

บทที่ 5 งานและพลังงาน

5.1 งานเนื่องจากแรงคงตัว

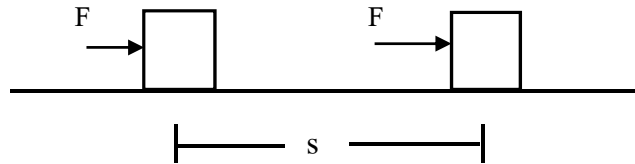
ในทางฟิสิกส์ งาน หมายถึง ผลของแรงที่กระทำให้อัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง หากค่าได้โดยผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง งานมีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร หรือจูล งานเป็นปริมาณสเกลาร์ และหาได้จากสมการ

$$W = Fs \dots\dots\dots(5.1)$$

เมื่อ W แทน งานที่ทำโดยแรง F มีหน่วยเป็นจูล

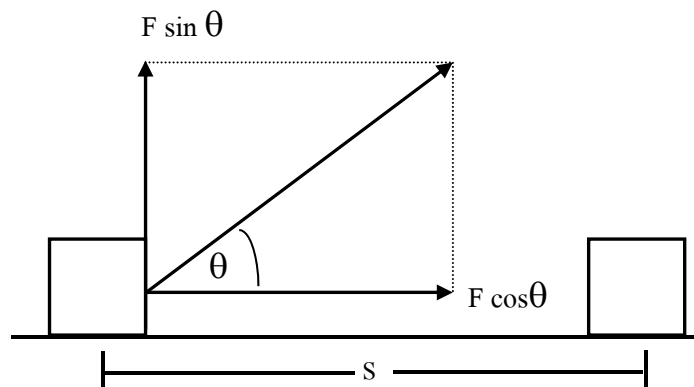
s แทน ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวทาง มีหน่วยเป็นเมตร

ในกรณีที่มีแรงคงตัว F กระทำต่อวัตถุเคลื่อนที่ไปในระยะทาง s ตามแนวแรง ดังรูป 5.1 ได้งานที่ทำโดยแรง F เป็น Fs



รูปที่ 5.1 การออกแรง F ผลักวัตถุ

ส่วนในกรณีที่แรง F กระทำกับวัตถุในแนวทำมุม θ กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง s เช่น ช้างลากซุง คนลากกล่อง เป็นต้น จะต้องหางานที่แรง F โดยแยกแรง F ออกเป็นแรงองค์ประกอบที่ตั้งฉากกัน 2 แรง โดยต้องให้แรงหนึ่งอยู่ในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่



รูปที่ 5.2 แรงกระทำต่อวัตถุในแนวทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่

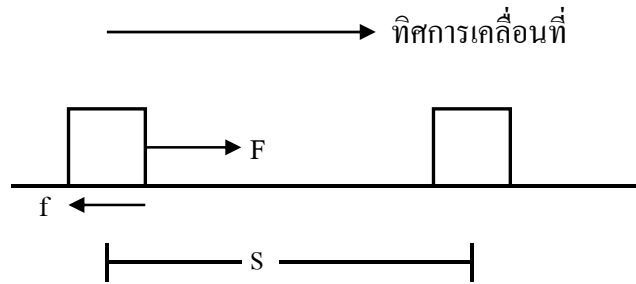
จึงพอสรุปได้ว่า งานที่เกิดจากแรงกระทำซึ่งไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุจะหาได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงองค์ประกอบในการเคลื่อนที่กับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ ดังสมการ

$$W = Fscos\theta \dots\dots\dots (5.2)$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่างทิศของแรงที่กระทำกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ

งานเนื่องจากแรงชนิดต่าง ๆ

กำหนดมวล m ถูกทำให้เคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระด้วยแรง F ได้ระยะทาง s ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3

จะเห็นว่าแรงกระทำต่อวัตถุ 2 แรง คือ

1. แรง F ในแนวระดับ งานที่กระทำโดยแรง F คือ $W_F = Fs$
2. แรงเสียดทาน f เนื่องจากแรง f มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ งานที่ทำโดยแรง f คือ $W_f = -fs$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น งานทั้งหมดคือ } W &= W_F - W_f \\
 &= Fs + (-fs) \\
 &= Fs - fs \\
 &= (F - f)s \\
 \therefore W &= \sum Fs \dots\dots\dots(5.3)
 \end{aligned}$$

แบบฝึกหทบทวนครั้งที่ 1

1. ชายคนหนึ่งออกแรง 100 นิวตัน ลากกล่องไปได้ไกล 20 เมตร จงหา

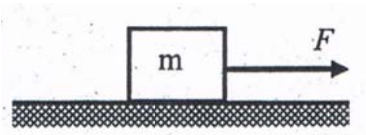
ก. งานที่เกิดขึ้นเมื่อแรง F อยู่แนวเดียวกับแนวระดับ

ข. งานที่เกิดขึ้นเมื่อแรง F อยู่ในแนวที่ทำมุม 60 องศาับแนวระดับ

ค. งานที่เกิดขึ้นเมื่อแรง F อยู่ในแนวที่ทำมุม 90 องศาับแนวระดับ

2. เด็กคนหนึ่งออกแรงสม่ำเสมอ 6 นิวตัน ลากวัตถุไปตามแนวราบได้ระยะทาง 3 เมตร งานของแรงลากนี้มีขนาดเท่าใด
3. นักเรียนคนหนึ่งถือของมวล 10 กิโลกรัม นั่งอยู่บนรถตุ๊กตุ๊กซึ่งแล่นไปบนถนนราบได้ระยะทาง 50 เมตร เด็กคนนี้จะทำงานเท่าใด
4. วัวตัวหนึ่งออกแรง 120 นิวตัน ลากเลื่อนไปบนพื้นราบ โดยแนวแรงทำมุม 30 องศา กับพื้น จงหางานเนื่องจากแรงนี้ เมื่อเลื่อนเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบเป็นระยะทาง 0.50 กิโลเมตร
5. ชายคนหนึ่งหนัก 500 นิวตัน ถือกระเป๋าหนัก 30 นิวตัน ถ้าชายคนนี้เดินไปตามถนนราบเป็นระยะทาง 20 เมตร แล้วขึ้นบันไดอีก 8 ชั้นซึ่งสูงชั้นละ 0.25 เมตร จงหางานที่ชายคนนี้ได้
6. (มข.54) จงหางานในการออกแรง F ในแนวระดับขนาด 100 นิวตัน ลากกล่องมวล 5 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ไปได้ระยะทาง 2 เมตร

1. 100 จูล	2. 200 จูล
3. 500 จูล	4. 1000 จูล


7. ชายคนหนึ่งแบกข้าวสารหนัก 100 กิโลกรัม ไ้บนบ่าเดินไปตามพื้นราบเป็นระยะทาง 10 เมตร แล้วจึงขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงที่ไปชั้นบนซึ่งสูงจากพื้นล่าง 3 เมตร จงหางานที่ชายคนนี้ได้

1. 10000 จูล	2. 3000 จูล	3. 13000 จูล	4. 1300 จูล
--------------	-------------	--------------	-------------
8. ชายคนหนึ่งแบกของหนัก 100 กิโลกรัม แล้วเดินไปข้างหน้าได้ทาง 7 เมตร เขาจะทำงานได้กี่จูล

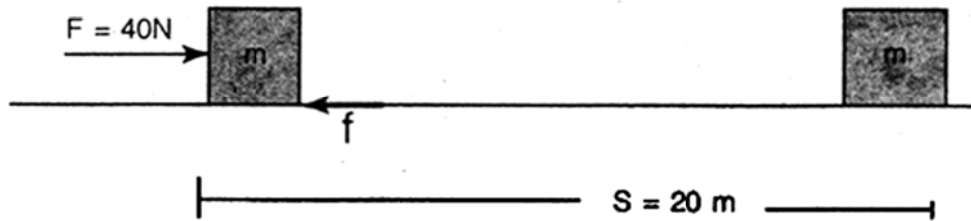
1. 0	2. 10	3. 25	4. 100
------	-------	-------	--------

9. ผนัง ออกแรง 80 นิวตัน ดันกล่องไม้มวล 10 กิโลกรัม ขนานกับพื้นไ้ระยะทาง 20 เมตร บนพื้น ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.5 จงหา

ก) งานที่ผนังทำ

ข) งานของแรงเสียดทาน

ค) งานของแรงลัพธ์



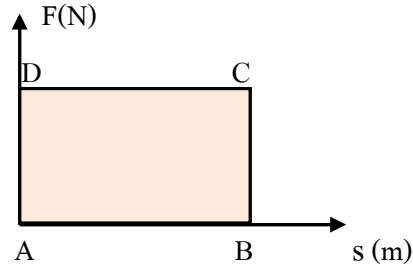
10. เด็กคนหนึ่งออกแรง F ดึงกล่องในทิศทางมุม 60° องศา กับแนวระดับโดยกล่องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้ระยะทาง 40 เมตร ตามแนวราบ (กำหนดให้ กล่องหนัก 20 นิวตัน และ ส.ป.ส. ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นราบเท่ากับ 0.5) จงหางานที่เด็กคนนี้ทำได้

11. เด็กคนหนึ่งออกแรง F ดึงกล่องในทิศทางมุม 30° องศา กับแนวระดับโดยกล่องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้ระยะทาง 30 เมตร ตามแนวราบ (กำหนดให้ กล่องหนัก 10 นิวตัน และ ส.ป.ส. ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นราบเท่ากับ $\frac{1}{\sqrt{3}}$) จงหางานที่เด็กคนนี้ทำได้

5.2 งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว

การหางานด้วยวิธีคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟ

1. ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุคงที่ จะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง F กับระยะทาง S ดังรูป

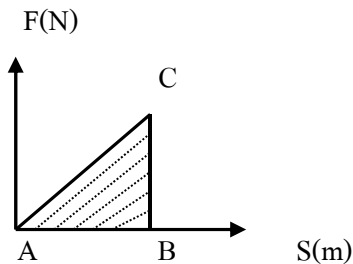


จากรูป $AD = F$

$AB = S$

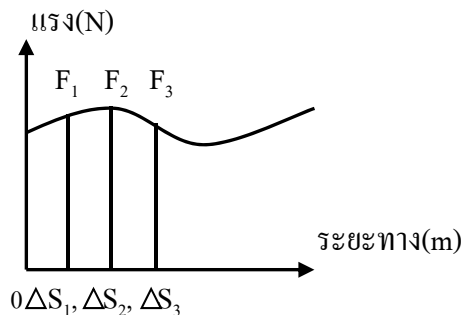
พื้นที่ของสี่เหลี่ยม $ABCD = AD \times AB$
 $= FS$

2. ถ้าแรงกระทำต่อวัตถุเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F กับระยะทาง S ดังรูป



พื้นที่ใต้กราฟ $\Delta ABC = \frac{1}{2} \times BC \times AB$
 $= \frac{1}{2} FS$

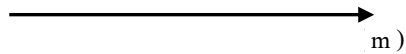
3. ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่สม่ำเสมอ สามารถหางานได้โดยการหาพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับระยะทาง S โดยใช้วิธีแบ่งหาพื้นที่ย่อยๆ แล้วนำมารวมกัน



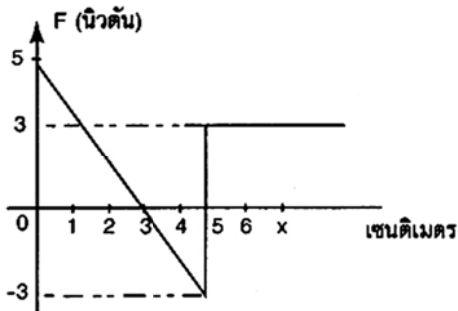
งานทั้งหมด $W = F_1 \Delta S_1 + F_2 \Delta S_2 + \dots + F_m \Delta S_n$

แบบฝึกหทบทวนครั้งที่ 2

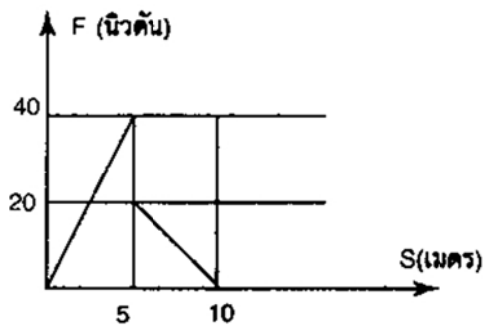
1. จากกราฟของหางานที่เกิดขึ้นทั้งหมด



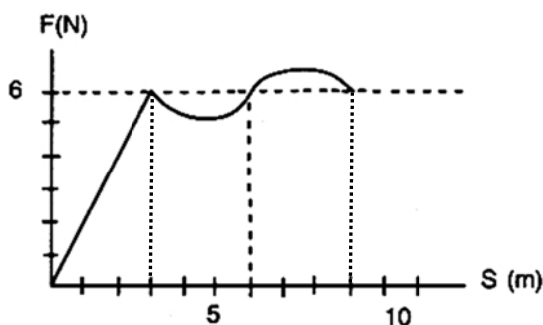
2. (Ent) จากรูปเป็นกราฟระหว่างแรงกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ งานทั้งหมดที่กระทำในช่วงระยะทางการเคลื่อนที่ จาก 0 ถึง 6 เซนติเมตร จะมีขนาดเท่าใด



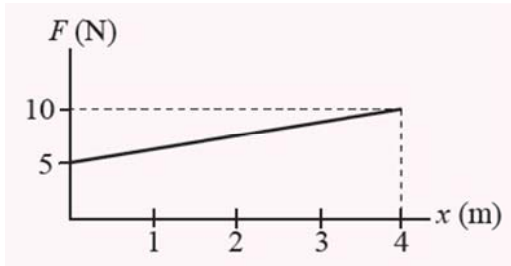
3. (Ent) แรง F กระทำกับวัตถุแสดงโดยกราฟดังรูป งานที่เกิดขึ้นในระยะ 10 เมตรเป็นกี่จูล



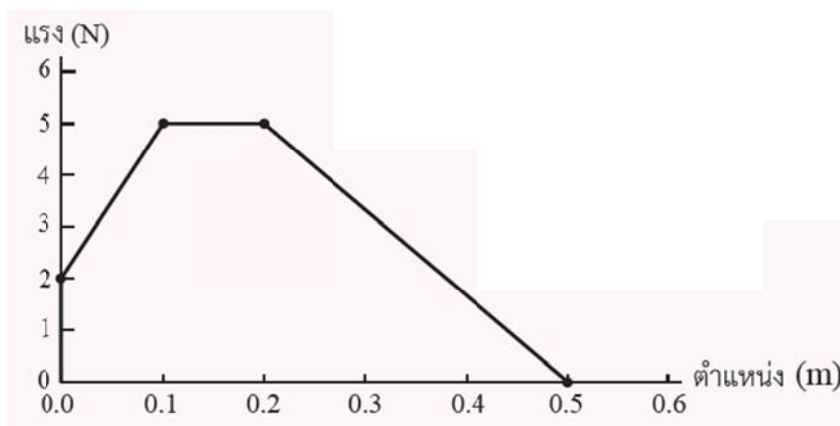
4. (Ent) จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (F) กับการกระจัด (S) ถ้าแรงนี้กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ไปตามการกระจัดนี้ใช้เวลา 5 วินาที จงหาว่างานมีค่าเท่าใด



5. กราฟระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบลื่นของวัตถุเป็น ดังรูป จงหางานที่กระทำโดยแรงที่เคลื่อนที่มวลไปตามทางเป็นระยะเท่ากับ 4.0 เมตร



6. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่กระทำต่อมวลก้อนหนึ่งกับการกระจัดแสดง ดังรูป โดยแรงและการกระจัดที่ทิศทางเดียวกัน งานทั้งหมดของแรงนี้เป็นเท่าใด



5.3 กำลัง (Power)

ในทางฟิสิกส์ กำลัง หมายถึง ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

กำลัง = งานที่ทำได้ / เวลาที่ใช้ในการทำงาน

$$\text{หรือ } P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv \dots\dots\dots(5.4)$$

เมื่อ P คือ กำลัง มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาทีหรือวัตต์

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที

หน่วยของกำลังนอกจาก วัตต์ แล้วนิยมบอกเป็นแรงม้า โดย 1 แรงม้า เท่ากับ 746 วัตต์ เช่น การวัดกำลังของเครื่องยนต์ กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

แบบฝึกหทบทวนครั้งที่ 3

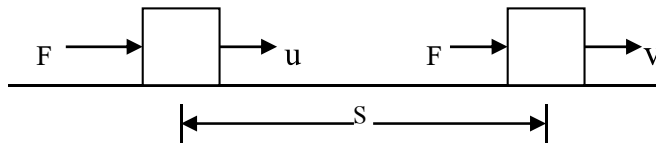
1. นักวิ่งคนหนึ่งมีมวล 60 กิโลกรัม วิ่งแข่งขันขึ้นอาคาร 25 ชั้น ด้วยอัตราคงตัว โดยใช้เวลา 10 นาที แต่ละชั้นสูง 3.2 เมตร จงหาค่าพลังเฉลี่ยของนักวิ่ง
2. เครื่องยนต์ของเรือลำหนึ่งมีกำลัง 3 กิโลวัตต์สามารถทำให้เรือแล่นได้ด้วยอัตราเร็วคงตัว 5.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาแรงจากเครื่องยนต์ที่ทำให้เรือลำนี้แล่น
3. เครื่องยนต์ของรถยนต์คันหนึ่งมีกำลัง 60 กิโลวัตต์ ถ้าแรงจากเครื่องยนต์ที่ทำให้รถเคลื่อนที่มีค่า 4000 นิวตัน รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง
4. เครื่องยนต์ของเรือลำหนึ่งมีกำลัง 5 กิโลวัตต์ สามารถทำให้เรือแล่นได้ด้วยอัตราเร็วคงตัว 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาแรงจากเครื่องยนต์ที่ทำให้เรือลำนี้แล่น
5. (ม.เชียงใหม่) หัวรถจักรออกแรง 100 กิโลนิวตัน ลากขบวนรถไฟให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 30 เมตร/วินาที กำลังที่หัวรถจักรกระทำต่อขบวนรถเป็นเท่าใด (3 เมกะวัตต์)
6. (Ent) รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,000 กิโลกรัม สามารถเร่งอัตราเร็วจาก 10 เมตรต่อวินาที เป็น 20 เมตรต่อวินาที โดยอัตราเร่งคงที่ในเวลา 5 วินาที กำลังเฉลี่ยของเครื่องยนต์ที่ใช้อย่างน้อยเท่าใด
7. (Ent) ลาดัวหนึ่งออกแรงดึงน้ำหนัก 2,000 นิวตัน ลงเนินซึ่งเอียง 30 องศา กับแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงที่ ส.ป.ส.ของความเสียดทานระหว่างเนินและน้ำหนักเป็น $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ถ้าแรงที่ใช้ดึงน้ำหนักขนานกับการเคลื่อนที่และน้ำหนักเคลื่อนที่ลงมาได้ 30 เมตร ในเวลา 1 นาที กำลังที่ลาใช้ดึงน้ำหนักเป็นกี่วัตต์

5.4 พลังงานกล

พลังงาน คือ ความสามารถในการทำงานได้ พลังงานมีหลายรูปด้วยกัน เช่น พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะพลังงานกลซึ่งประกอบด้วยพลังงานจลน์และพลังงานศักย์

5.4.1 พลังงานจลน์ (Kinetic Energy, E_k)

พลังงานจลน์ หมายถึง พลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่
ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับอัตราเร็ว



รูปที่ 5.4 การเคลื่อนที่ของวัตถุโดยแรง

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $F = ma$ ดังนั้น $a = \frac{F}{m}$ ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง s ด้วยขนาดความเร่ง a โดยมีอัตราเร็วต้นเป็น u และอัตราเร็วสุดท้ายเป็น v จะมีความสัมพันธ์กันคือ

$$2as = v^2 - u^2$$

$$2\frac{F}{m}s = v^2 - u^2$$

$$Fs = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2) \dots\dots\dots(5.5)$$

ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต้น (u) เป็นศูนย์จะได้ว่า

$$Fs = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(5.6)$$

หมายความว่า วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v สามารถทำงานได้เท่ากับ $\frac{1}{2}mv^2$ หรือกล่าวได้ว่า งานที่กระทำต่อวัตถุจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ของวัตถุ จะได้ว่า

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(5.7)$$

ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต้นไม่เท่ากับศูนย์ ($u \neq 0$)

จากสมการ (5.5)

$$\begin{aligned} Fs &= \frac{1}{2}m(v^2 - u^2) \\ &= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \end{aligned}$$

หรือ $w = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \dots\dots\dots(5.8)$

ให้ $E_{k1} = \frac{1}{2}mu^2$

$$E_{k2} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{ดังนั้น } w = E_{k2} - E_{k1} \dots\dots\dots(5.9)$$

$$\text{หรือ } W = \Delta E_k \dots\dots\dots(5.10)$$

นั่นคือ งานเนื่องจากแรงที่กระทำต่อวัตถุจะเท่ากับพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนไป พลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป อาจลดหรือเพิ่มก็ได้ขึ้นอยู่กับทิศของแรงที่กระทำ คือ ถ้างานของแรงที่มีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นบวก แต่ถ้างานของแรงมีทิศต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นลบ

แบบฝึกหัดทบทวนครั้งที่ 4

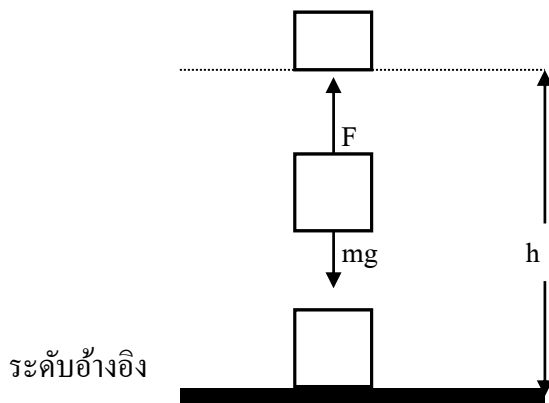
1. จงหางานที่ต้องทำในการเข็นวัตถุมวล 25 กิโลกรัมขึ้นไปตามพื้นเอียงชันสูง 2.0 เมตร
2. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม อัตราเร็ว 2 เมตรต่อวินาที ต่อมาเมื่ออัตราเร็วเป็น 3 เมตรต่อวินาที งานที่ทำต่อวัตถุมีค่าเท่าใด
3. รถยนต์มวล 1000 กิโลกรัม วิ่งด้วยอัตราเร็วคงตัวได้ระยะทาง 0.9 กิโลเมตร ในเวลา $\frac{1}{2}$ นาที พลังงานจลน์ของรถยนต์คันนี้เป็นเท่าใด
4. อิเล็กตรอนมีมวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม จงหาพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2.0×10^6 เมตรต่อวินาที จะต้องใช้อิเล็กตรอนที่มีอัตราเร็วขนาดนี้กี่ตัวจึงจะมีพลังงานจลน์เป็น 1 จูล
5. (Ent) รถยนต์มีมวล 1,000 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อให้หยุดรถในเวลา 5 วินาที จะต้องมีการทำงานเท่าใด
6. มีพลังงานจลน์ 40 จูล เมื่ออัตราเร็วของวัตถุเพิ่มขึ้นสองเท่าจะมีพลังงานจลน์เป็นเท่าไร

5.4.2 พลังงานศักย์ (Potential Energy)

พลังงานศักย์ คือพลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุในขณะที่วัตถุอยู่นิ่ง ซึ่งประกอบด้วยพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

5.4.2.1 พลังงานศักย์โน้มถ่วง

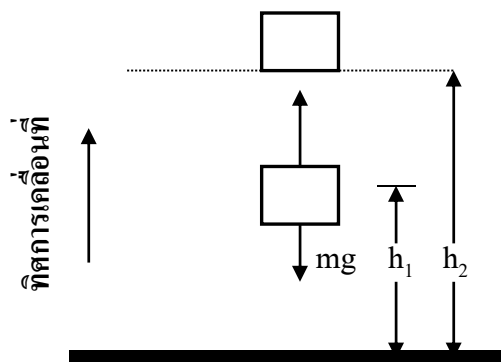
เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุที่อยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง เกิดขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เช่น ยกวัตถุมวล m ให้สูงขึ้นไปในแนวตั้งจากระดับอ้างอิงเป็นระยะ h ด้วยอัตราเร็วคงที่ จะต้องออกแรง F อย่างน้อยเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ คือ mg



สภาพที่มวล m อยู่นิ่งด้วยความสูง h และทำให้เกิดแรงได้ดังนั้นวัตถุมวล m มีพลังงานอยู่แต่เป็นพลังงานขณะหยุดนิ่งและมีความเกี่ยวข้องกับความเร็วโน้มถ่วง จึงเรียกพลังงานศักย์เนื่องจากความเร็วโน้มถ่วง ดังนั้น

จะได้ว่า
$$E_p = mgh \dots\dots\dots(5.11)$$

พิจารณากรณีที่ตำแหน่งเดิมของวัตถุไม่อยู่ในระดับอ้างอิง เช่น เดิมวัตถุอยู่ในระดับอ้างอิง h_1 แล้วถูกยกขึ้นไปเป็นระดับ h_2 จากระดับอ้างอิง ดังรูป



จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{p1} = mgh_1$$

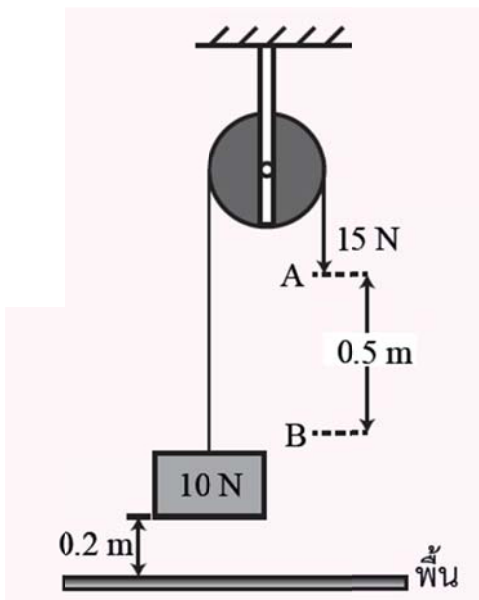
$$E_{p2} = mgh_2$$

ดังนั้น
$$\Delta E_p = mgh_2 - mgh_1 \dots\dots\dots (5.12)$$

ซึ่งสรุปได้ว่า งานที่ทำในการยกวัตถุให้สูงจากเดิมจะเท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุไม่ขึ้นอยู่กับเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่จะขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงระดับอย่างเดียว คือขึ้นอยู่กับความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิงเท่านั้น

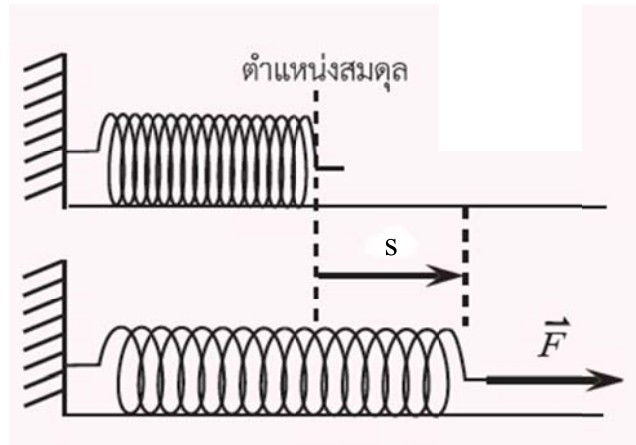
แบบฝึกหัดทบทวนครั้งที่ 5

1. ออกแรงดึงวัตถุมวล 5 กิโลกรัมจากพื้นโต๊ะขึ้นไปในแนวตั้ง จงหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่จุดสูงจากพื้นโต๊ะ 3 และ 5 เมตร
2. โคมไฟมวล 8 กิโลกรัม ห้อยอยู่บนเพดานสูงจากพื้น 3 เมตร และสูงจากโต๊ะ 2 เมตร พลังงานศักย์ของโคมไฟเมื่อเทียบกับพื้นมากกว่าเทียบกับโต๊ะเท่าไร
3. วัตถุหนัก 10 นิวตัน อยู่สูงจากพื้น 0.2 เมตร ปลายเชือกข้างหนึ่งผูกกับวัตถุคล้องผ่านรอกเลื่อนเมื่อใช้แรง 15 นิวตัน ดึงปลายเชือกอีกข้างจากตำแหน่ง A ถึงตำแหน่ง B ซึ่งห่างกัน 0.5 เมตร ดังรูป ขณะปลายเชือกถึงตำแหน่ง B วัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่าใด (ให้พื้นเป็นระดับอ้างอิง)



5.4.2.2 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น หมายถึง พลังงานศักย์ที่สะสมอยู่ในสปริงหรือวัตถุที่ยืดหยุ่นอื่น ๆ ขณะที่ยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล



รูป 5.5 การดึงให้ยืดออก

เมื่อสปริงยืดหรือหด จะทำให้เกิดแรง F ในสปริง โดยขนาดของแรงในสปริงจะแปรผันตรงกับระยะที่สปริงยืดหรือหด

$$F \propto s$$

$$F = -ks$$

เครื่องหมาย (-) หมายถึงทิศของแรง F กับทิศของ s มีทิศตรงข้ามกันเสมอ

$$\therefore \text{ขนาดของแรง } F = ks$$

เมื่อ k เป็นค่าคงตัวเรียกว่าค่าคงตัวของสปริง

งานที่ทำให้สปริงยืด หรือหดระยะ s จากตำแหน่งสมดุล หาได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงดึงกลับเฉลี่ยของสปริงยืดหรือหด

จาก $W = FS$

กำหนดให้ $F =$ แรงเฉลี่ยดึงกลับของสปริง

$S =$ ระยะทางที่สปริงยืดหรือหด

ดังนั้น $F = \frac{0 + ks}{2}$

(แรงที่จุดเริ่มต้น = 0 , แรงที่ระยะสปริงยืดหด = ks)

$$\therefore W = \frac{1}{2}kss$$

$$W = \frac{1}{2}ks^2 \dots\dots\dots(5.14)$$

จากสมการ(9.14) จะเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ของสปริงตำแหน่ง s คือ

$$E_p = \frac{1}{2}ks^2 \dots\dots\dots(5.15)$$

แบบฝึกทบทวนครั้งที่ 6

1. สปริงตัวหนึ่งมีค่าคงตัวสปริง 100 นิวตันต่อเมตร ถูกกดให้สั้นลง 5 เซนติเมตร พลังงานศักย์ในสปริงมีค่าเท่าใด
2. ถ้าออกแรง 8 นิวตัน ดึงสปริง สปริงจะยืดออกเป็นระยะ 20 เซนติเมตร ถ้าออกแรงดึงสปริง 120 นิวตัน พลังงานศักย์ยืดหยุ่นในสปริงจะมีค่าเท่าไร
3. ดึงสปริงด้วยแรง 80 นิวตัน ทำให้สปริงยืดออก 10 เซนติเมตร ถ้าต้องการยืดสปริงออกอีก 20 เซนติเมตร จะต้องเพิ่มแรงอีกเท่าไร
4. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบเกลี้ยง เข้าชนสปริงทำให้สปริงหดสั้นลง 5 เซนติเมตร จากตำแหน่งเดิม จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ให้ค่าคงตัวของสปริงเท่ากับ 1,200 นิวตันต่อตารางเมตร

5.5 การอนุรักษ์พลังงานกล

5.5.1 งานเนื่องจากแรงอนุรักษ์

แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วง และแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ ส่วนแรงผลักรวม แรงดึง หรือแรงเสียดทานเป็นแรงไม่อนุรักษ์

5.5.2 กฎ การอนุรักษ์พลังงานกล

กฎการอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง พลังงานกลรวมของระบบ ณ ตำแหน่งใด ๆ ย่อมมีค่าคงเดิมเสมอ

เมื่อ $E_{\text{รต.}}$ คือผลรวมของพลังงานทั้งหมดที่ตำแหน่งเริ่มต้น

$E_{\text{สท.}}$ คือผลรวมของพลังงานทั้งหมดที่ตำแหน่งสุดท้าย

จะได้ว่า

พลังงานกลรวมที่ตำแหน่งเริ่มต้น ($E_{\text{รต.}}$) = พลังงานกลรวมที่ตำแหน่งสุดท้าย ($E_{\text{สท.}}$)

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \dots\dots\dots(5.16)$$

$$\frac{1}{2}ks_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}ks_2^2 + mgh_2 \dots\dots\dots(5.17)$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}ks_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}ks_2^2 \dots\dots\dots(5.18)$$

ถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุ เช่น แรงเสียดทาน แรงดึง F หรือแรงอื่นใดที่ไม่อนุรักษ์ในการคำนวณโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน จะต้องชดเชยงานที่เพิ่มขึ้น(บวกงานที่เพิ่มขึ้น) หรือ ชดเชยงานที่สูญเสีย (ลบงานที่สูญเสีย) ดังสมการ

$$E_{\text{รต.}} + W_F - W_f = E_{\text{สท.}} \dots\dots\dots (5.19)$$

เมื่อ W_F คือ งานที่มาดึงหรือผลัก

W_f คือ งานของแรงที่มาต้าน

แบบฝึกหทบทวนครั้งที่ 7

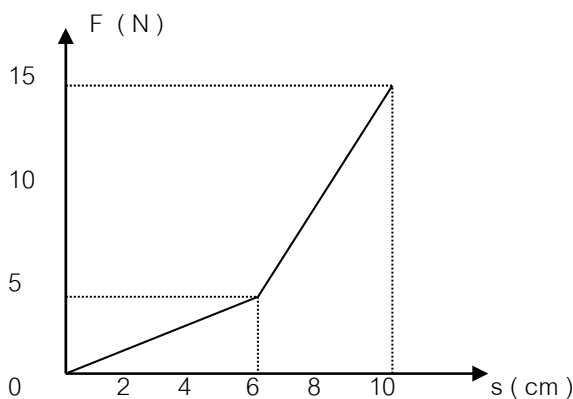
1. (Ent) ขว้างก้อนหินมวล 0.5 กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จากหน้าผาสูงเหนือระดับน้ำทะเล 50 เมตร ความเร็วของก้อนหินขณะกระทบน้ำมีค่าเท่าใด ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
2. ขว้างก้อนหินมวล 0.2 กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที จากหน้าผาสูงเหนือระดับน้ำทะเล 80 เมตร ความเร็วของก้อนหินขณะกระทบน้ำมีค่าเท่าใด ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
3. ลูกตุ้มมวล 2 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกยาว 2 เมตร และห้อยแขวนไว้ในแนวตั้ง เมื่อยกลูกตุ้มขึ้นจนเชือกเอียงทำมุม 30 องศาับแนวระดับ แล้วปล่อยให้ลูกตุ้มแกว่งลงมา (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$) จงหา
 - ก. ความเร็วสูงสุดของลูกตุ้ม
 - ข. พลังงานจลน์สูงสุดของลูกตุ้ม

4. ลูกตุ้มมวล 1 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกยาว 1 เมตร และห้อยแขวนไว้ในแนวดิ่ง เมื่อยกลูกตุ้มขึ้นจนเชือกเอียงทำมุม 30 องศาับแนวระดับ แล้วปล่อยให้ลูกตุ้มแกว่งลงมา (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$) จงหา
- ก. ความเร็วสูงสุดของลูกตุ้ม ข. พลังงานจลน์สูงสุดของลูกตุ้ม
5. (Ent) มวล m ผูกอยู่ที่ปลายเชือกซึ่งยาว L โดยปลายเชือกข้างหนึ่งตรึงอยู่กับที่ จับมวล m ให้เชือกตึงและอยู่ในแนวระดับแล้วปล่อยให้แกว่งลงมาทำมุม θ กับแนวระดับเดิมนั้น มวล m มีความเร็วเท่าใด
6. (Ent) ลูกตุ้มผูกกับเชือกยาว 1 เมตร แขนงให้แกว่งแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก เมื่อเส้นเชือกอยู่ตำแหน่งสูงสุดเส้นเชือกทำมุม 60 องศาับแนวดิ่ง ถ้าลูกตุ้มมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่ากับ 50 จูล ลูกตุ้มจะมีพลังงานจลน์เท่าใดเมื่ออยู่สูงจากตำแหน่งระดับต่ำสุด 0.375 เมตร (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)
7. (Ent) เสาชิงช้าหน้าวัดสุทัศน์สูง 20 เมตร ถ้าแกว่งชิงช้าขึ้นจนถึง 90 องศา อัตราเร็วของชิงช้าตอนผ่านจุดต่ำสุดเป็นกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)
8. เสาชิงช้าหน้าโรงเรียนสูง 30 เมตร ถ้าแกว่งชิงช้าขึ้นจนถึง 90 องศา อัตราเร็วของชิงช้าตอนผ่านจุดต่ำสุดเป็นกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)

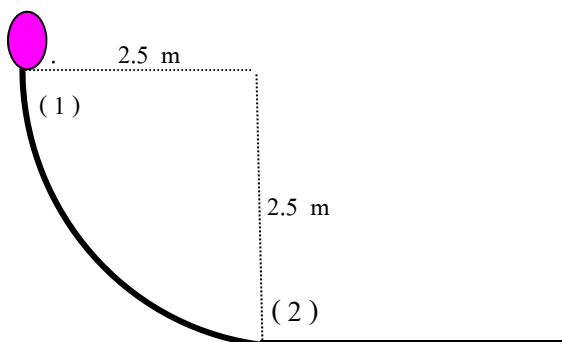
9. (Ent) ถ้ายิงลูกกระสุนมวล 15 กรัม ด้วยหนังสติ๊กให้ขึ้นไปได้สูง 20 เมตร ในแนวตั้ง จะต้องใช้แรงดึงก่อนปล่อยเท่าใด (ถ้าการยืดของหนังสติ๊กเป็นแบบสปริง และยืดออก 10 เซนติเมตร)
10. (Ent) ปล่อยก้อนหินซึ่งมีมวล 1,000 กรัมให้ตกกระทบปลายบนของสปริงซึ่งตรึงให้ตั้งอยู่ที่ก้อนหินในแนวตั้ง โดยปลายบนของสปริงอยู่ต่ำกว่าก้อนหิน 1 เมตร แรงกระทบของก้อนหินกดให้สปริงสั้นลง 5 เซนติเมตร ก่อนที่จะดีดกลับ (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$) จงหา
- ก. ค่านิจของสปริงเท่ากับเท่าใด ข. สปริงได้รับแรงเฉลี่ยเท่าใด
11. (Ent) วัตถุตกจากโต๊ะสูง 80 เซนติเมตร ลงไปบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวตั้ง ค่านิจของสปริงเท่ากับ 2,100 นิวตันต่อตารางเมตร ความยาวของสปริงปกติ 24 เซนติเมตร แต่ถูกวัตถุกดลงเหลือ ความยาวต่ำสุด 10 เซนติเมตรก่อนที่วัตถุจะหยุด มวลของวัตถุนี้มีค่าเท่ากับเท่าใด(กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)
12. (Ent) วัตถุมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบเกลี้ยงด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนสปริงปรากฏว่าวัตถุหยุดชั่วขณะเมื่อสปริงหดสั้นกว่าเดิม 0.05 เมตร จงหา
- ก. พลังงานศักย์ของสปริงเมื่อหดสั้นสุดมีค่าเท่าใด
- ข. ณ ตำแหน่งที่วัตถุหยุดนั้น สปริงผลักวัตถุด้วยแรงเท่าใด

13. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบเกลี้ยงด้วยความเร็ว 4 เมตรต่อวินาที เข้าชนสปริง ปรากฏว่า วัตถุหยุดชั่วขณะเมื่อสปริงหดสั้นกว่าเดิม 0.1 เมตร จงหา
- พลังงานศักย์ของสปริงเมื่อหดสั้นสุดมีค่าเท่าใด
 - ณ ตำแหน่งที่วัตถุหยุดนั้น สปริงผลักวัตถุด้วยแรงเท่าใด

14. (Ent) ในการยิงหนังสติ๊ก ถ้าแรงที่ดึงให้ยางยืด เขียนเป็นกราฟได้ดังรูป ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน เมื่อปล่อยก้อนหินจากตำแหน่งที่ดึงออกมา 10 เซนติเมตร ลูกหินจะหลุดออกไปด้วยพลังงานจลน์เท่าใด



15. (Ent) แท่งวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ไถลลงมาตามรางส่วนโค้งของวงกลม รัศมีความโค้ง 2.5 เมตร (ดังรูป) เมื่อถึงส่วนล่างสุดวัตถุมีความเร็ว 6 เมตร/วินาที งานในการไถลลงมาตามรางของแท่งวัตถุ เนื่องจากความฝืดเป็นเท่าไร



5.6 เครื่องกล (Machines)

เครื่องกล ได้แก่ อุปกรณ์ที่ช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้น เช่น คาน ลิ่ม รอก พื้นเอียง สกรู ล้อและเพล่า เป็นต้น

5.6.1 ประสิทธิภาพของเครื่องกล

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{งานที่ได้รับจากเครื่องกล}}{\text{งานที่ให้กับเครื่องกล}} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$$

ประสิทธิภาพของเครื่องกลเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ประสิทธิภาพเป็น 100 %
 ประสิทธิภาพของเครื่องกลน้อยกว่า 1 หมายถึง มีการสูญเสียพลังงาน และมีประสิทธิภาพน้อยกว่า 100 %

5.6.2 หลักการของงานกับเครื่องกลอย่างง่าย

งานที่ให้กับเครื่องกล = งานที่ได้รับจากเครื่องกล + งานของแรงเสียดทาน (งานที่สูญเสียไป)

ในกรณีแรงเสียดทานมีค่าน้อยมาก หรือเครื่องกลมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ การผ่อนแรงของเครื่องกล พิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงที่ได้จากเครื่องกล (F_{out}) ต่อขนาดของแรงที่ให้กับเครื่องกล (F_{in}) เรียกการได้เปรียบเชิงกล ($M.A.$) ดังสมการ

$$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}}$$

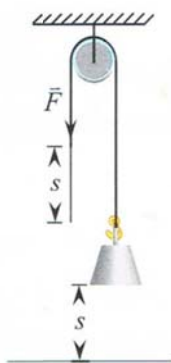
หรือหาได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่เราออกแรงทำงาน (S_{in}) ต่อระยะทางของงานที่ได้ (S_{out})

$$M.A. = \frac{S_{in}}{S_{out}}$$

โดยถ้า $M.A. > 1$ แสดงว่าเครื่องกลนั้นช่วยผ่อนแรง

$M.A. \leq 1$ แสดงว่าเครื่องกลนั้นไม่ช่วยผ่อนแรง

รอก



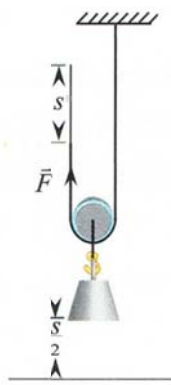
งานที่ให้กับรอก = งานที่ได้รับจากรอก

$$Fs = mgs$$

การได้เปรียบเชิงกลของรอกเดี่ยวตายตัว เขียนได้ดังสมการ

$$M.A. = \frac{mg}{F} = 1$$

รูป 5.6 รอกเดี่ยวตายตัว



งานที่ให้กับรอก = งานที่ได้รับจากรอก

$$Fs = mg\left(\frac{s}{2}\right)$$

การได้เปรียบเชิงกลของรอกเดี่ยวตายตัว เขียนได้ดังสมการ

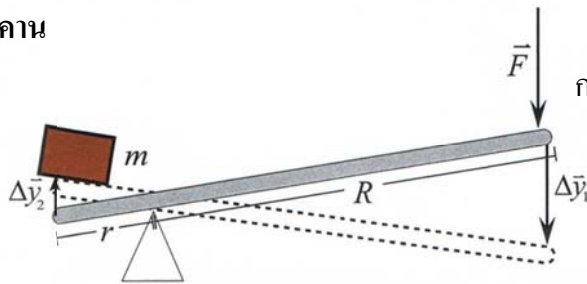
$$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{mg}{F} = \frac{mg}{\frac{mg}{2}} = 2$$

หรือ

$$M.A. = \frac{S_{in}}{S_{out}} = \frac{s}{\frac{s}{2}} = 2$$

รูป 5.7 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

คาน

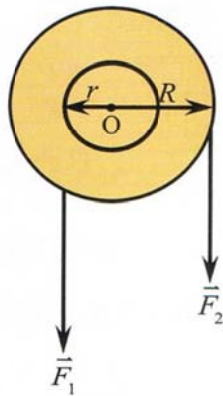


การได้เปรียบเชิงกลของคาน เขียนได้ดังสมการ

$$M.A. = \frac{mg}{F} = \frac{R}{r}$$

รูป 5.8 ตัวอย่างเครื่องกลประเภทคาน

ล้อกับเพลา

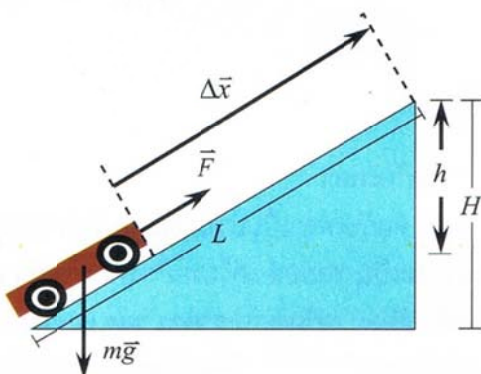


การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลา เขียนได้ดังสมการ

$$M.A. = \frac{F_2}{F_1} = \frac{R}{r}$$

รูป 5.9 ล้อกับเพลา

พื้นเอียง

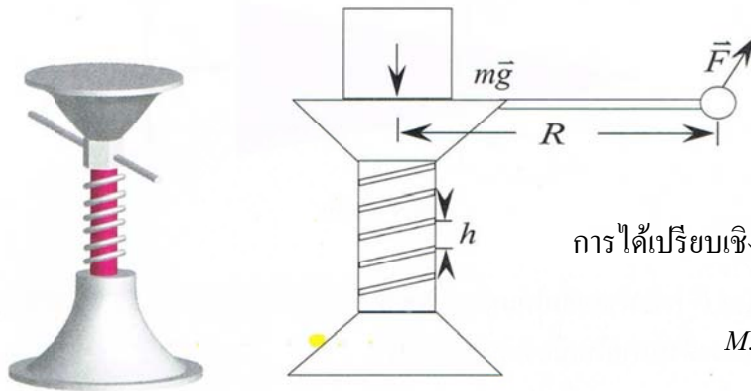


การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง เขียนได้ดังสมการ

$$M.A. = \frac{mg}{F} = \frac{L}{H}$$

รูป 5.10 พื้นเอียง

สกรู

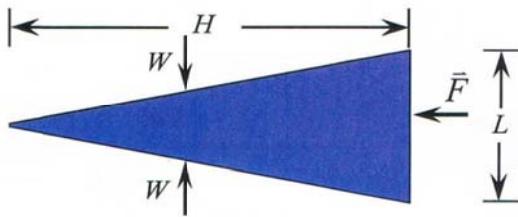


การได้เปรียบเชิงกลของสกรู เขียนได้ดังสมการ

$$M.A. = \frac{mg}{F} = \frac{2\pi R}{h}$$

รูป 5.10 สกรู

ลิ้ม

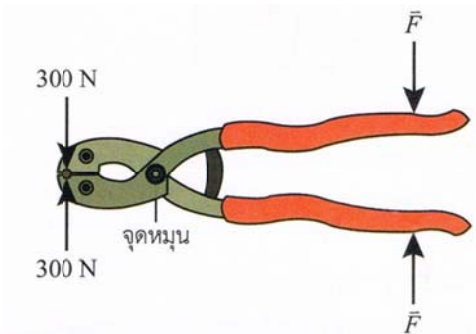


การได้เปรียบเชิงกลของลิ้ม เขียนได้ดังสมการ

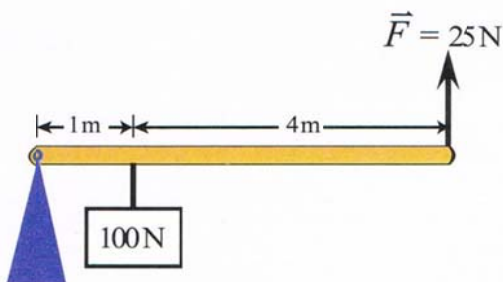
$$M.A. = \frac{W}{F} = \frac{H}{L}$$

แบบฝึกหัดทวนครั้งที่ 8

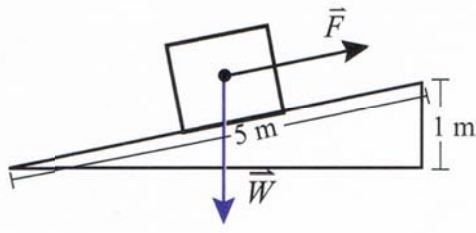
1. กรรไกรตัดลวดมีระยะระหว่างลวดและจุดหมุน 5 เซนติเมตร และระยะระหว่างมือที่กดกับจุดหมุน 15 เซนติเมตร ดังรูปถ้าต้องการตัดลวดที่ทนแรงกระทำได้ 300 นิวตันจะต้องออกแรงกด F อย่างน้อยเท่าใด ลวดจึงจะขาด



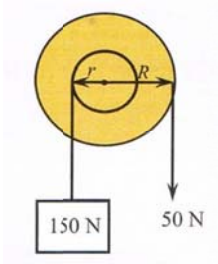
2. จากรูป จงหาการได้เปรียบเชิงกลของคานเบา



3. จากรูป จงหาการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงที่ยาว 5 เมตร สูง 1 เมตร



4. จากรูป จงหาการได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลา



5. จากรูปในข้อ 2. คานมีประสิทธิภาพเท่าใด

6. จากรูปในข้อ 3. ถ้าวัตถุมีน้ำหนัก 200 นิวตัน ถูกแรง F ขนาด 50 นิวตันกระทำให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นเอียง จงหาประสิทธิภาพของพื้นเอียง

7. จากรูปในข้อ 4. ถ้าล้อกับเพลาไม่มีความฝืด และล้อมีรัศมี 0.3 เมตร เพลา มีรัศมีเท่าใด