

บทที่ 6

งานและพลังงาน

ผลของการออกแรง

- ทำให้เกิดการเคลื่อนที่
- ทำให้เกิดการหมุน
- ทำให้เกิดงาน

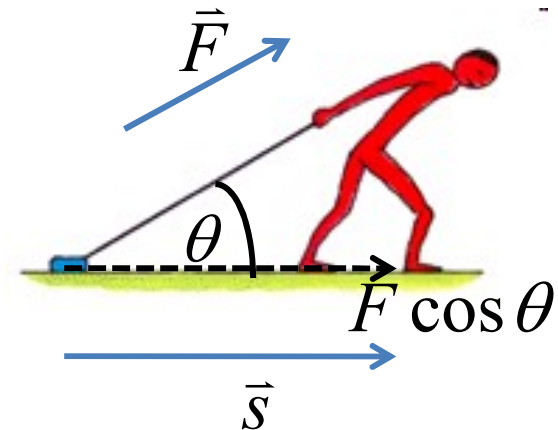
งานในทางฟิสิกส์

- งานจะเกิดขึ้น เมื่อการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ออกแรง
- งานคือผลคูณของแรงและระยะทางในแนวเดียวกัน

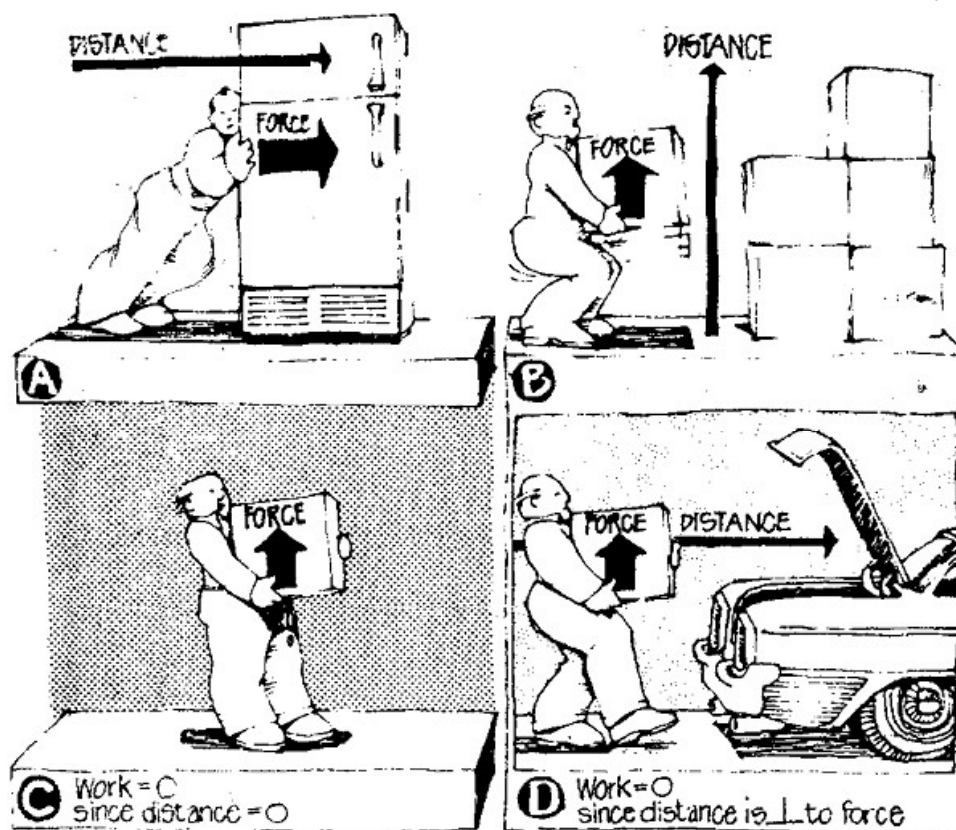
$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$W = |\vec{F}| |\vec{s}| \cos \theta$$

- งานเป็นปริมาณสเกลาร์
- งานมีหน่วยเป็น N.m หรือ J (Joule)



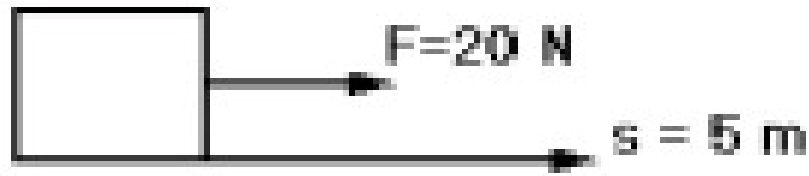
รูปใดที่เกิดงานในทางฟิสิกส์ ?



จากรูป งาน (ในทางฟิสิกส์) จะเกิดขึ้นเมื่อใด



ตัวอย่าง



จากรูปออกแรงคงที่เท่ากับ 20 นิวตัน ผลักวัตถุไปได้ระยะทาง 5 เมตร จงหางานที่ได้

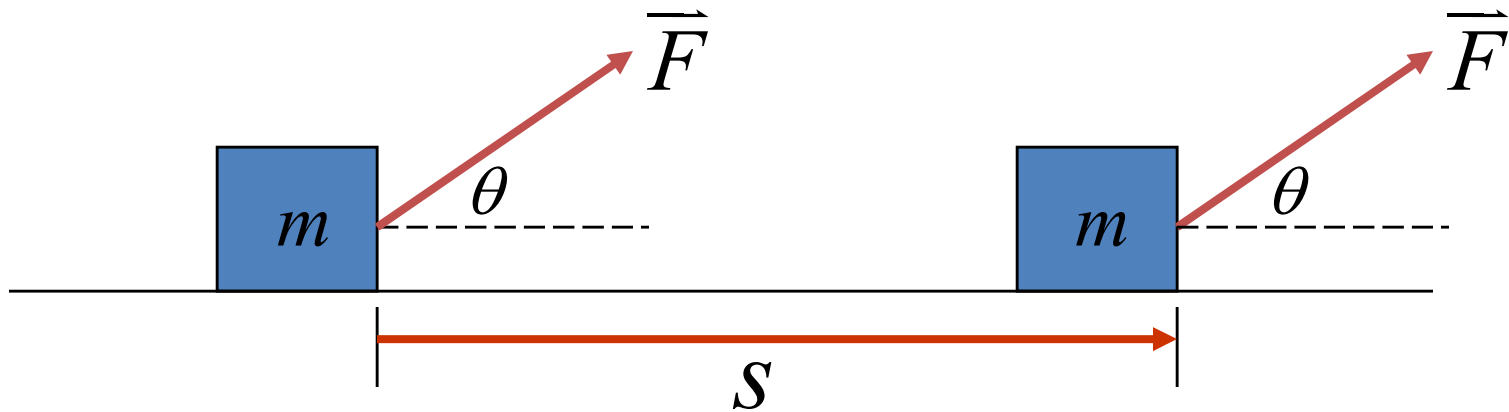
$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$W = |\vec{F}| |\vec{s}| \cos \theta$$

$$W = 20 \text{ N} \cdot 5 \text{ m}$$

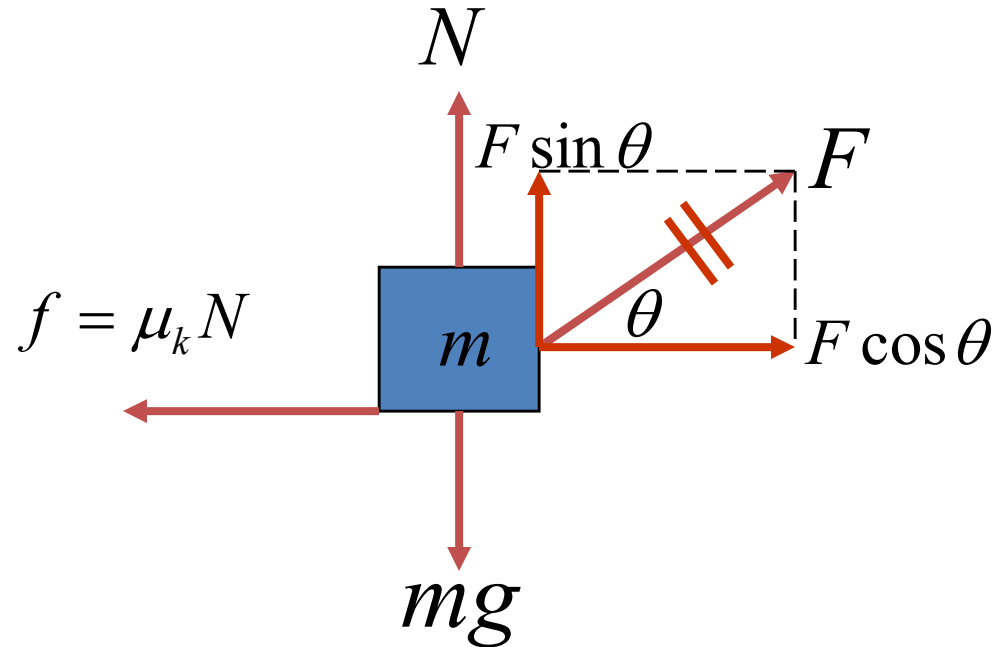
$$W = 100 \text{ J}$$

ตัวอย่าง



จากรูปวัตถุเคลื่อนที่ได้การกระจัด S ถ้าพื้นมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ_k) จงหางานของแรงแต่ละแรงที่กระทำต่อวัตถุและงานรวม

วิธีทำ



จากรูป เห็นว่ามีแรง 4 แรงกระทำต่อวัตถุ คือ F , N , mg และ

$$f = \mu_k N = \mu_k (mg - F \sin \theta) \quad \text{จะได้ว่า}$$

$$W_F = Fs \cos \theta \quad J$$

$$W_f = fs \cos 180 = -fs \quad J$$

$$W_N = N.s \cos 90 = 0 \text{ } J$$

$$W_{mg} = mg.s \cos 90 = 0 \text{ } J$$

งานรวม

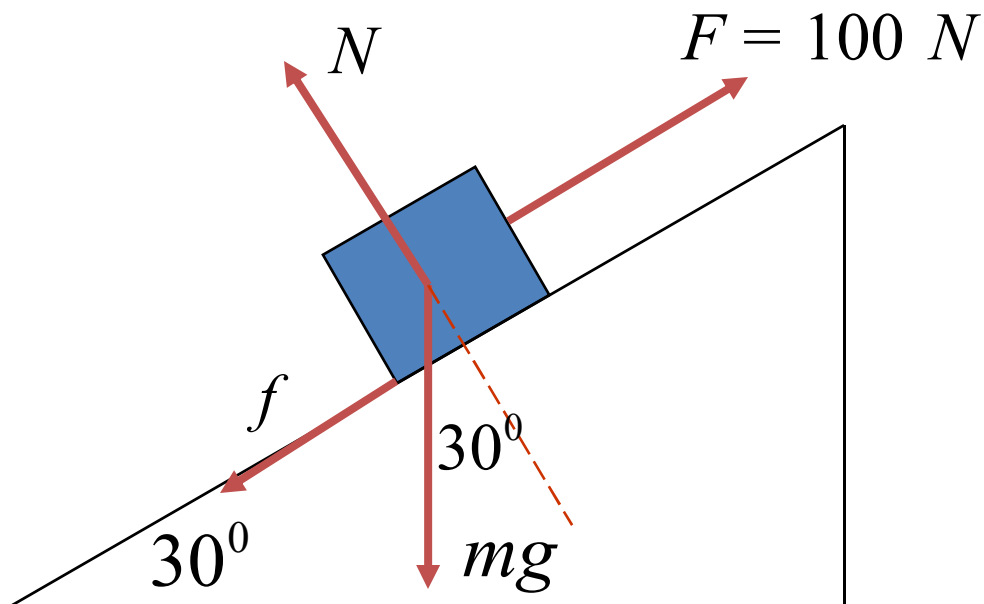
$$W_{net} = W_F + W_f + W_N + W_{mg}$$

$$= Fs \cos \theta - fs + 0 + 0$$

$$= (F \cos \theta - \mu_k mg + \mu_k F \sin \theta)s \quad J$$

ตัวอย่าง มวล 4 kg เคลื่อนที่ขึ้นระนาบเอียง 30° กับแนวระดับ โดยมีแรง 100 N ดึงขึ้นขนานกับพื้นเอียงและมีแรงเสียดทาน 10 N ด้านการเคลื่อนที่ ปรากฏว่ามวลเคลื่อนที่ได้ระยะ 20 m จงหางานของแต่ละแรง และ งานรวม

วิธีทำ



$$W_F = FDr \cos q = (100)(20)\cos 0^0 = 2,000 \text{ J}$$

$$W_f = fDr \cos q = (10)(20)\cos 180^0 = - 200 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} W_N &= NDr \cos q = (mg \cos 30^0)Dr \cos q \\ &= (40 \cos 30^0)(20)\cos 90^0 = 0 \text{ J} \end{aligned}$$

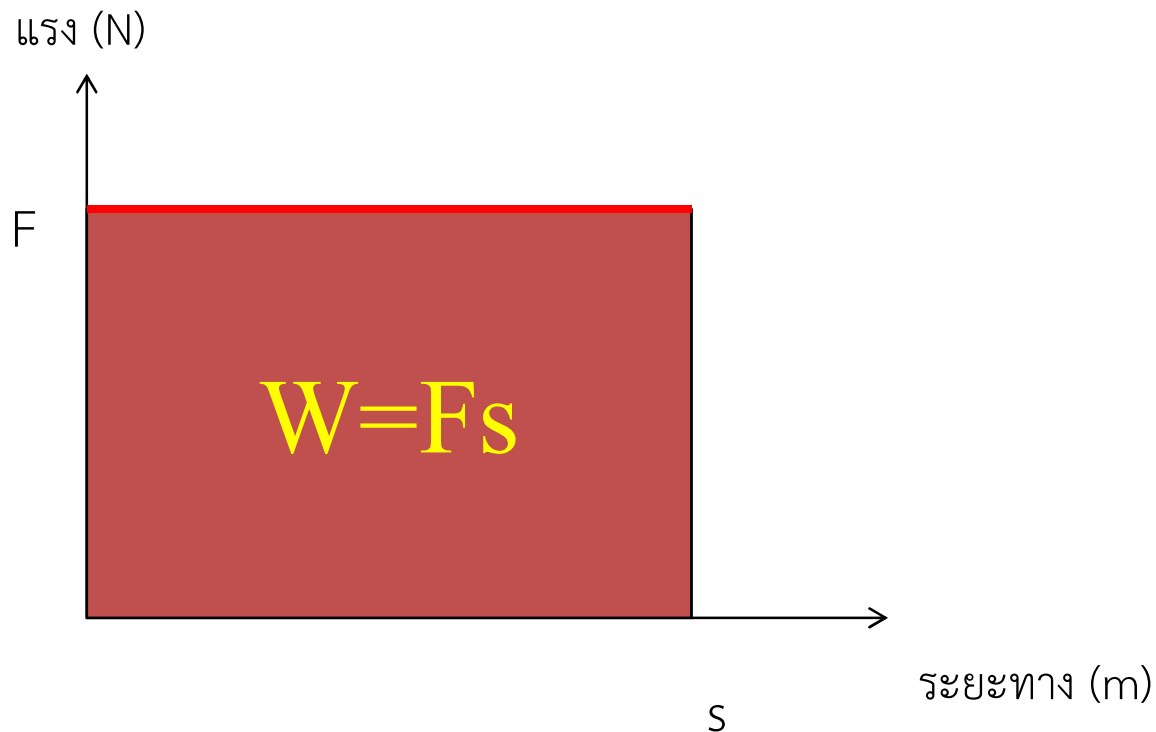
$$\begin{aligned} W_{mg} &= mgDr \cos q = (40)(20)\cos (90^0 + 30^0) \\ &= - 800 \sin 30^0 = - 400 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{å } W &= W_F + W_f + W_N + W_{mg} \\ &= 2,000 - 200 + 0 - 400 \\ &= 1,400 \text{ J} \end{aligned}$$

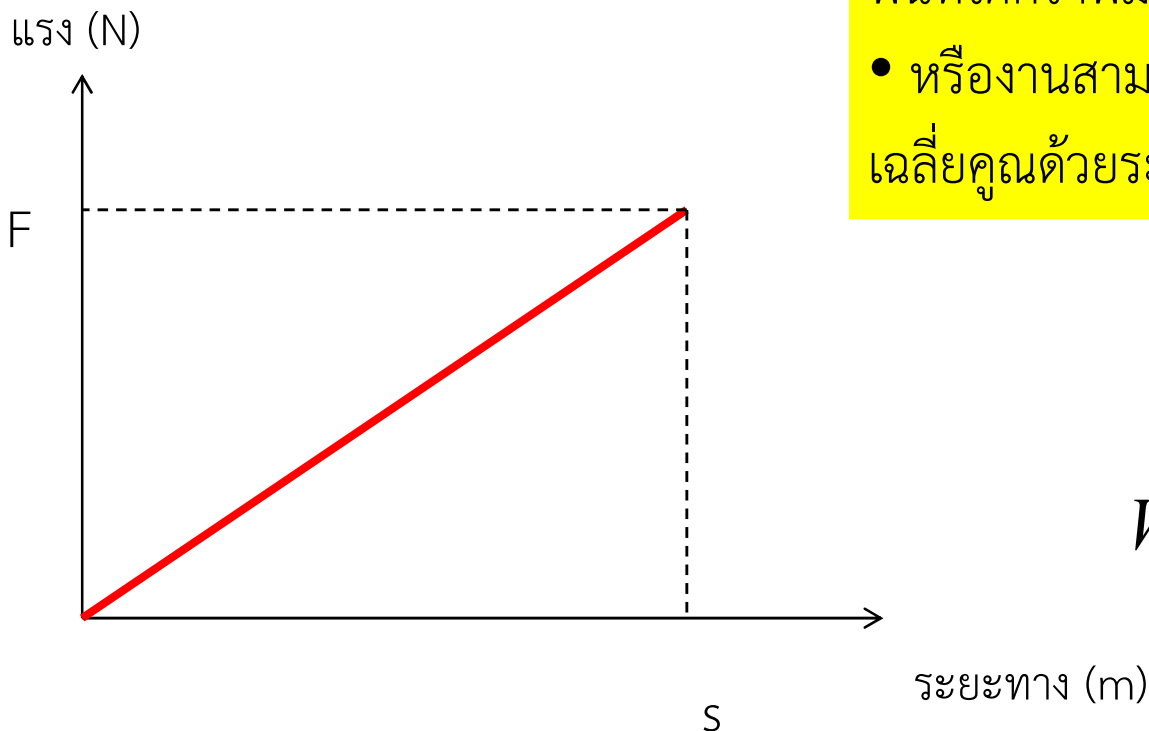
งานกับกราฟระหว่างแรงกับระยะทาง

ออกแรงคงตัวขนาด F ทำให้วัตถุมีการกระจัด s

ถ้าเขียนกราฟระหว่างแรงกับการกระจัดพื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่ากับงาน



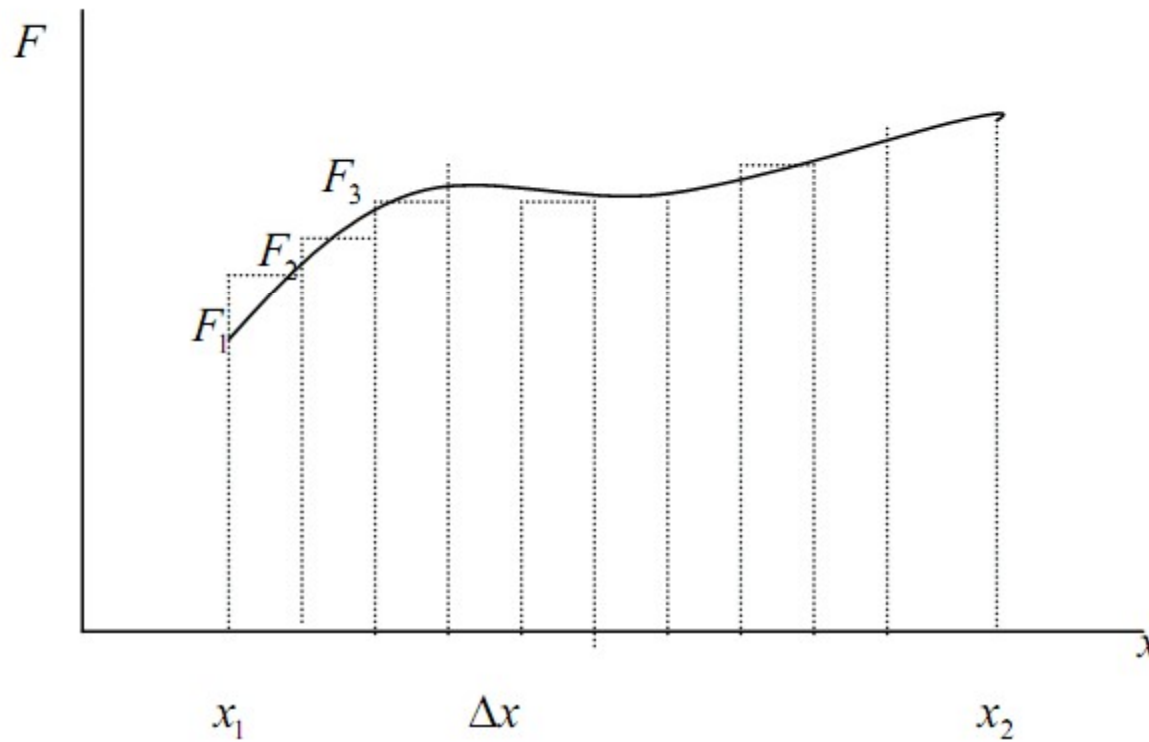
ถ้าแรงไม่คงตัว แต่มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ



- ออกแรงที่มีขนาดเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอจาก 0 ถึง F ทำให้วัตถุมีการกระจัด S
- ถ้าเขียนกราฟระหว่างแรงกับการกระจัด พื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่ากับงาน
- หรืองานสามารถคำนวณได้จากจากแรงเฉลี่ยคูณด้วยระยะ S

$$W = \frac{F + 0}{2} \cdot s = \frac{1}{2} F \cdot s$$

กรณีแรงที่กระทำมีขนาดไม่สม่ำเสมอ



$$W = \sum_{i=1}^N F_i \Delta x$$

$$W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{i=1}^N F_i \Delta x$$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$

พลังงาน (Energy)

http://www.youtube.com/watch?v=o_5oYuDY2qM&feature=related



พลังงาน คือ

- ความสามารถในการทำงาน
- ความสามารถที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่
- สิ่งที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนรูป

พลังงานกล (Mechanical Energy)

<http://www.youtube.com/watch?v=vl4g7T5gw1M&feature=related>



<http://www.youtube.com/watch?v=Jnj8mc04r9E&feature=fvw>

You Tube

Search

Bro

Potential Energy: Wile E Coyote & Roadrunner

bedoremus

4 videos

Subscribe



พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

พลังงานของวัตถุขณะที่กำลังเคลื่อนที่

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

แบบฝึกหัด (ง่ายๆ)

1. ช้างมวล 2000 kg วิ่งด้วยความเร็ว 5 m/s และคนมวล 50 kg วิ่งด้วยความเร็วเท่ากัน พลังงานที่เกิดขึ้นคือพลังงานชนิดใด และคำนวณหาพลังงานของช้างและคน

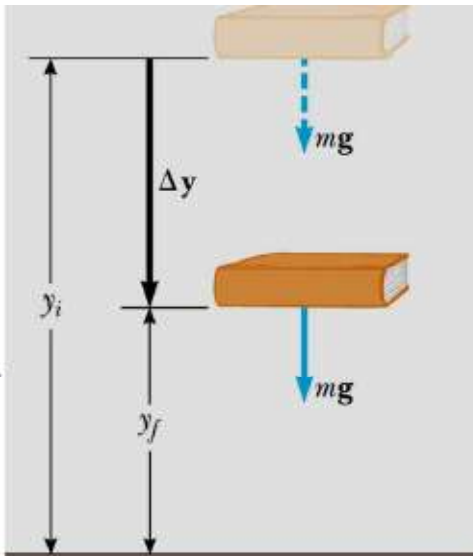


พลังงานจลน์ 25,000 จูล

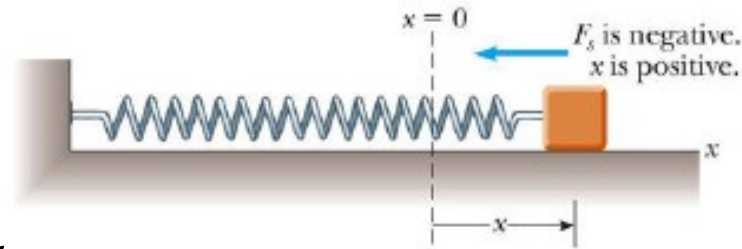
พลังงานศักย์ (Potential Energy)

พลังงานสะสมในตัววัตถุที่พร้อมจะเคลื่อนที่

- ในที่นี่จะศึกษาเพียงสองแบบคือ
 - พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy)
 - พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic Potential Energy)

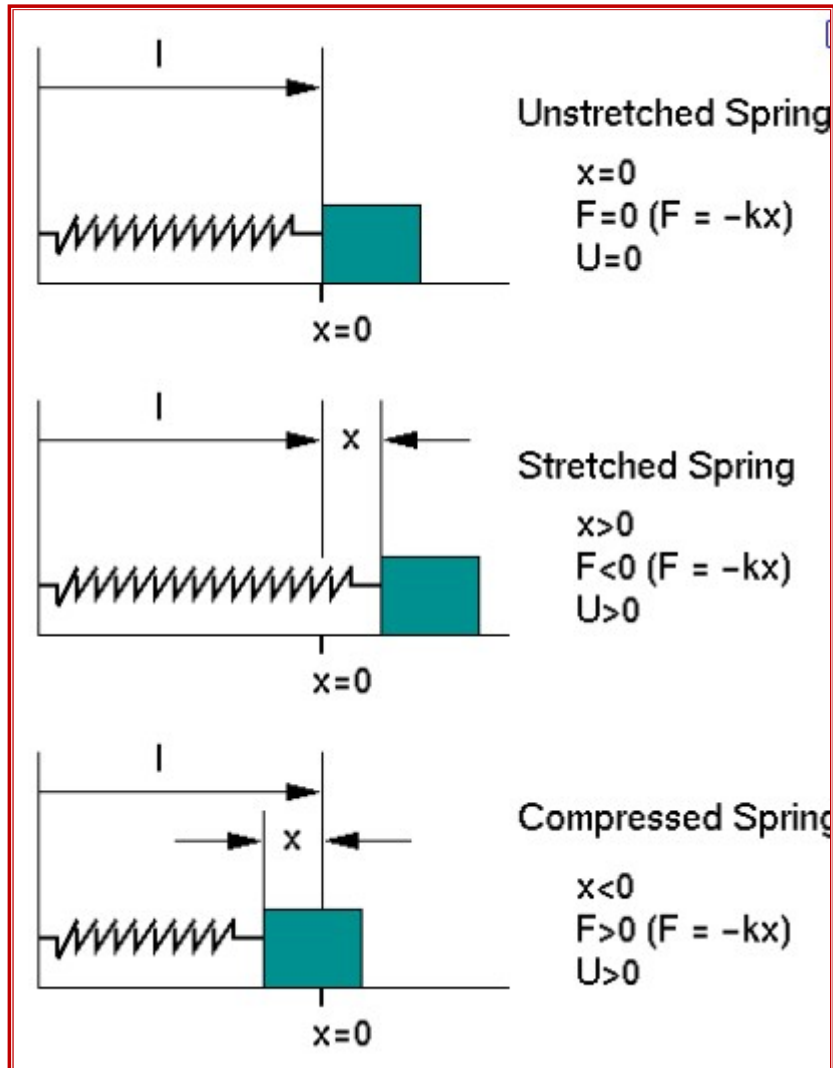


$$E_{GP} = mgh$$



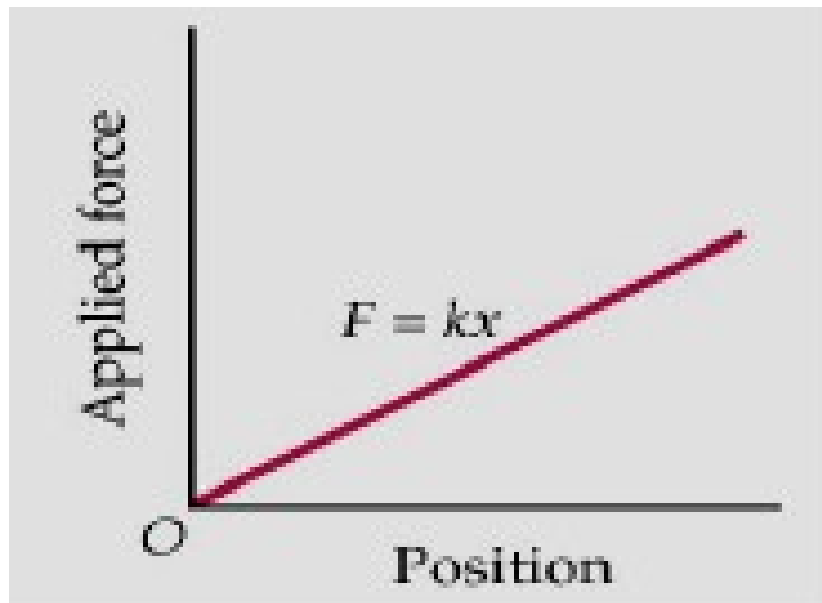
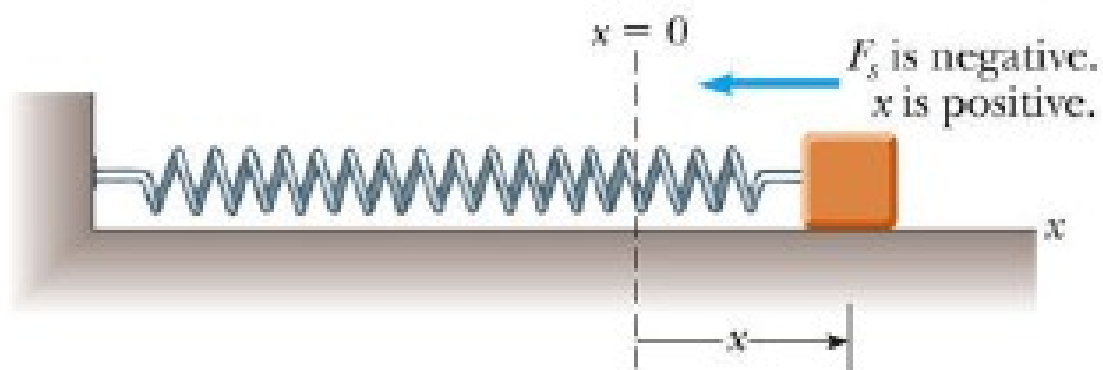
$$E_{EP} = \frac{1}{2} kx^2$$

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic Potential Energy)



- ถ้าดึงสปริงให้ยืดออกจะมีความรู้สึกว่ามีแรงที่สปริงพยายามดึงมือกลับ
- เช่นเดียวกับการอัดสปริงจะรู้สึกว่ามีสปริงดันมือออก
- แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา (กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3)
- พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวสปริงขณะที่มีการยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล เรียกว่า **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น**
- แรงที่ใช้ดึงหรือกดสปริงมีความสัมพันธ์กับระยะทางที่สปริงยืดหรือหด

$F = -kx$ เมื่อ k เป็นค่าคงตัวสปริง



$$W = E_{EP} = \int_x^0 F \cdot dx$$

$$E_{EP} = \int_x^0 -kx \cdot dx$$

$$E_{EP} = -k \int_x^0 x \cdot dx$$

$$E_{EP} = -k \frac{x^2}{2} \Big|_x^0$$

$$E_{EP} = -k \frac{(0 - x^2)}{2} = \frac{1}{2} kx^2$$

กฎของการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)

พลังงานจะไม่มี การสูญหายไป แต่จะสามารถเปลี่ยนรูปของพลังงานได้

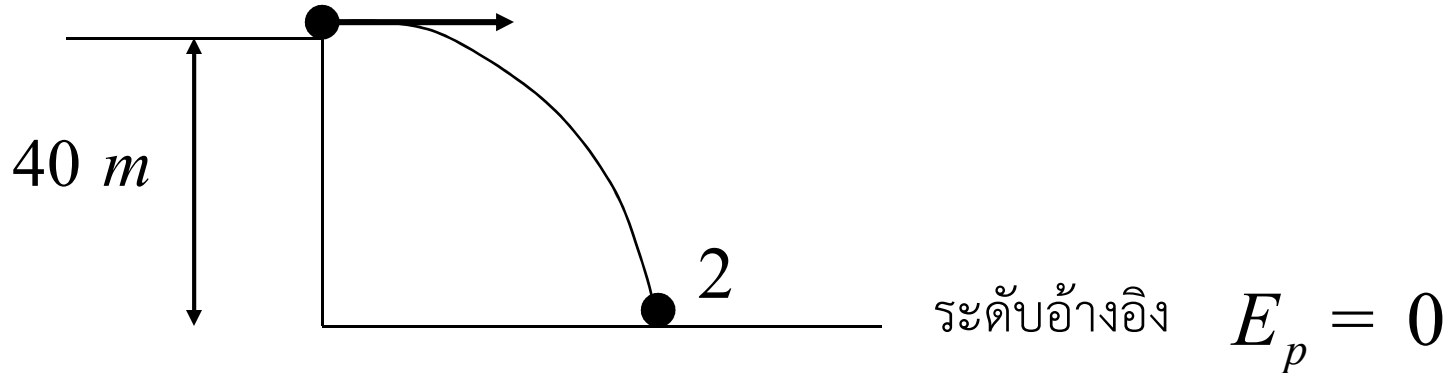


<http://www.youtube.com/watch?v=-dpBVtAbKJU>

ตัวอย่างกฎการอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่าง ขว้างวัตถุมวล 2 kg จากหน้าผาสูง 40 m ด้วย
ความเร็ว 10 m/s ($g = 10\text{ m/s}^2$)

วิธีทำ จงหาความเร็วของวัตถุขณะกระทบพื้น



จะเห็นว่ามีเฉพาะ mg กระทำต่อวัตถุเท่านั้น ดังนั้นพลังงานอนุรักษ์
ในที่นี้กำหนดให้พื้นระดับเป็นระดับอ้างอิง

$$E_{k1} + E_{p1} + E_{ps1} = E_{k2} + E_{p2} + E_{ps2}$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 + \frac{1}{2}kx_2^2$$

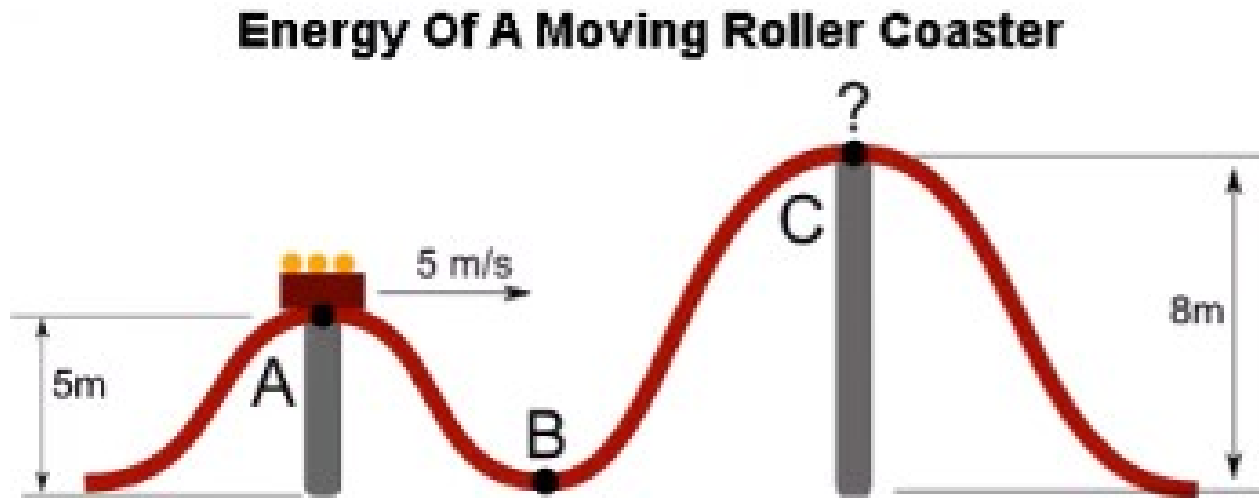
$$\frac{1}{2}(2)(10)^2 + (2)(10)(40) + 0 = \frac{1}{2}(2)v_2^2 + (2)(10)(0) + 0$$

$$v_2^2 = (10)^2 + (2)(10)(40) = 900$$

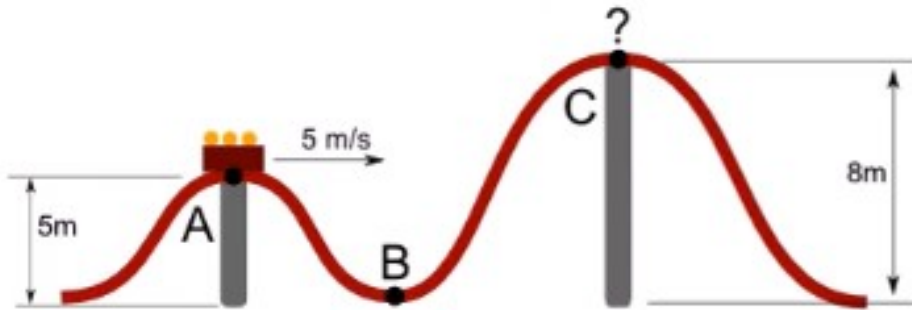
ดังนั้น

$$v_2 = 30 \text{ m/s}$$

- ตัวอย่าง** เร่งให้รถไฟเหาะเคลื่อนที่บนรางเมื่อเริ่มต้น จนมีความเร็วบนรางในแนวราบ 5 m/s ณ จุด A ดังรูป จากนั้นจึงปล่อยให้เคลื่อนที่ ถามว่า
- ก. ความเร็วที่จุด B จะเป็นเท่าใด
 - ข. รถไฟเหาะจะสามารถเคลื่อนที่จนถึงจุด C ได้หรือไม่
 - ค. หากไม่ได้ ความเร็ว ณ จุด A ควรเป็นเท่าใดจึงจะทำให้รถไฟเหาะเคลื่อนที่ได้จนถึงจุด C



Energy Of A Moving Roller Coaster



၇.

$$\sum E_A = \sum E_B$$

$$PE_A + KE_A = PE_B + KE_B$$

$$mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2, \quad h_B = 0$$

$$v_B = \sqrt{2gh_A + v_A^2} = 11.094 \text{ m/s}$$

၈.

$$\sum E_B = \sum E_C$$

$$KE_B = PE_C$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = mgh_C$$

$$h_C = \frac{1}{2g}v_B^2 = \frac{11.094^2}{2(9.8)} = 6.275 \text{ m}$$

$$h_C < 8 \text{ m}$$

၉.

$$\sum E_A = \sum E_C$$

$$PE_A + KE_A = PE_C$$

$$mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_C$$

$$v_A = \sqrt{2g(h_C - h_A)}$$

$$v_A = \sqrt{2(9.8)(8 - 5)} = 7.671 \text{ m/s}$$

กำลัง (Power)

- กำลัง คือ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ อัตราการทำงาน หรือ กำลังเฉลี่ย
- หน่วยเป็น จูล/วินาที หรือ วัตต์ (Watt : W)
- กำลังในขณะใดขณะหนึ่งหาได้จาก

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

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t}$$

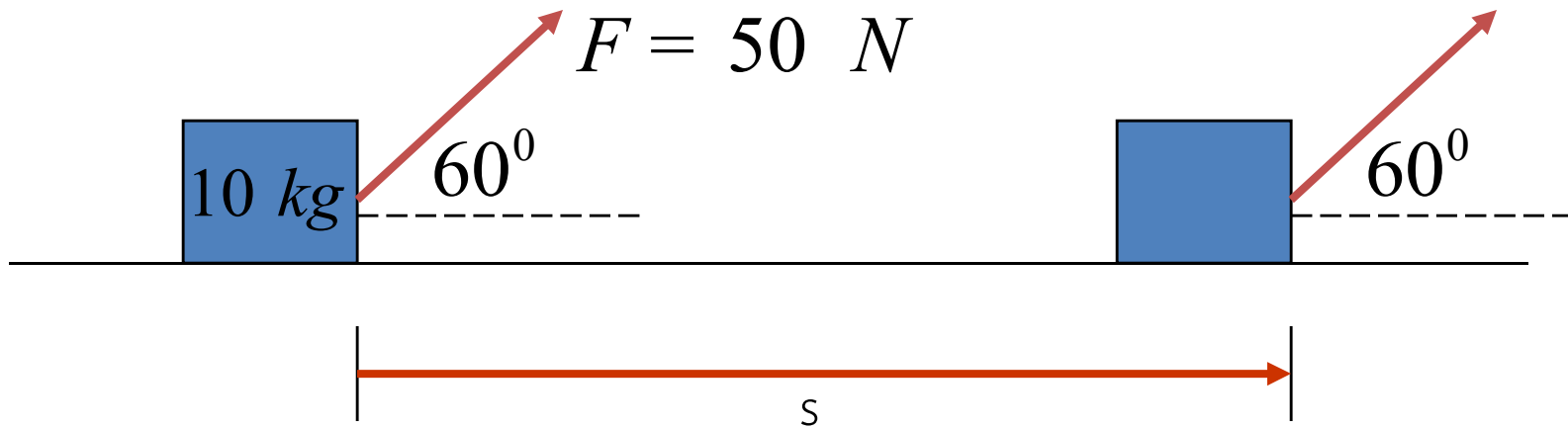
$$P = \frac{dW}{dt}$$

$$P = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{s}}{dt}$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

ผลคูณเวกเตอร์แบบสเกลาร์ของแรงและความเร็ว

ตัวอย่าง



จากรูป กล่องมวล 10 kg เริ่มเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่ง ณ. เวลา $t = 0\text{ s}$

จงหา

- (a) กำลังเฉลี่ยของแรง F เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที
- (b) กำลังของแรง F ขณะเวลา 4 วินาที

วิธีทำ

(a) หา กำลังเฉลี่ยจาก $P_{av} = \frac{W}{t}$

จะได้ $P = \frac{W}{t} = \frac{Fs \cos \theta}{t}$

แต่ไม่ทราบ s โดยหาจาก

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

ไม่ทราบ a หา

จาก $F_x = m a_x$

$$F \cos \theta' = ma$$

$$(50) \cos 60^\circ = (10)a$$

$$a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

จะได้

$$s = (0)(4) + \frac{1}{2}(2.5)(4)^2 = 20 \text{ m}$$

ดังนั้น

$$P_{av} = \frac{(50)(20) \cos 60^\circ}{4} = 125 \text{ W}$$

(b) หากำลังขณะเวลา 4 วินาที จาก

$$P = Fv \cos \theta$$

ไม่ทราบ v หาจาก

$$v = v_0 + at$$

$$v = 0 + (2.5)(4)$$

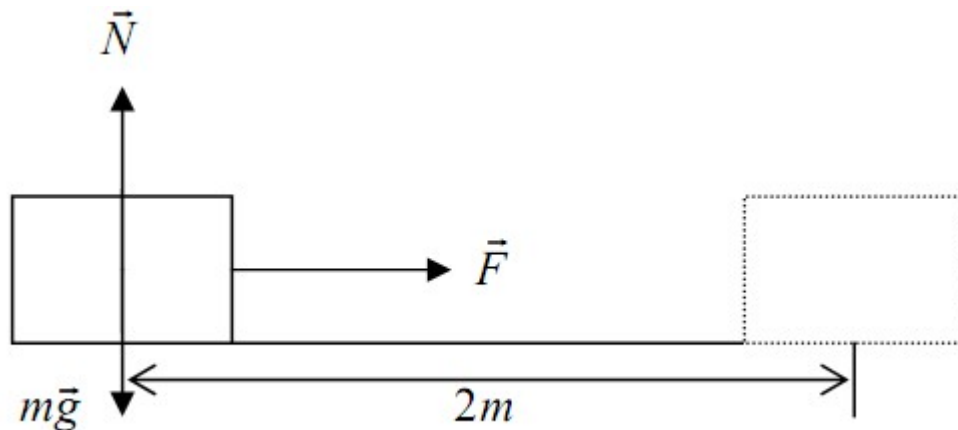
$$v = 10 \text{ m/s}$$

ดังนั้น กำลังขณะเวลา 4 วินาที คือ

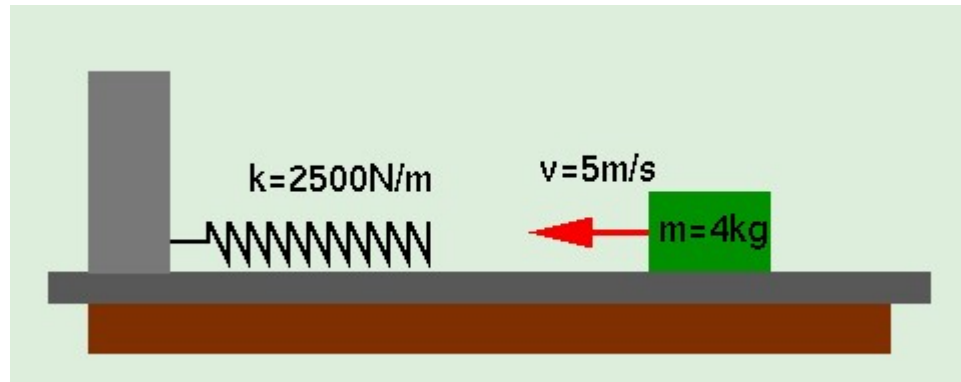
$$P = (50)(10)\cos 60^\circ = 250 \text{ W}$$

แบบฝึกหัด

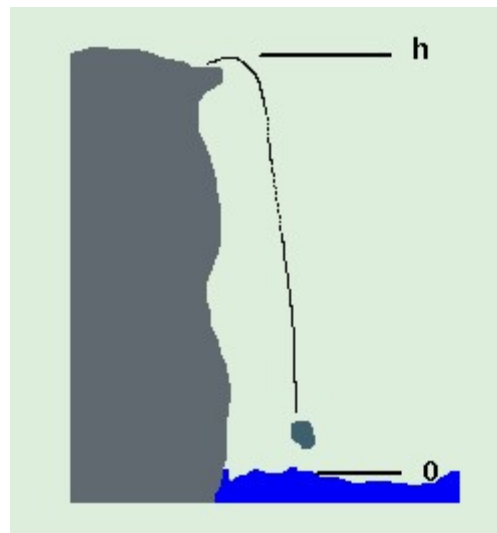
1. หากยกมวลซึ่งมีขนาดเท่ากับมวลของตัวเอง โดยยกขึ้นเป็นระยะความสูงเท่ากับความสูงของตัวเอง ให้คำนวณงานในการยก และหากใช้เวลาในการยกเป็น 5 วินาที จงกำลังที่ใช้ในการยก
2. กล่องมวล 5 kg วางนิ่งอยู่บนพื้นลื่น หากถูกแรงคงตัวดึงในแนวนอนกับพื้นราบ 10 N ดังรูป จงหา
 - ก. อัตราเร็วของกล่องเมื่อเคลื่อนที่ไปได้ 2 m
 - ข. อัตราเร็วของกล่องเมื่อเคลื่อนที่ไปได้ 2 m สัมประสิทธิ์เสียดทานจลน์เท่ากับ 0.1



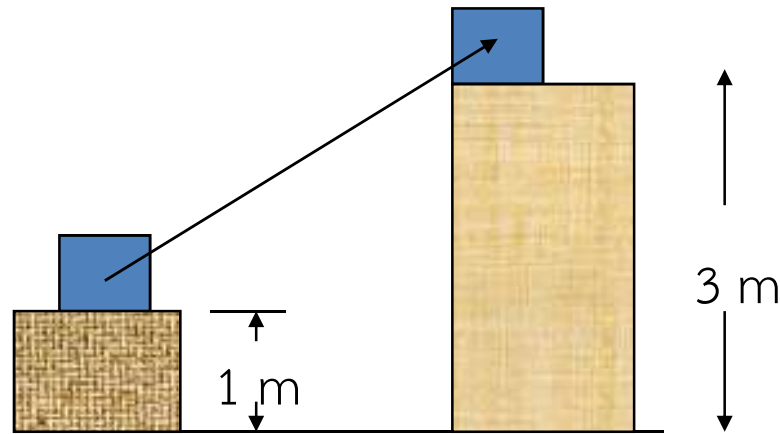
3. ก้อนมวล 4 kg วิ่งชนสปริงด้วยความเร็ว 5 m/s หากสปริงมีแรงคงตัว 2500 N/m สปริงจะหดจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะเท่าใด

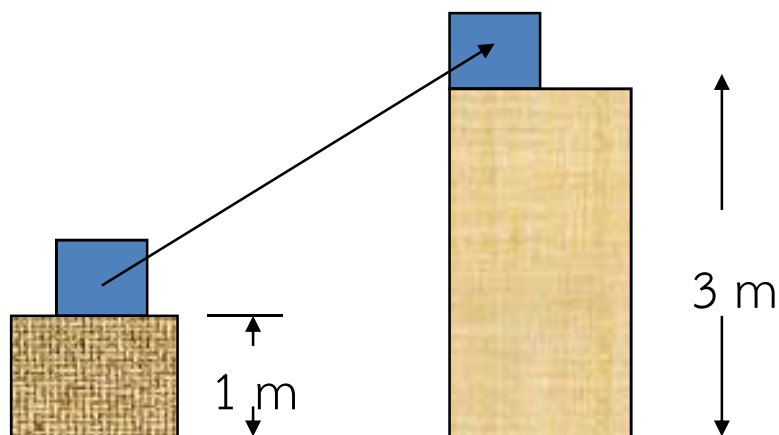


4. ก้อนหินมวล 0.5 kg ถูกปล่อยลงมาจากหน้าผาสูง 10 m ความเร็วของก้อนหินขณะกระทบพื้นมีค่าเป็นเท่าใด



5. วัตถุมวล 20 กิโลกรัม วางอยู่บนโต๊ะที่สูงจากพื้นห้อง 1 เมตร ถ้ายกวัตถุนี้ไปวางบนชั้นซึ่งสูงจากพื้นห้อง 3 เมตร จงคำนวณหาหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่เพิ่มขึ้น และงานที่ใช้ในการยก หากเส้นทางการยกเป็นดังภาพ พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่เพิ่มขึ้น และงานที่ใช้ในการยกเท่ากันหรือไม่





พลังงานศักย์ที่เพิ่มขึ้น
 $= mgh_2 - mgh_1$
 $= 20 \times 10 \times (3 - 1)$
 $= 400 \text{ J}$
 $= \text{งานที่ใช้ในการยก}$

$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$
 $= F ds \cos \theta$
 $= F dh$
 $W = \int dW = F \int dh$
 $= mgh$
 $= 20 \times 10 \times 2 = 400 \text{ J}$

The diagrams show a block on a ramp with force F applied at an angle θ to the ramp, and a small displacement ds along the ramp. The vertical displacement is $dh = ds \cos \theta$.