

แรงและการเคลื่อนที่



สอนโดย อ.ดร.รุชैया ดือราแม

1. การเคลื่อนที่แนวตรง

ในชีวิตประจำวันเราสามารถพบเห็นวัตถุต่าง ๆ ทั้งในสภาพที่อยู่นิ่งและในสภาพที่เคลื่อนที่ได้ทั่วไป เช่น การเดิน การวิ่ง การกระโดด การเล่นของรถหรือเรือ การร่อนของใบไม้ การหมุนของกังหัน การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา เป็นต้น แต่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้เกิดขึ้นเมื่อสักร้อยกว่าปีที่ผ่านมาจากผลงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า แรงเป็นต้นเหตุที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยแรงที่กระทำต่อวัตถุส่งผลโดยตรงต่อความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

Prior Knowledge

การเคลื่อนที่แนวตรง
ลักษณะใดที่ไม่มีในการ
เคลื่อนที่แบบอื่นๆ



▲ ภาพที่ 1.1 การแข่งขันว่ายน้ำในลู่ว่ายมีลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวตรง
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.2 รถไฟฟ้าเคลื่อนที่บนรางตรง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows

3. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

Prior Knowledge

ในชีวิตประจำวันอาจพบเห็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่มีแนวการเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง เช่น ขว้างก้อนหินออกไปในแนวระดับ ก้อนหินจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งจนกระทั่งตกกระทบพื้น ลูกบอลที่ถูกเตะขึ้นไปในอากาศจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง การเคลื่อนที่ของลูกบอลจากการเล่นบาสเกตบอล ฟุตบอล เบสบอล มีลักษณะเป็นแนวโค้งเช่นกัน เรียกการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบวิถีโค้งหรือการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile motion) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบอิสระรูปแบบหนึ่ง วัตถุใด ๆ ที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จะมีแรงกระทำอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกในแนวตั้ง และแรงในแนวระดับเป็นศูนย์ จึง

การเคลื่อนที่แบบ
โพรเจกไทล์ มีลักษณะ
เฉพาะอย่างไร



▲ ภาพที่ 1.35 การเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ทำให้มีความเร็วคงตัว ส่วนแรงในแนวตั้งจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวเท่ากับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravitational acceleration) โดยการเคลื่อนที่ทั้งแนวตั้งและแนวระดับจะเกิดขึ้นพร้อมกัน เป็นผลทำให้แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นวิถีโค้ง มีลักษณะคล้ายรูปพาราโบลาคว่ำ เช่น น้ำพุ เป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงวิถีโค้งของน้ำ ดังภาพที่ 1.36



▲ ภาพที่ 1.36 การเคลื่อนที่ของน้ำพุ

ความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ช่วงที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้น

- ความเร็วในแนวระดับมีค่าเท่ากันทุกจุด โดยมีค่าเท่ากับความเร็วต้นในแนวระดับ
- ความเร็วในแนวตั้งมีค่าลดลงจนเป็นศูนย์ที่จุดสูงสุด

ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

จุดเริ่มต้น

จุดสูงสุด

- ความเร็วในแนวตั้งเป็นศูนย์
- ความเร็วในแนวระดับเท่ากับความเร็วต้นในแนวระดับ

เวลาที่เงาของวัตถุเคลื่อนที่ในแนวระดับจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดตกจะเท่ากับเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดตก

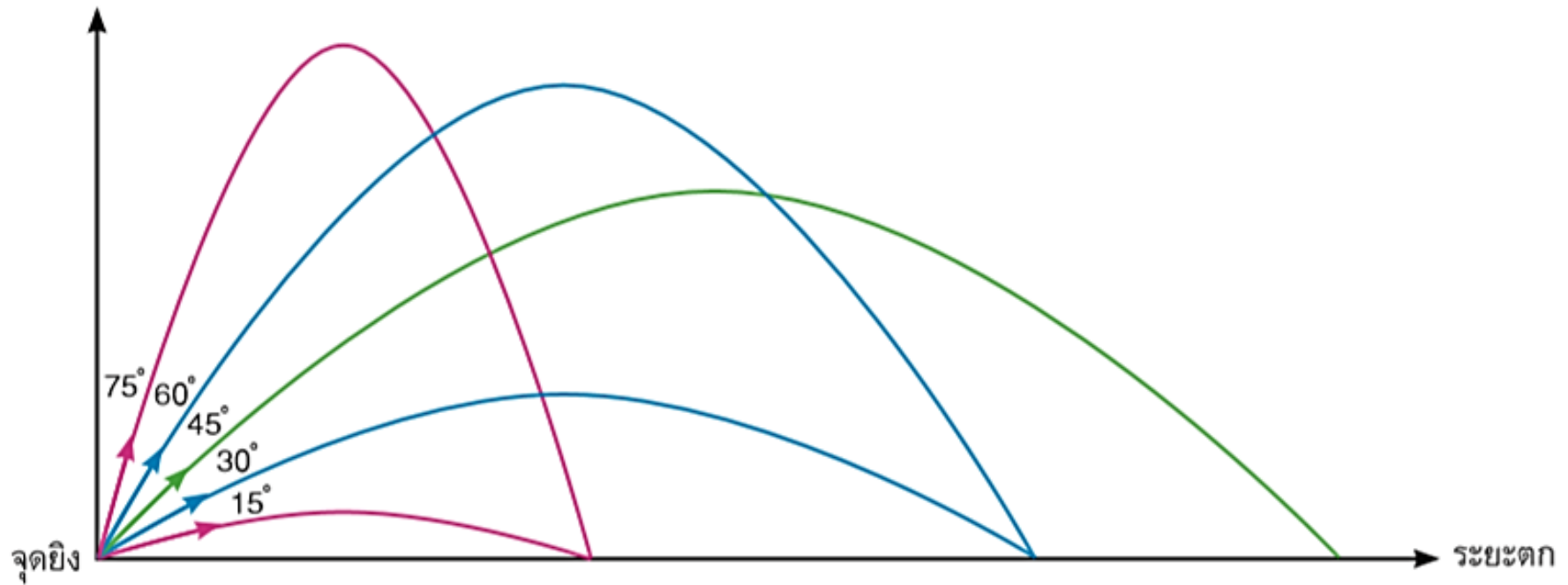
ช่วงที่วัตถุเคลื่อนที่ลง

- ความเร็วในแนวระดับมีค่าเท่ากันทุกจุด โดยมีค่าเท่ากับความเร็วต้นในแนวระดับ
- ความเร็วในแนวตั้งมีค่าเพิ่มขึ้นจนขนาดเท่ากับความเร็วในแนวตั้งที่จุดเริ่มต้น แต่มีทิศตรงข้ามกัน ดังนั้น ความเร็วในแนวตั้งจึงไม่เท่ากันและจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านระดับเดียวกับจุดเริ่มต้น

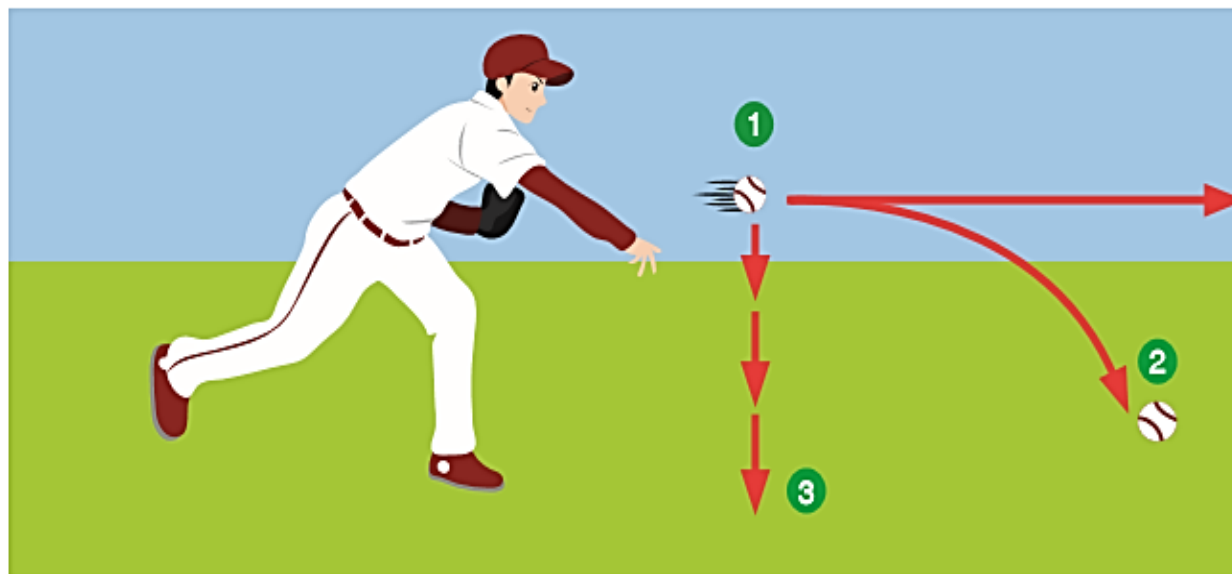
จุดตก

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.
พื้นระดับ

ตำแหน่งในแนวดิ่ง



▲ ภาพที่ 1.39 มุมในการยิงวัตถุแบบโพรเจกไทล์คู่หนึ่งๆ ที่มีผลรวมเป็น 90 องศา โดยจุดเริ่มต้นและจุดตกอยู่ระดับเดียวกัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.



① ทันทีที่ลูกบอลหลุดจากมือ ความเร็ว
แนวระดับของลูกบอลจะมีค่าคงตัว

② การเคลื่อนที่สองแนวรวมกันทำให้
เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นทางโค้ง

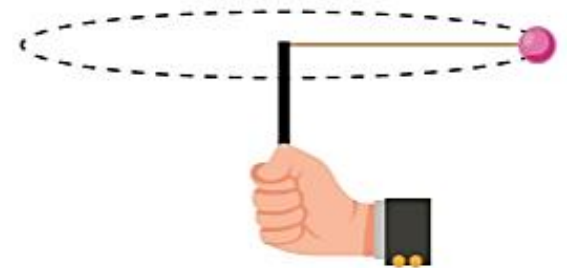
③ ความเร็วแนวตั้งของลูกบอลเพิ่มขึ้น
เนื่องจากแรงโน้มถ่วงทำให้ลูกบอล
มีความเร่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วง

▲ ภาพที่ 1.40 การขว้างวัตถุออกไปในแนวระดับ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

เป็นการเคลื่อนที่อีกรูปแบบหนึ่งที่เราสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การเคลื่อนที่ของรถไฟเหาะตีลังกา การเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา การเคลื่อนที่บนทางโค้งของรถ การเลี้ยวโค้งของรถ การเคลื่อนที่ของแฮนด์ สปินเนอร์ (hand spinner) ของเล่นแนวใหม่ชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากประเทศสหรัฐอเมริกา ดังภาพที่ 1.41 ซึ่งการเคลื่อนที่ดังกล่าวเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแนวการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบวงกลม (circular motion)

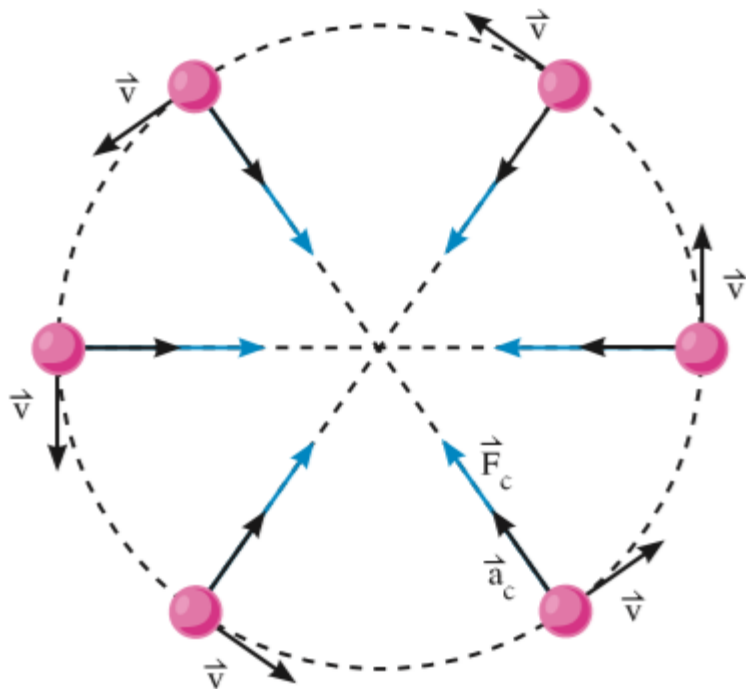
การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีแรงกระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ F_c โดยแรงสู่ศูนย์กลางมีทิศตั้งฉากกับความเร็วของวัตถุตลอดเวลา แรงสู่ศูนย์กลางที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมได้ต้องมีขนาดที่เหมาะสม จึงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวโค้งของวงกลมด้วยรัศมีค่าหนึ่งและความเร็วค่าหนึ่ง เช่น การแกว่งวัตถุที่แขวนไว้กับเชือกให้เป็นวงกลมในระนาบระดับที่มีองค์ประกอบของแรงดึงในเส้นเชือกในแนวระดับเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ดังภาพที่ 1.42 ดาวเทียมที่โคจรแบบวงกลมรอบโลกจะมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อดาวเทียมเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง



▲ ภาพที่ 1.42 การแกว่งวัตถุให้เคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การเคลื่อนที่แบบวงกลม วัตถุจะเคลื่อนที่ซ้ำแนวการเคลื่อนที่เดิม ช่วงเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เรียกว่า คาบ (period) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ T มีหน่วยในระบบเอสไอเป็น วินาที (s) และจำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่ (frequency) แทนด้วยสัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาที ($\frac{1}{s}$) หรือหน่วยในระบบเอสไอเป็น เฮิรตซ์ (Hz) โดยความถี่และคาบมีความสัมพันธ์ ดังนี้

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



ความเร่งที่มีทิศพุ่งเข้าสู่จุดศูนย์กลางของวงกลม ตลอดเวลาเช่นเดียวกับแรงสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า ความเร่งสู่ศูนย์กลาง (centripetal acceleration) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ a_c ดังภาพที่ 1.44

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน จะได้ว่า $\vec{F}_c = m\vec{a}_c$ จากความสัมพันธ์ดังกล่าว ทำให้สามารถคำนวณหาขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางได้จากสมการ

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

a_c

คือ ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลาง มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที² (m/s²)

v

คือ อัตราเร็วของวัตถุตามแนวเส้นสัมผัสวงกลม มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

r

คือ รัศมีของวงกลม มีหน่วยเป็น เมตร (m)

ทั้งนี้ ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางจะสอดคล้องกับสมการ

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

F_c

คือ ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลาง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

m

คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

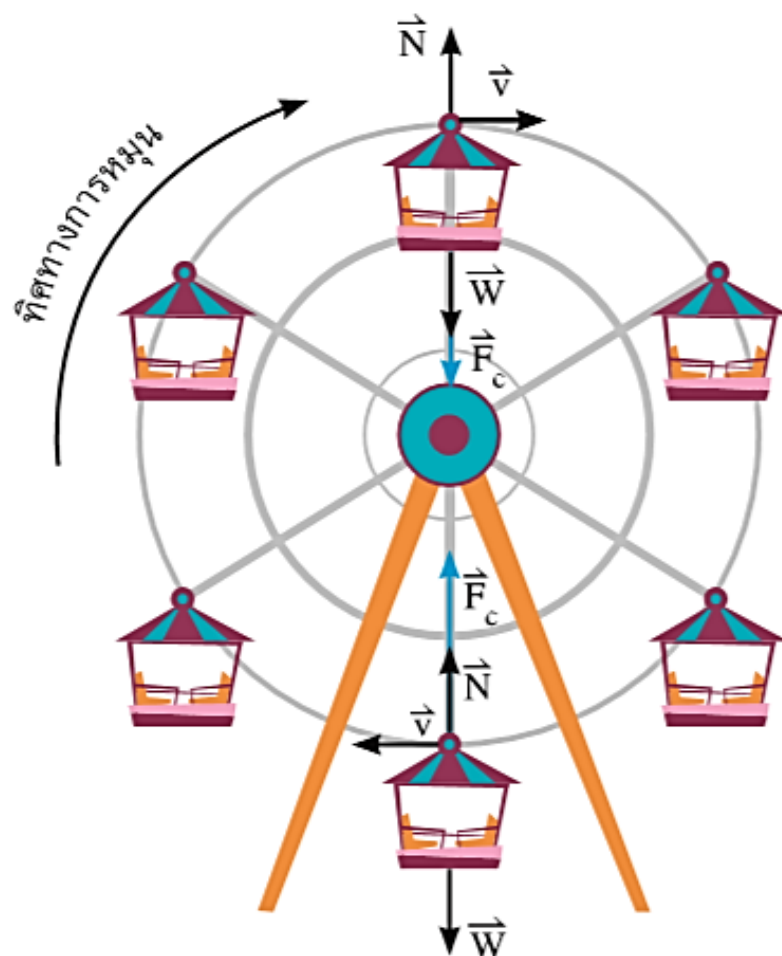
v

คือ อัตราเร็วของวัตถุตามแนวเส้นสัมผัสวงกลม มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

r

คือ รัศมีของวงกลม มีหน่วยเป็น เมตร (m)

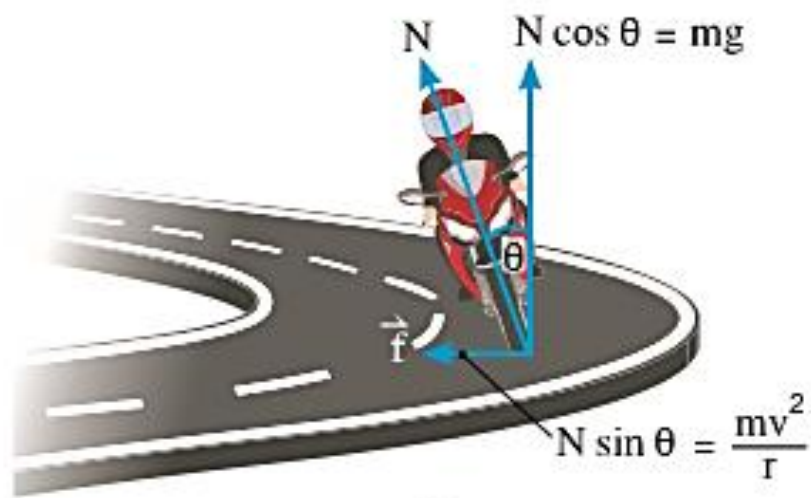
การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีทั้งการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับและในระนาบตั้ง สำหรับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบตั้ง น้ำหนัก (weight; $\vec{W}$) ของวัตถุจะมีผลต่อขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางที่บางตำแหน่งด้วย โดยเฉพาะที่ตำแหน่งสูงสุดและตำแหน่งต่ำสุด เช่น กรณีของชิงช้าสวรรค์ ส่งผลให้แรงแนวฉาก (normal force; $\vec{N}$) ที่กระเช้ากระทำต่อคนนั่งมีค่าไม่เท่ากัน ดังภาพที่ 1.45 ผลเช่นเดียวกันนี้เกิดขึ้นกับการแกว่งวัตถุที่ผูกติดกับปลายเชือกให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระนาบตั้ง แรงที่เชือกกระทำต่อมือหรือแรงดึงในเส้นเชือกขณะที่วัตถุอยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน



▲ ภาพที่ 1.45 แสดงแรงแนวฉากที่ตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุด



(ก)



(ข)

▲ ภาพที่ 1.47 รถยนต์และรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าโค้งบนถนนระดับ



▲ ภาพที่ 1.48 ถนนเอียงในช่วงทางโค้ง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การเคลื่อนที่แบบสั่น

Prior Knowledge

การเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ อีกรูปแบบหนึ่งที่เรพบเห็นได้
ในชีวิตประจำวัน เช่น การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การแกว่งของ
ชิงช้า การสั่นของวัตถุติดปลายสปริง การสั่นของสายกีตาร์ การ
เคลื่อนที่ของลูกสูบในกระบอกสูบ เป็นต้น เราเรียกการเคลื่อนที่
ลักษณะนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบสั่น หรืออาจเรียกว่า การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (simple
harmonic motion) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมารอบตำแหน่งสมดุลหรือตำแหน่งที่แรงลัพธ์
ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ด้วยความเร่งที่มีทิศเข้าหาตำแหน่งสมดุลตลอดเวลา ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อวัตถุ
อยู่ภายใต้การกระทำของแรงดึงกลับที่มีขนาดแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัดและมีทิศตรงข้าม
กับการกระจัดตลอดเวลา

ความเร่งในการเคลื่อนที่
แบบสั่นมีลักษณะเฉพาะ
อย่างไร





(ก) การแกว่งของชิงช้า

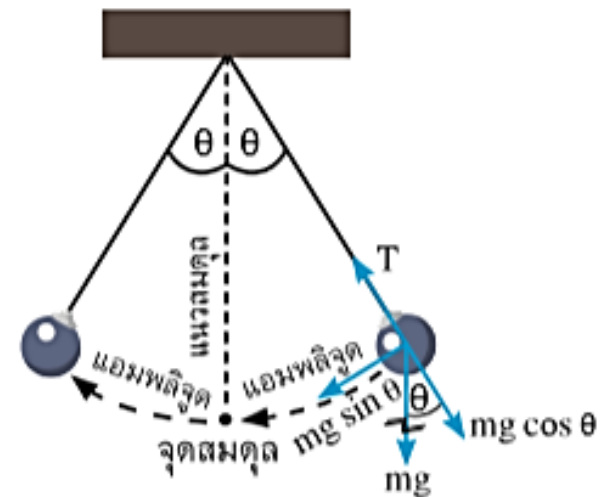
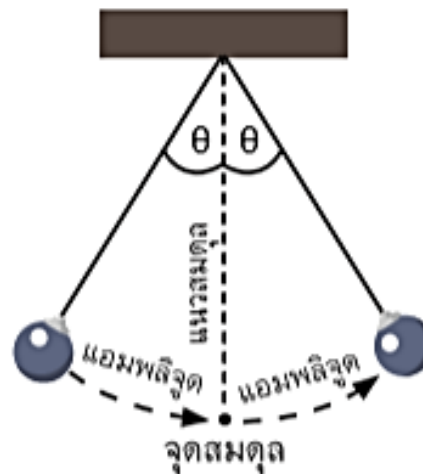


(ข) การแกว่งของเครื่องเคาะจังหวะ

▲ ภาพที่ 1.49 ตัวอย่างลักษณะการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา

การแกว่งของวัตถุติดปลายเชือก

ในสภาวะสมดุล วัตถุอยู่นิ่ง เชือกจะวางตัวในแนวตั้ง ดังภาพที่ 1.50 (ก) เรียกว่า แนวสมดุล เมื่อดึงวัตถุไปทางซ้ายให้เชือกเอียงทำมุม θ กับแนวสมดุล แล้วปล่อย วัตถุจะแกว่งจากตำแหน่งที่ปล่อยผ่านแนวสมดุลไปทางขวาเป็นมุม θ แล้วหยุด จากนั้นแกว่งกลับมาทางซ้ายผ่านแนวสมดุลไปทางซ้ายเป็นมุม θ ไปหยุดที่ตำแหน่งเดิมที่ปล่อยอีกครั้งหนึ่ง ดังภาพที่ 1.50 (ข) เป็นการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ



▲ ภาพที่ 1.50 การแกว่งของวัตถุที่ผูกอยู่ที่ปลายเชือก และปลายเชือกอีกด้านตรึงไว้กับเพดาน





นักประดิษฐ์นาฬิกา

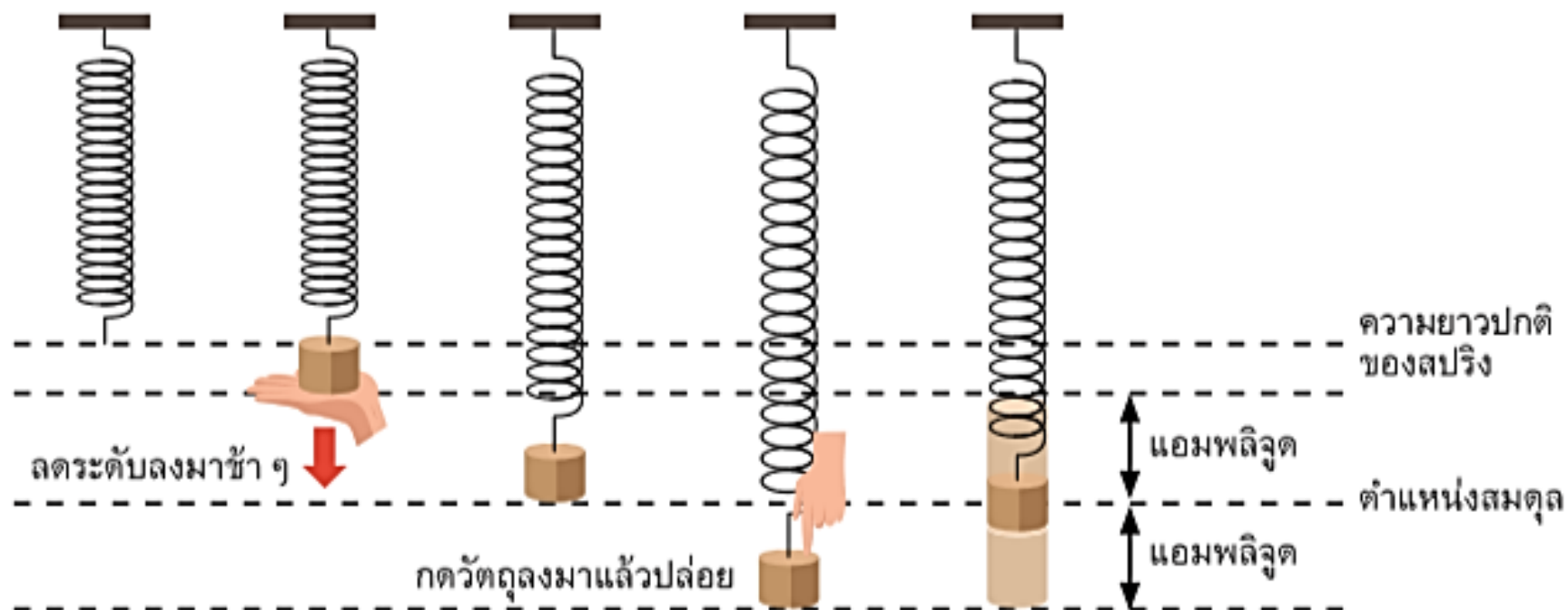
เมื่อปี พ.ศ. 2143 นักวิทยาศาสตร์และนักประดิษฐ์ ได้พยายามที่จะสร้างนาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูง แต่ปรากฏว่าไม่มีใครประดิษฐ์ได้ จนกระทั่งคริสเตียนฮอยเกนส์ (Christiaan Huygens) นักฟิสิกส์ชาวดัตช์ เป็นคนแรกที่ประสบความสำเร็จ โดยเขาได้ค้นพบว่า คาบการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา ขึ้นอยู่กับความยาวของเส้นเชือกที่แขวนลูกตุ้มนาฬิกาเท่านั้น ไม่ขึ้นอยู่กับมวลของลูกตุ้ม

มนุษย์เริ่มมีการใช้นาฬิกาแบบลูกตุ้มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2202 ซึ่งในขณะนั้น ถือว่ามีความเที่ยงตรงสูงมาก โดยชิ้นส่วนสำคัญของนาฬิกาแบบลูกตุ้ม มีดังนี้

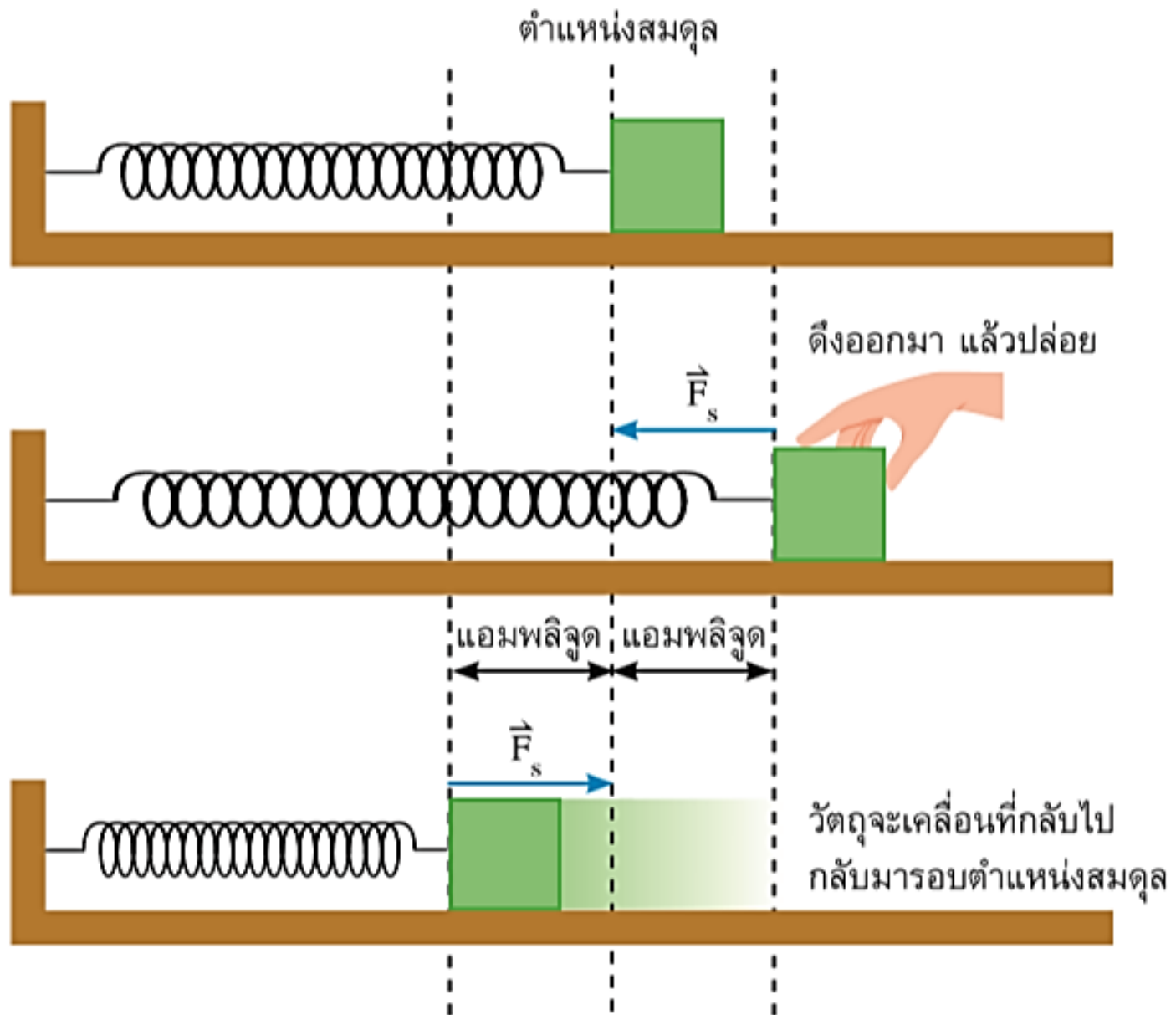
- หน้าปัดมีเข็มชั่วโมง นาที และวินาที
- มีตุ้มน้ำหนักจำนวนหนึ่งหรือมากกว่า (ถ้าเป็นนาฬิกาที่ทันสมัยขึ้นมาจะใช้สปริงขดเป็นวงแทน)
- ลูกตุ้มที่แกว่งไปมา ซึ่งการแกว่งทั่ว ๆ ไป คือ 1 ครั้งต่อวินาที หรือบางรุ่นก็แกว่ง 2 ครั้งต่อวินาที ส่วนนาฬิการุ่นที่เก่ามากจะแกว่ง 1 ครั้งต่อ 2 วินาที



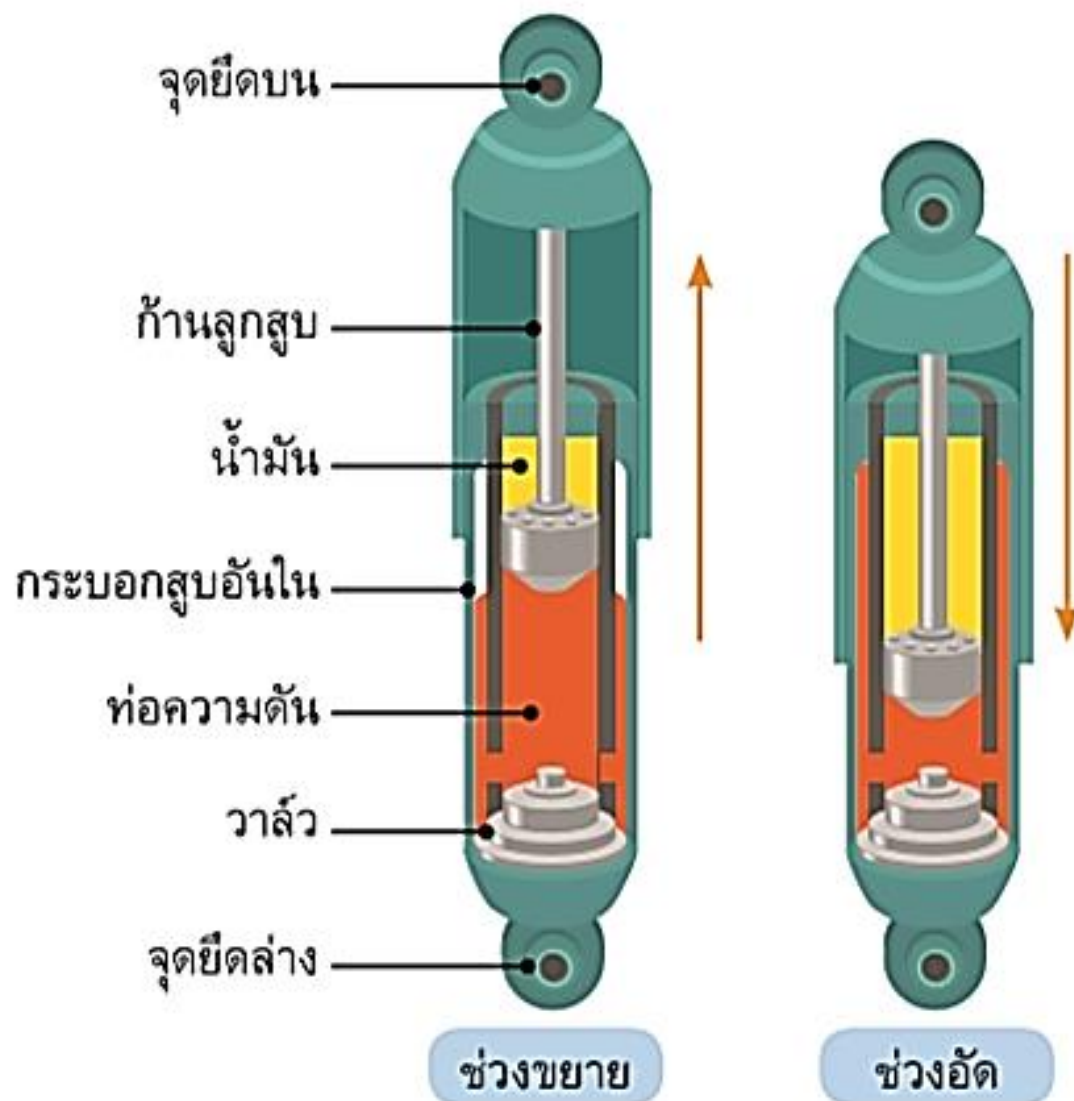
▲ ภาพที่ 1.53 คริสเตียนฮอยเกนส์
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.54 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดกับปลายสปริงในแนวดิ่ง



▲ ภาพที่ 1.55 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดกับปลายสปริงในแนวระดับ



▲ ภาพที่ 1.56 ส่วนประกอบและการทำงานของระบบกันสะเทือน