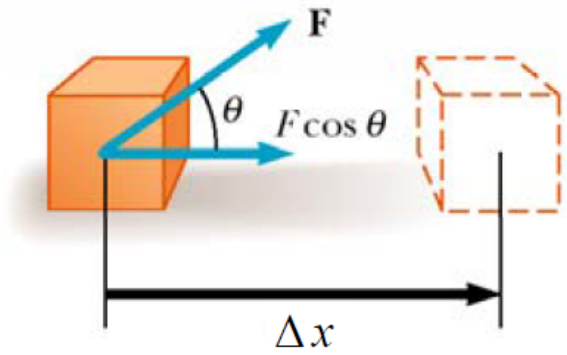
- นิยามของ งาน และพลังงาน
- กฎการอนุรักษ์พลังงาน
- กำลัง
- ประสิทธิภาพการทำงาน
- พลังงานในรูปอื่นๆ

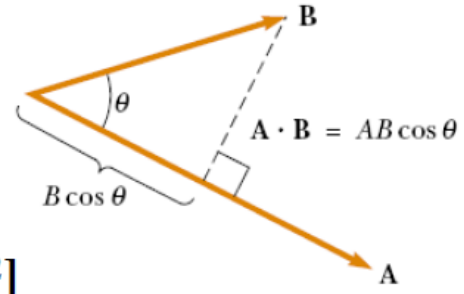
ในทางฟิสิกส์ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แรงกระทำ ถือว่าแรงนั้นได้ทำงาน



นิยาม งาน (ในทางฟิสิกส์)

"งานเท่ากับผลคูณระหว่างแรงกับการกระจัดในทิศตามแนวแรงที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ หรือเท่ากับผลคูณของการกระจัดกับองค์ประกอบของแรงที่มีทิศเดียวกับการกระจัด"

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F\, d \cos\theta$$

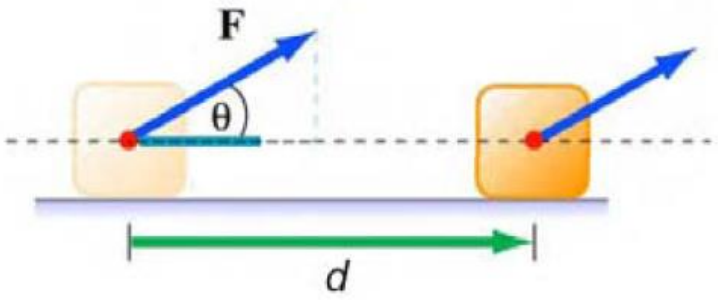


- $(F \cos \theta)$ คือ องค์ประกอบของแรงในทิศเดียวกับการกระจัด
- Δx ขนาดการกระจัด
- **W** คืองานที่เกิดขึ้น หน่วย **N.m** หรือ **J**

[1 J ≡ 1 N.m = 1 kg.m²/s²]

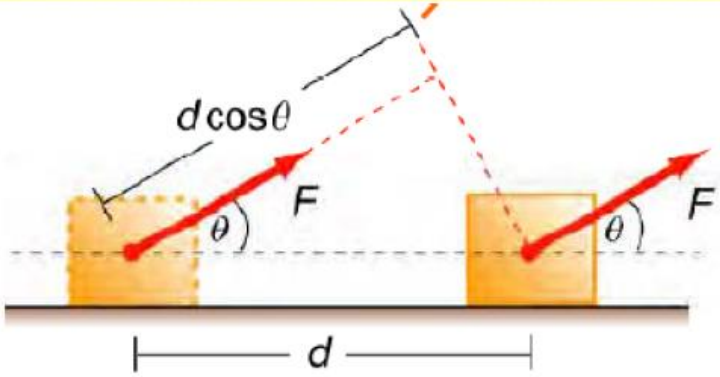
งานเป็นปริมาณสเกลาร์ (มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง) สามารถเป็นทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับมุมระหว่างแรงและการกระจัด (θ)

คำถาม ในกรณีดังรูป งาน (W) เนื่องจากแรง F คำนวณได้อย่างไร ?

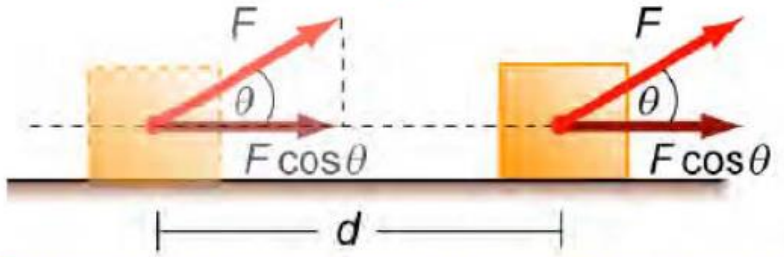


$$W = Fd\cos\theta$$

งาน (W) = แรง (F) x ระยะทางในทิศทางของแรง (dcosθ)



หรือ



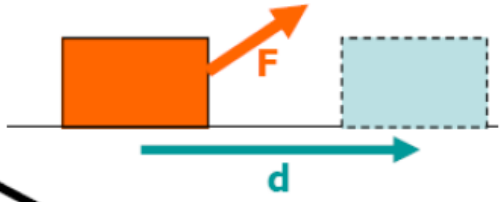
งาน (W) = แรงในทิศของการกระจัด (Fcosθ) x ระยะทาง (d)

งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีค่าได้ทั้งบวก ลบและศูนย์
ขึ้นอยู่กับมุม (θ) ระหว่างแรง (F) และการกระจัด (d)

$$W = Fd\cos\theta$$

ลบ เมื่อ F และ d อยู่ในทิศตรงกันข้าม ($\cos\theta < 0$)

บวก เมื่อ F และ d อยู่ในทิศทางเดียวกัน ($\cos\theta > 0$)

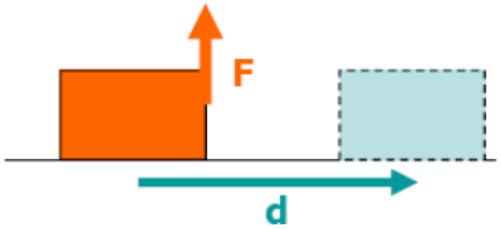


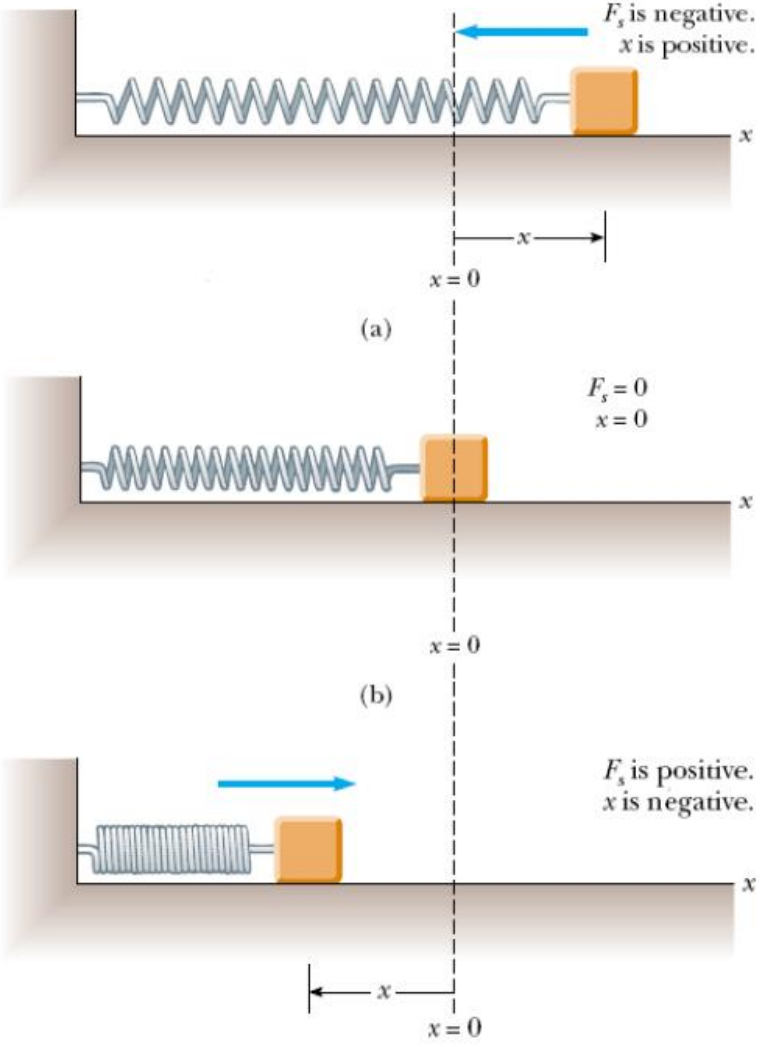
ศูนย์

F = 0

d = 0

Fd cos θ = 0,
นั่นคือ cos θ = 0
หรือ θ = 90°





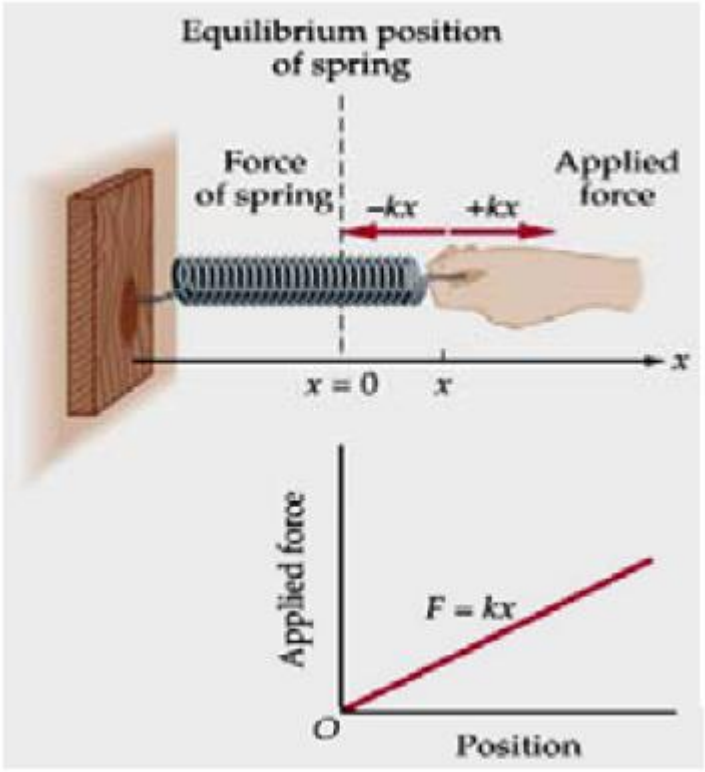
งานเนื่องจากแรงไม่คงที่

ตัวอย่างของระบบที่มีแรงกระทำไม่คงที่ คือ ระบบของสปริง ซึ่งประกอบสปริงที่มีด้านหนึ่งยึดกับวัตถุ และอีกด้านหนึ่งติดกับผนัง เมื่อทำการดึงยืดสปริงออกจะเกิดแรงดึงกลับ ($\vec{F}$) จากสปริง (restoring force)ในทิศทางตรงกันข้ามกับการกระจัด($\vec{x}$) ของสปริงจากตำแหน่งสมดุล

$$\vec{F} = -k\vec{x}$$

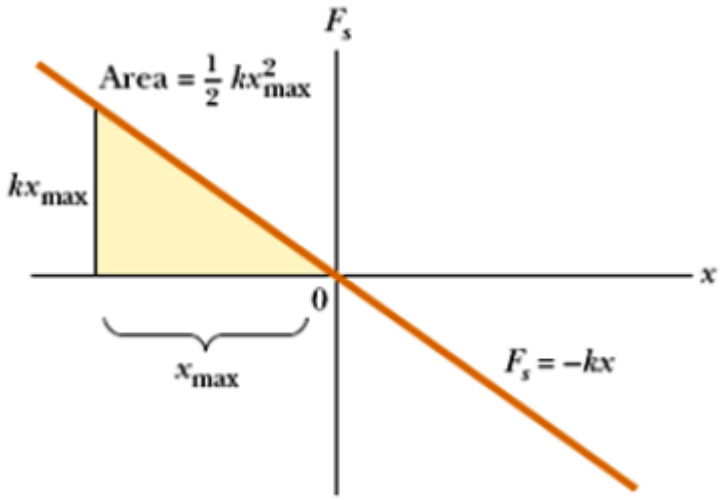
แรงจากสปริงนี้จะเป็นไปตาม *กฎของฮุก (Hooke 's law)* ซึ่งได้ความสัมพันธ์เป็น

เมื่อ k เป็นค่าคงที่ของสปริง (Spring Constant)



งานที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่ดึงสปริงให้เปลี่ยนตำแหน่ง ไป x

$$W = \frac{1}{2}kx^2$$



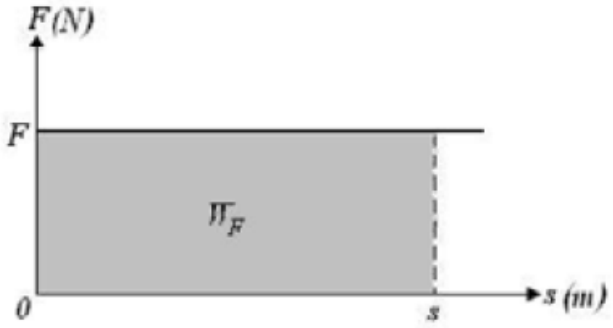
การคำนวณหางานจากกราฟ

งาน มีค่าเท่ากับ พื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และการกระจัดที่เกิดขึ้น (อาจเรียกว่ากราฟ F(x)) ทั้งนี้เราสามารถหาค่าของงานได้ทั้งกรณีที่แรงกระทำมีค่าคงที่ และแรงกระทำไม่คงที่

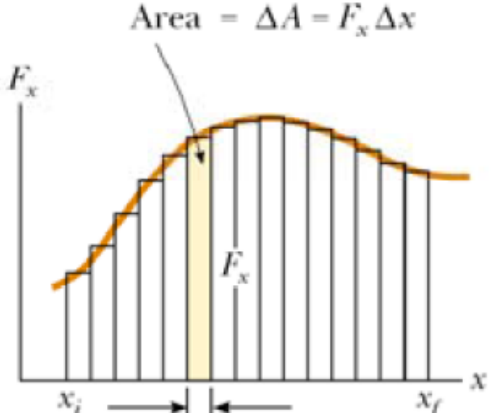
W = พื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงลัพธ์ F และการกระจัด S

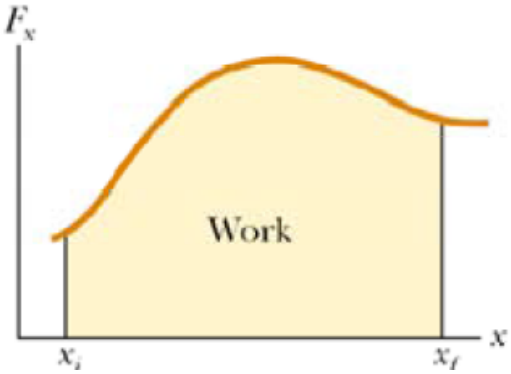
ตัวอย่างกรณี แรงที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่ง F(x) เช่น *แรงสปริง แรงโน้มถ่วง* เป็นต้น

งานเมื่อมีแรงกระทำคงที่
(Work – Constant Force)



งานเมื่อมีแรงกระทำไม่คงที่
(Work – Varying Force)





คำถาม พลังงานคืออะไร? (What is Energy?)

พลังงาน (Energy) คือ ความสามารถในการทำงาน (ability to do work)

พลังงานศักย์
เนื่องจากตำแหน่ง

น้ำในเขื่อนมีพลังงานสะสมอยู่
เราสามารถเอามาผลิตไฟฟ้าได้

พลังงานศักย์
เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

สปริงก็มีพลังงาน
สะสม นำไปใช้ยิง
กระสุนได้

ลูกโบว์ลิ่งที่วิ่งอยู่ก็มีพลังงาน
มันสามารถชนพินให้กระจายได้

พลังงานจลน์
เนื่องจากการเคลื่อนที่

พลังงาน (Energy) คือ ความสามารถในการทำงาน โดยเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

ดังรูป กังหันลมผลิตไฟฟ้า สามารถเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานสามารถทำให้เกิดงานเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานและพลังงานจึงมีความเกี่ยวข้องกัน

ในทางกลศาสตร์ แบ่งพลังงานพื้นฐานเป็น 2 ประเภท

- พลังงานจลน์ (Kinetic Energy; E_k) : พลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่
- พลังงานศักย์ (Potential Energy; E_p) : พลังงานที่สะสมในวัตถุ

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy) คือ พลังงานไม่สูญหาย แต่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานรูปแบบอื่น และไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้

พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

พลังงานจลน์ (Kinetic energy) *งานเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์*

แทนด้วยสัญลักษณ์ E_k หรือ *K.E.* ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า *พลังงานจลน์ เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่*

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

โดยที่
m = มวลของวัตถุ
v = ความเร็วของวัตถุ

จากสมการของพลังงานจลน์พบว่า
- *แปรผันกับอัตราเร็วกำลังสอง*
- *เป็นปริมาณสเกลาร์*
- *มีค่าเป็นบวกเสมอ*
- หน่วย : $kg(m/s)^2 = kg.m^2/s^2 = J$

ตัวอย่าง ลูกเบสบอลมวล 0.50 kg ถูกขว้างออกไปด้วยความเร็ว 4.0 m/s ลูกเบสบอลนี้จะมีพลังงานจลน์เท่าใด

ทฤษฎีบทงาน-พลังงาน (Work-Energy Theorem)

จากความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์พบว่า *งานที่เกิดขึ้นกับวัตถุมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของวัตถุนั้น* เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า ทฤษฎีบทงาน-พลังงาน *(Work-Energy Theorem)*

$$W = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki} \longrightarrow W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

- *ถ้างานเป็นบวกแสดงว่ามีแรงภายนอกมากระทำให้วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งงานเนื่องจากแรงนั้นจะเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เพิ่มขึ้น*
- *ถ้างานเป็นลบแสดงว่ามีแรงภายนอกมากระทำในทิศทางต้านการเคลื่อนที่ให้วัตถุมีความเร็วลดลง หรือวัตถุเป็นผู้ออกแรงทำงานซึ่งพลังงานจลน์ที่หายไปมีค่าเท่ากับขนาดของงานที่กระทำโดยแรงต้านนั้นหรืองานที่วัตถุกระทำนั่นเอง*

ตัวอย่าง จงหาพลังงานที่จะทำให้รถยนต์มวล 1000 kg เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง มีความเร็วเป็น 30 m/s สมมติว่าไม่มีแรงเสียดทาน และการเคลื่อนที่อยู่ในแนวราบ

Data ;

m = 1000 kg

v_i = 0 m/s

v_f = 30 m/s

ΔE_k = ?

แนวคิด

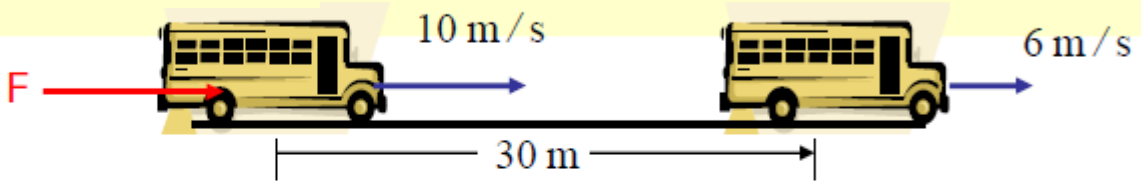
เนื่องจากรถยนต์อยู่ในแนวราบและไม่มีแรงเสียดทาน พลังงานจลน์ทั้งหมดถูกใช้ในการเร่งรถให้มีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น

พลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลง ; $\Delta E_k = E_{kf} - E_{ki} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$ ($v_i^2 = 0$)

ΔE_k = (+) พลังงานจลน์ของรถยนต์เพิ่มขึ้น

$\therefore$ พลังงานที่ต้องใช้เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 4.5×10^5 จูล

ตัวอย่าง เมื่อคนขับเหยียบเบรครถยนต์มวล 1400 kg ทำให้ความเร็วรถลดลงจาก 10 m/s เป็น 6 m/s จงหา งานที่เบรกกระทำกับรถยนต์



Data ;

m = 1400 kg

v_i = 10 m/s

v_f = 6 m/s

W = ?

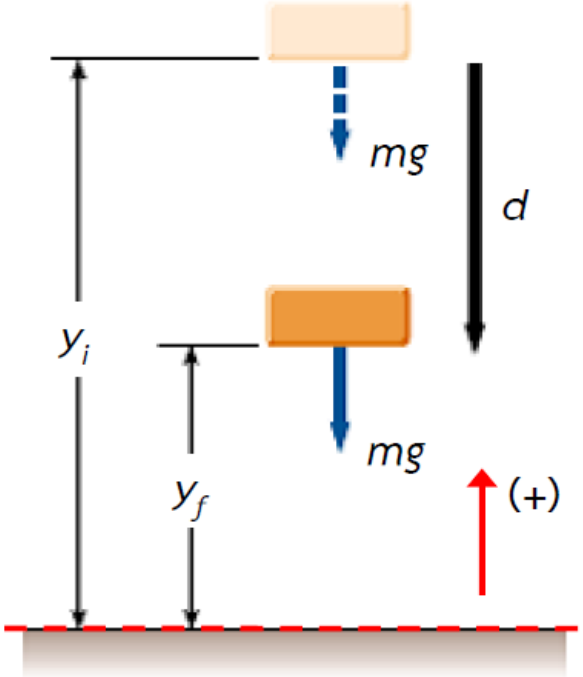
F = ?

แนวคิด $W = E_{kf} - E_{ki} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$

$= \frac{1}{2}(1400\ \text{kg})(6\ \text{m/s})^2 - \frac{1}{2}(1400\ \text{kg})(10\ \text{m/s})^2$

$= -44{,}800\ \text{J}$ งานที่เบรคกระทำกับรถยนต์

พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational potential energy)



พิจารณางานที่กระทำต่อก้อนอิฐ(brick) ด้วยแรงโน้มถ่วง(gravitational force) โดยก้อนอิฐตกจากที่สูง y_i มาที่ระดับความสูง y_f

$$F_g = -mg$$

$$W_g = m\vec{g} \cdot \vec{d}$$

$$= mgy_i - mgy_f$$

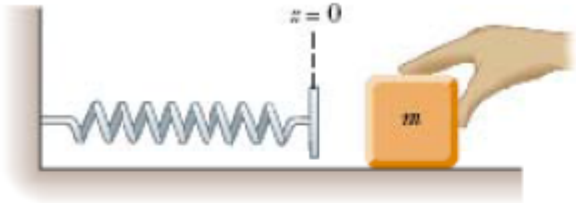
ในการพลังงานศักย์โน้มถ่วง ต้องพิจารณาจุดอ้างอิงเป็นสำคัญ

ผลคูณระหว่างขนาดของแรงโน้มถ่วง mg กับ ความสูง y เรียกว่า **พลังงานศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วง** (gravitational potential energy, E_p) $E_p \equiv mgy$

บางตำราใช้ h แทน y ในที่นี้ขอใช้ $E_P = mgh$

พลังงานศักย์โน้มถ่วงขึ้นอยู่กับระดับความสูง (ตำแหน่ง) ของวัตถุจากระดับอ้างอิง

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic Potential Energy)



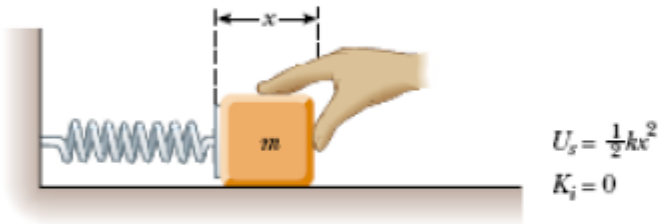
(a)

แรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุ (F_s) เท่ากับ

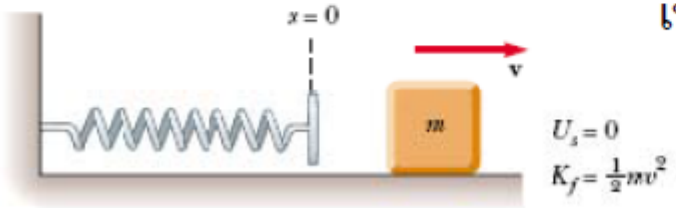
$$F_s = -kx$$

k คือ ค่านิจ(คงที่) ของสปริง (หน่วย:N/m)
x คือ ตำแหน่งที่สปริงยืด(หด) จากสมดุล

งานที่กระทำโดยแรงสปริง ; $W_s = -\left(\frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2\right)$



(b)



(c)

เทอม $\frac{1}{2}kx^2$ เรียกว่า พลังงานศักย์เนื่องจากแรงยืดหยุ่น

$$E_{ps} \equiv \frac{1}{2}kx^2$$

หนังสือบางเล่มใช้ U_s

ทำนองเดียวกัน $W_s = -\Delta E_{ps}$

Example. Elastic Potential Energy

พลังงาน – พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ (Potential Energy; P.E.) เป็นพลังงานที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งหรือลักษณะรูปร่างของวัตถุ

$$E_p = mgh$$

พลังงานศักย์โน้มถ่วงขึ้นอยู่กับความสูงจากระดับอ้างอิง (*h*)

$$E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$$

พลังงานศักย์สปริง ขึ้นอยู่กับระยะยืดหรือหดของสปริงจากตำแหน่งสมดุลของสปริง (*x*)

ตัวอย่าง หนังสือมวล 0.40 kg อยู่สูงจากพื้นโต๊ะ 50 cm และพื้นโต๊ะอยู่สูงจากพื้นห้อง 80 m จงหา a) พลังงานศักย์ของหนังสือเทียบกับพื้นโต๊ะ และ b) พลังงานศักย์ของหนังสือเทียบกับพื้นห้อง

Data ;

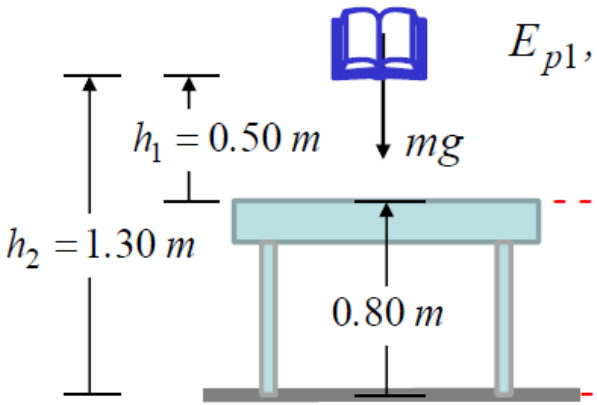
h_1 = 0.50 m

h_2 = 0.50+0.8 m

= 1.30 m

m = 0.40 kg

E_{p1}, E_{p2} = ? J



$E_{p1}, E_{p2} = ?$

$$E_p = mgh$$

------ a) กำหนดระดับอ้างอิงที่พื้นโต๊ะ;

----- b) กำหนดระดับอ้างอิงที่พื้นห้อง;

แนวคิด a) $E_{p1} = mgh_1$

แนวคิด b) $E_{p2} = mgh_2$

ข้อสังเกต พลังงานศักย์ของหนังสือที่ตำแหน่งเดียวกันอาจมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้ต้องพิจารณาจากจุดอ้างอิง

ตัวอย่าง นักศึกษาผู้หนึ่งออกแรงดึงสปริง 10 N ทำให้สปริงยืดจากตำแหน่งสมดุล 5 cm ถ้าต้องการให้สปริงยืดเป็นระยะ 20 cm จงหา a) แรงที่ใช้ดึงสปริง และ b) พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง

Data ;

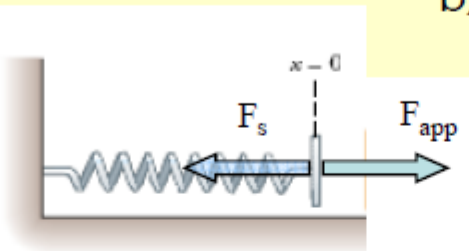
F = 10 N

k = ?

x = 20 cm

= 0.2 m

E_{ps} =?



Tips แรงที่ใช้ดึงสปริงมีขนาดเท่ากับแรงที่สปริงกระทำต่อมือที่ดึง แต่มี*ทิศตรงกันข้าม* $F_s = -kx$

หาค่าคงที่ของสปริง (ออกแรงดึง 10 N ทำให้สปริงยืด 5 cm);

$$|F_{app}| = kx \longrightarrow k = \frac{|F_{app}|}{x} =$$

แนวคิด a) ถ้าต้องการให้สปริงยืดเป็นระยะ 20 cm ต้องออกแรง ;

$$|F_{app}| = kx$$

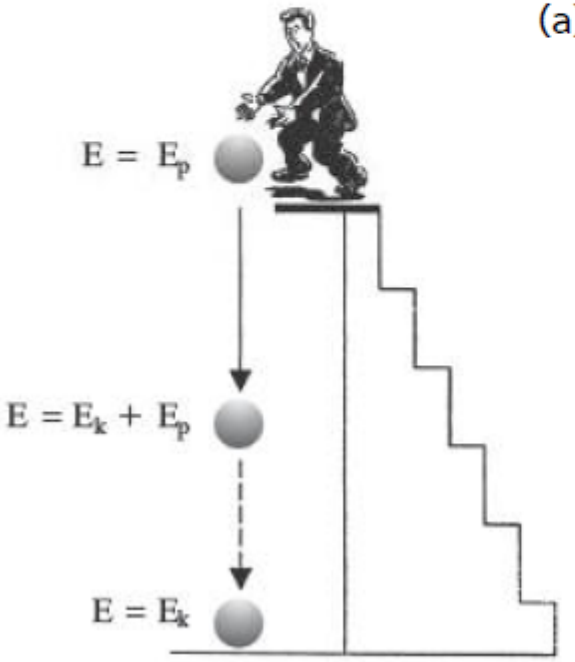
b) พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ; $E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$

พลังงานกล (Mechanical Energy)

พิจารณางานเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ ;

$W_g = mgy_i - mgy_f$ ดังนั้น $\boxed{W_g = -(E_{pf} - E_{pi}) = -\Delta E_p}$ (a)

จาก Work-Kinetic energy theorem $\boxed{W = E_{kf} - E_{ki}}$ (b)



(a) = (b) ; $E_{pi} - E_{pf} = E_{kf} - E_{ki}$

$E_{kf} + E_{pf} = E_{ki} + E_{pi}$ (c)

$\boxed{E = E_k + E_p}$ (กฎการอนุรักษ์พลังงาน)

E เรียกว่า พลังงานกล (mechanical energy)

พลังงานกล (Mechanical energy) = พลังงานจลน์ (Kinetic energy) + พลังงานศักย์ (Potential energy)

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation Law of Energy)

ในกรณีที่ระบบเป็นระบบปิด นั่นคือไม่มีงานเนื่องจากแรงเกิดขึ้น เมื่อไม่มีงาน ก็ไม่มีการถ่ายเทพลังงานเข้าหรือออกนอกระบบ แสดงว่าพลังงานรวมของระบบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

$$\Delta E = 0$$

หรือถ้าเราเปรียบเทียบสภาวะของระบบที่ตำแหน่งที่ 1 กับตำแหน่งที่ 2 จะได้ว่า

$$E_i = E_f$$

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation Law of Energy)

ในกรณีที่ระบบเป็นระบบปิด

$$\Delta E = 0 \quad \text{หรือ} \quad E_i = E_f$$

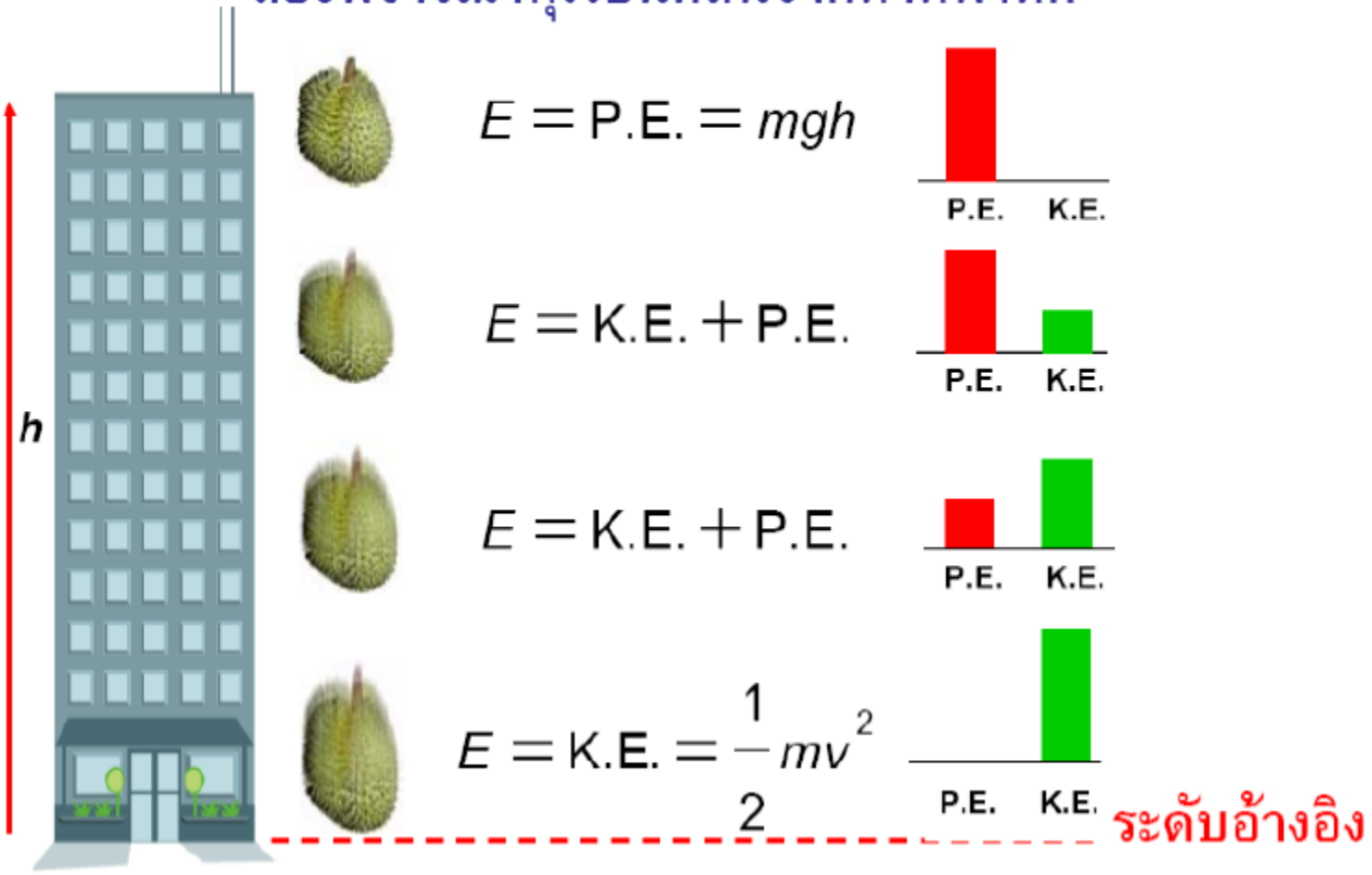
นี่คือ กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation Law of Energy)
ซึ่งกล่าวว่า “พลังงานไม่มีการสูญหายหรือสร้างขึ้นมาใหม่ได้ มันเพียงแต่เปลี่ยนรูปจากพลังงานแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่งเท่านั้น”

คำถาม พลังงานเปลี่ยนรูปอย่างไร?

จากรูป นักกีฬากระโดดสูงค้ำถ่อขาขึ้นเปลี่ยนพลังงานศักย์ยืดหยุ่นไปเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง และสุดท้ายกลายเป็นพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อตอนขาลง

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation Law of Energy)

ลองพิจารณาทุเรียนหล่นจากดาดฟ้าตึก



กำลัง – กำลังงาน

กำลัง (Power) คือปริมาณของงานที่ทำ(หรือใช้) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

หรือ อัตราการใช้พลังงาน

$$P = \frac{W}{t}$$

หน่วยของกำลังคือ joule / second (J/s)

ซึ่งมีชื่อเฉพาะว่า วัตต์ (watt; W)

อีกหน่วยที่ยังใช้กันอย่างแพร่หลายคือ

แรงม้า (horse power)

$$1\ \text{hp} = 746\ \text{W}$$

กำลัง – กำลังงาน

คำถาม a) รถคันไหนจะไปได้ไกลกว่ากันในเวลาที่เท่ากัน?

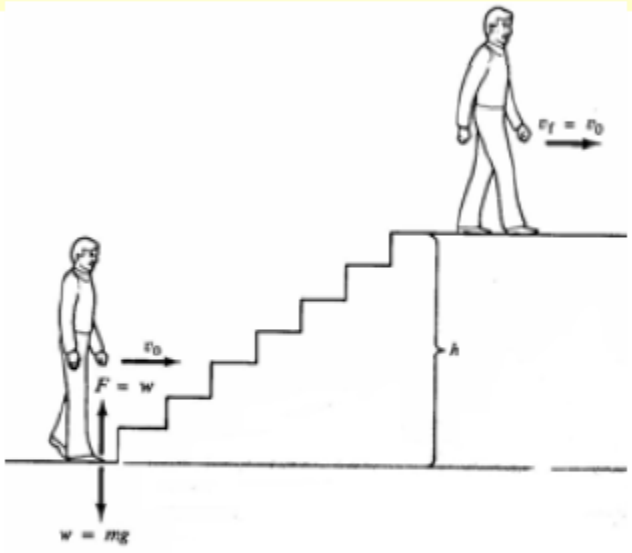
คำถาม b) รถคันไหนจะถึงเส้นชัยก่อนกัน?

$$Power = \frac{Work}{time}$$

เนื่องจากกำลัง (P) ขึ้นอยู่กับทั้งปริมาณงาน (W) และเวลา (t) ดังนั้น

- วัตถุที่มีกำลังมาก จะทำงานได้มากกว่าวัตถุที่มีกำลังน้อย ในเวลาที่เท่ากัน
- วัตถุที่มีกำลังมาก จะใช้เวลาน้อยกว่า วัตถุที่มีกำลังน้อยในการทำงานที่ปริมาณเท่ากัน

ตัวอย่าง ชายคนหนึ่งมวล 60.0 kg เดินขึ้นบันไดที่สูง 2.0 m ในเวลา 7 s ดังรูป จงคำนวณหา a) กำลังที่เขาใช้ในการเดินขึ้นบันไดนี้ และ b) หากเขาวิ่งขึ้นบันไดนี้ในเวลา 2 s



แนวคิด a) งานที่ชายคนนี้ทำ ทำให้พลังงานศักย์ของเขาเพิ่มขึ้น (สมมติว่าความเร็วตอนเริ่มกับความเร็วตอนปลายมีค่าเท่ากัน ดังนั้นไม่มีการเปลี่ยน K.E.)

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$$

แนวคิด b) เมื่อวิ่งขึ้นบันได งานที่เขาทำได้มีค่าเท่าเดิม แต่ใช้เวลาน้อยกว่าเดิม ดังนั้น

ประสิทธิภาพการทำงาน (Work Efficiency)

- พลังงานจำนวนมากมักจะสูญเสียไปเมื่อมีการทำงาน
- คำว่า “สูญเสีย” ไม่ได้หมายความว่าพลังงานนั้นสูญหาย แต่หมายความว่าพลังงานได้เปลี่ยนรูปไปเป็นอีกรูปหนึ่งที่เราไม่ต้องการ

ตัวอย่างเช่น

- หลอดไฟ เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ให้เป็นพลังงานความร้อน แทนที่จะเป็นแสงสว่าง

- เครื่องยนต์ เปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมเป็นพลังงานความร้อนเป็นส่วนมาก แทนที่จะเป็นพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนที่มีประโยชน์

ประสิทธิภาพการทำงาน (Work Efficiency)

ประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ ปริมาณที่ใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการนำพลังงานที่ให้กับอุปกรณ์หนึ่งๆ ไปใช้ทำงานที่เป็นประโยชน์ ตามที่เราต้องการ

$$Eff = \frac{W_{out}}{E_{in}}$$

$$Eff(\%) = \frac{W_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

Eff ไม่มีหน่วย !!!

ในกรณีที่งานที่ได้อยู่ในรูปของพลังงาน เราสามารถคำนวณได้โดย

$$Eff = \frac{E_{out}}{E_{in}}$$

หรือถ้าเราพิจารณาภายในช่วงเวลา t หนึ่งๆ เราก็สามารถคำนวณได้โดย

$$Eff(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

ประสิทธิภาพการทำงาน (Work Efficiency)

ตาราง 4.1 ประสิทธิภาพ (%) การทำงานของร่างกายและเครื่องจักรกล	
ร่างกายขณะขี่จักรยาน	20
ร่างกายขณะว่ายน้ำ	2
ร่างกายขณะขุดดิน	3
เครื่องจักรไอน้ำ	17
เครื่องยนต์สันดาปภายใน	38
โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	35
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	42

จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการทำงานของทุกอย่างมีค่าไม่มาก (โดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 50%)

พลังงานในรูปอื่นๆ - พลังงานเคมีในอาหารและเชื้อเพลิง

• พลังงานตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะถูกเก็บไว้ในรูปของพลังงานเคมี เช่นในรูปของอาหาร หรืออยู่ในรูปของเชื้อเพลิง

• กระบวนการอ็อกซิเดชั่น (oxidation) เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานความร้อนออกมา ทำให้ร่างกายอบอุ่น และใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

พลังงานในรูปอื่นๆ - พลังงานเคมีในอาหารและเชื้อเพลิง

- พลังงานที่อยู่ในอาหารเราใช้หน่วย กิโลแคลอรี (kilocalories, kcal),

1 kcal = 1000 cal = 1 Cal = 4186 J

- ถ้ารับประทานอาหารมากกว่าต้องการ ร่างกายจะเปลี่ยนส่วนที่เหลือให้เป็นไขมัน

- พลังงานเคมีในไขมันนี้จะถูกนำมาใช้ก็ต่อเมื่อร่างกายอยู่ในช่วงของการขาดอาหาร

พลังงานในรูปอื่นๆ - พลังงานเคมีในอาหารและเชื้อเพลิง

ตาราง 4.2 จำนวนกิโลแคลอรีต่อกรัม (kcal/g) ของอาหารและเชื้อเพลิง

สารอาหาร (ค่าโดยเฉลี่ย)					
ไขมัน	9.30	คาร์โบไฮเดรต	4.10	โปรตีน	4.10
อาหารทั่วไป					
นม	0.64	องุ่น	0.69	เนย	7.20
กาแฟดำ	0.008	แอปเปิ้ล	0.58	ไข่	1.63
โค้ก	0.36	ถั่ว	0.71	ไก่อบ	1.60
ช็อคโกแลต	5.28	ข้าวขาวสุก	1.00	น้ำตาล	4.00
ส้ม	0.49	ไอศกรีมช็อคฯ	2.22	บิ๊กแมค	2.89
เชื้อเพลิง					
ไม้ (เฉลี่ย)	4.00	เมทานอล	5.20	ก๊าซธรรมชาติ	13.0
ถ่านหิน	8.00	น้ำมันรถ	11.4		

พลังงานในรูปอื่นๆ - พลังงานเคมีในอาหารและเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างจำนวนแคลอรี่ในอาหารประเภทต่างๆ

ผัก 100 g มี 30 cal	ไข่ไก่ 1 ฟอง มี 72 cal	น้ำอัดลม 1 แก้ว มี 78 cal
ผลไม้ 100 g มี 50 cal	ปลาทู 100 g มี 53 cal	เบียร์ 1 แก้ว มี 98 cal
น้ำผึ้ง 100 g มี 249 cal	เนื้อหมู 100 g มี 144 cal	บรั่นดี 30 c.c. มี 73 cal
นมสด 1 ถ้วย มี 170 cal	เนื้อวัว 100 g มี 96 cal	วิสกี้ 45 c.c. มี 105 cal
น้ำตาล 1 ช้อนโต๊ะ มี 40 cal	กุ้งสด 100 g มี 77 cal	
ไอศครีม 1 ถ้วย มี 269 cal	หอยสด 100 g มี 56 cal	
แยม 1 ช้อนโต๊ะ มี 54 cal	หอยแมลงภู่แห้ง 100 g มี 275 cal	
น้ำกะทิ 1 ถ้วย มี 605 cal	ตับหมู 100 g มี 124 cal	
ข้าว 100 g มี 368 cal		
น้ำมัน 1 ช้อนโต๊ะ มี 135 cal		

พลังงานในรูปอื่นๆ - พลังงานเคมีในอาหารและเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.4 อัตราการใช้พลังงานสำหรับกิจกรรมประเภทต่างๆ (kcal/min, W)

นอน	1.2, 83	ขี่จักรยาน (13-18 km/hr)	5.7, 400
นั่งพักผ่อน	1.7, 120	ขณะหนาวสั่น	6.1, 425
ยืนตามสบาย	1.8, 125	เล่นเทนนิส	6.3, 440
นั่งในห้องเรียน	3.0, 210	ว่ายน้ำ	6.8, 475
เดินธรรมดา (4.8 km/hr)	3.8, 265	เล่นบาสเกตบอล	11.4, 800

พลังงานในรูปอื่นๆ - พลังงานไฟฟ้า

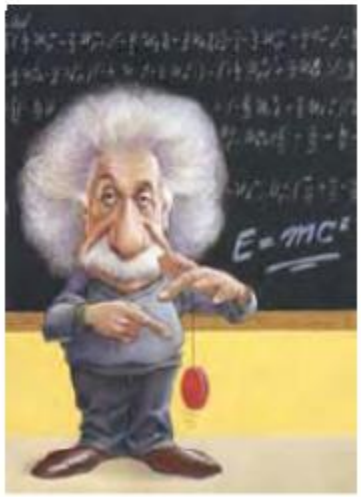
- เราสามารถเก็บพลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้าได้เช่นกัน
- ตัวคาปาซิเตอร์ **(capacitor)** ถูกใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในเครื่องมืออย่าง เช่น เครื่องปั๊มหัวใจ **(heart defibrillators)**

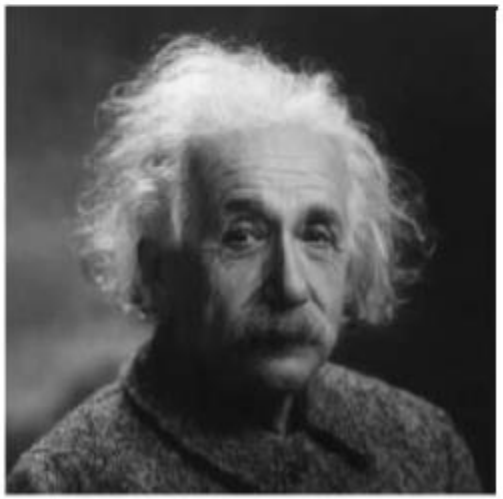
พลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้จะถูกนำมาใช้กำเนิดกระแสไฟฟ้าผ่านสู่หัวใจของคนไข้เพื่อหยุด อาการเต้นผิดปกติของหัวใจและทำให้หัวใจกลับมาทำงานเป็นปกติ

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน

$$E = mc^2$$

เมื่อ E คือปริมาณพลังงานที่สามารถได้มาจากการเปลี่ยนมวล m ให้เป็นพลังงาน ส่วน c คือความเร็วของแสง (3.0×10^8 m/s)





ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน

โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เปลี่ยนมวลของยูเรเนียมให้เป็นพลังงานความร้อนซึ่งสามารถนำไปเปลี่ยนให้เป็นพลังงานต่าง ๆได้รวมทั้งพลังงานไฟฟ้าด้วย

อาวุธสงครามนิวเคลียร์เปลี่ยนมวลให้เป็นพลังงานในรูปแบบของการระเบิด เช่นที่ระเบิดในเมืองฮิโรชิมาประเทศญี่ปุ่นในสงครามโลกครั้งที่ 2

Reference :
ดร.ภาณุวัฒน์ ซิมะลาวงค์