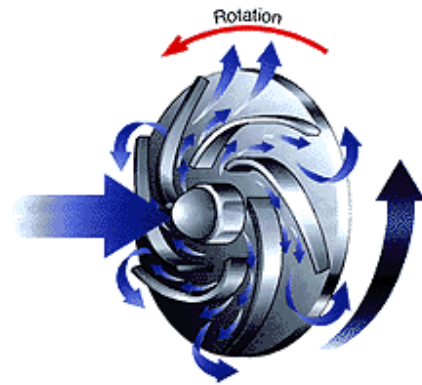
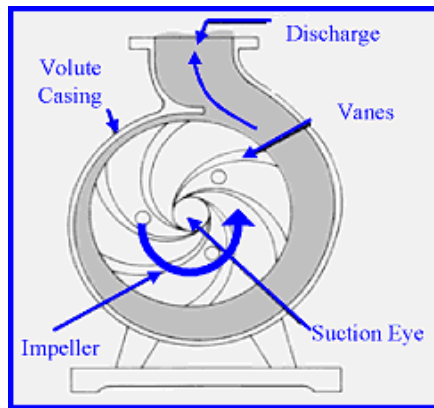
## ทิ้งท้าย(ไม่ใช่ทิ้งทวน)

ท่านสามารถสร้างอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 11 เพื่อทดลองศึกษาการเคลื่อนที่แบบกันหอยได้ (ไม่ได้ไม้)



รูปที่ 11 อุปกรณ์ทดลองการเคลื่อนที่แบบกันหอย





รูปที่ 12 ปั๊มเหวี่ยง

ในการสูบน้ำด้วยปั๊มเหวี่ยง (Centrifugal pump) การเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำขณะที่ถูกใบพัดเหวี่ยงออกมาเป็นการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยง แรงที่กระทำต่ออนุภาคของน้ำเป็นแรงหนีศูนย์กลางใช่หรือไม่เพราะเหตุใด ยังมีเครื่องมือเครื่องใช้ อะไรบ้างที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยง ในธรรมชาติมีปรากฏการณ์ อะไรบ้างที่มีการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยง ท่านสามารถหาวิธีทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบเหวี่ยงได้กี่วิธี

สมนึก บุญพาไสว

ตุลาคม 2548

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

