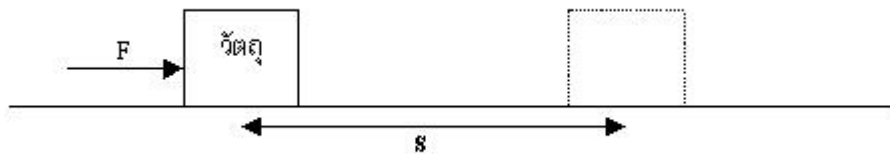


บทที่ 4

งาน - พลังงาน

ความหมายของงานโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน งานมักจะหมายถึง การยกของ ทำสวนครัว ปรุงอาหาร ซักเสื้อผ้า เขียนหนังสือ หรือทำกิจกรรมใด ๆ เพื่อรับค่าตอบแทน และขณะที่เด็กวิ่งเล่นกันอยู่ในสนามเด็กเล่นหรือเล่นแบดมินตัน หรือตีเทนนิส โดยทั่วไปถือว่าเป็นการออกกำลังกาย หรือเป็นการเล่นกีฬา ไม่ใช่เป็นการทำงาน แต่ความหมายของงานโดยทั่วไป กับความหมายทางฟิสิกส์แตกต่างกัน ซึ่งความหมายของงานในทางฟิสิกส์ คือ งานจะเกิดขึ้นต่อเมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ได้ระยะกระจัด (ระยะกระจัดหมายถึงระยะที่วัตถุในแนวตรง) เพราะฉะนั้นตัวอย่างการเล่นกีฬาของเด็ก ๆ อาจเรียกได้ว่าเป็นการทำงานในทางฟิสิกส์

4.1 งาน



รูปที่ 4.1 แรงคงตัวผลักวัตถุให้เคลื่อนที่เป็นระยะทาง s ในทิศของแรง

ถ้ามีแรงคงที่ F กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง S งานที่กระทำต่อวัตถุนี้ จะมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรง F และขนาดของระยะกระจัด S

$$\text{งาน (W)} = \text{แรง } F \times \text{ระยะกระจัด } S$$

$$W = FS \quad (4.1)$$

เมื่อ W แทน งาน หน่วย จูล (J)

F แทน แรง หน่วย นิวตัน (N)

S แทน ระยะกระจัด หน่วย เมตร (m)

งาน เป็นปริมาณสเกลาร์ กล่าวคือบอกแต่เพียงขนาดอย่างเดียว ถึงงานจะเป็นปริมาณสเกลาร์ แต่ก็มีเครื่องหมายเป็นบวกและลบได้ ดังนั้น ถ้าแรงอยู่ที่ทิศเดียวกับระยะการเคลื่อนที่ งานเป็นบวก แต่ถ้าทิศตรงกันข้าม งานเป็นลบ หรือถ้าแรงกับระยะเคลื่อนที่ทำมุมฉากกัน งานจะเป็นศูนย์

ตัวอย่างที่ 4.1 ถ้าออกแรงขนาด 1 นิวตัน กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับแรงนั้น ด้วยระยะกระจัด 1 เมตร จงหาว่าเกิดงานกี่จูล



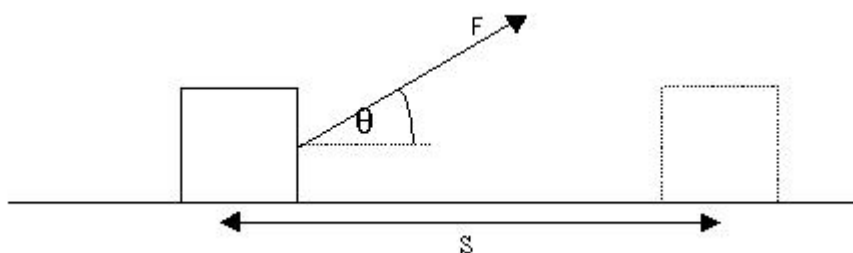
วิธีทำ จากสูตร $W = FS$

จะได้ งาน $W = 1 \times 1$

$= 1$ จูล (J)

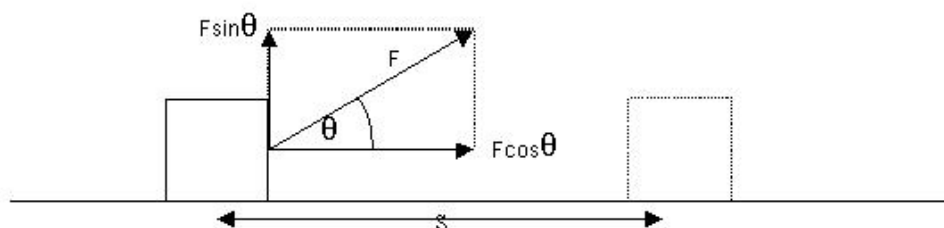
ตอบ เกิดงาน เท่ากับ 1 จูล

ในกรณีที่แรง F กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุม θ กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยระยะกระจัด S



รูปที่ 4.2 แรง F กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุม θ กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าแรง F ไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ กล่าวคือ แรง F อยู่ในแนวเอียง แต่การเคลื่อนที่อยู่ในแนวราบ ซึ่งจะคำนวณหางานจากสูตร $W = FS$ ไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาโดยการแตกแรง คือแตกแรงเป็นแรงองค์ประกอบในแนวราบ และแนวตั้ง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 องค์ประกอบของแรงในแนวราบและแนวตั้ง

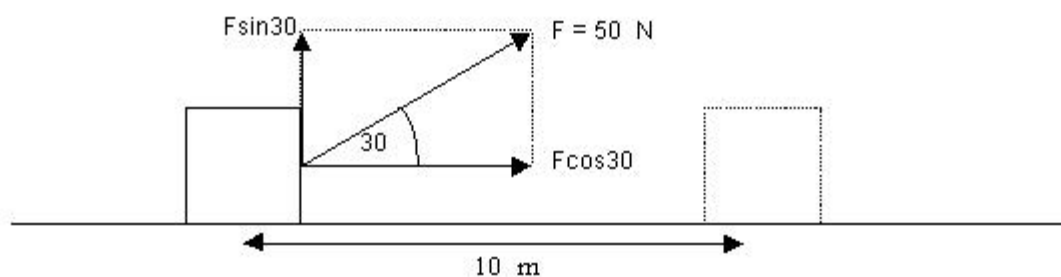
จากรูปที่ 4.3 จะสังเกตว่าแรงที่อยู่ในแนวกับการเคลื่อนที่ คือ แรง $F \cos \theta$ กล่าวคือ แรง $F \cos \theta$ อยู่ในแนวราบ และวัตถุก็เคลื่อนที่ในแนวราบด้วยเช่นกัน จึงถือว่าอยู่ในแนวเดียวกันแล้ว เพราะฉะนั้นสามารถคำนวณหางานได้จากสูตร

$$\text{งาน } W = \text{แรง } F \cos \theta \times \text{ระยะ } S$$

$$W = F \cos \theta \times S$$

หรือ
$$W = FS \cos \theta \quad \text{เมื่อ } \theta \text{ คือมุมที่แรงทำกับแนวราบ} \quad (4.2)$$

ตัวอย่างที่ 4.2 เด็กคนหนึ่งออกแรง 50 นิวตัน ลากกล่องใบหนึ่ง ในแนวทำมุม 30 องศาับแนวระดับดังรูป ถ้าเขาลากกล่องไปได้ไกล 10 เมตร จงหา งานที่เด็กคนนี้ทำในการลากกล่อง



วิธีทำ

จากสูตร
$$W = F S \cos \theta$$

จะได้ว่า
$$W = 50 \times 10 \times \cos 30$$

$$= 50 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 250\sqrt{3}$$

ตอบ งานที่เด็กคนนี้ทำในการลากกล่อง เท่ากับ $250\sqrt{3}$ จูล

4.2 กำลัง

กำลัง คือ อัตราการทำงาน หรืองานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ใช้สัญลักษณ์ P มีหน่วยเป็น จูล/วินาที หรือ วัตต์ (แทนด้วยสัญลักษณ์ W)

ถ้าให้ W เป็นงานที่ทำได้ในช่วงเวลา t กำลังเฉลี่ยจะมีค่าเป็น

$$P = \frac{W}{t} \quad (4.3)$$

$$= \frac{F \cdot s}{t}$$

$$P = F \cdot v \quad (4.4)$$

ยังมีหน่วยของกำลังที่นิยมใช้คือหน่วย กำลังม้า โดยที่

$$1 \text{ กำลังม้า} = 746 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$$

ตัวอย่างที่ 4.3 เครื่องบินไอพ่นให้แรงขับดันออกมา $15,000 \text{ N}$ ขณะบินด้วยความเร็ว $300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ กำลังของเครื่องยนต์เป็นเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} P &= \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} \\ &= Fv \cos 0^\circ \\ &= (1.50 \times 10^4 \text{ N})(300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}) \\ &= 4.50 \times 10^6 \text{ w} \\ &= (4.500 \times 10^6 \text{ w}) \left(\frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ w}} \right) \\ &= 6,030 \text{ hp} \end{aligned}$$

คำตอบ กำลังของเครื่องยนต์มีค่า $6,030$ กำลังม้า

4.3 พลังงาน

พลังงาน (Energy) คือ ความสามารถในการทำงาน เมื่อเราเห็นคนคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เราจะกล่าวว่าคนนั้นมีพลังงานมาก หรือน้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งให้พลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้ จึงทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ วัตถุใดๆ ก็ตามมีพลังงานอยู่ในตัว 2 รูปด้วยกันคือ

1. พลังงานอันเกิดจากการเคลื่อนที่ เรียกว่า พลังงานจลน์ (Kinetic energy)
2. พลังงานที่มีสะสมอยู่ในตัว เนื่องมาจากภาวะของวัตถุ เรียกว่า พลังงานศักย์ (Potential energy)

ตัวอย่างของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์นั้นเราพอจะเห็นได้ง่ายๆ จากสิ่งที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัวเราอยู่ทุกวัน เช่น รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็วปกติบนถนนในที่ราบ ถ้าต้องการให้หยุดเราต้องใช้ห้ามล้อ ซึ่งหมายถึงออกแรงต้านการเคลื่อนที่ รถยนต์ยังไม่สามารถหยุดได้ทันทีแต่จะเลื่อนต่อไปเป็นระยะทางหนึ่ง เราต้องทำงานด้วยแรงต้านทานเพื่อให้รถหยุด เพราะรถมีพลังงานเนื่องจากกำลังเคลื่อนที่อยู่ นั่นคือรถมีพลังงานจลน์

4.3.1 พลังงานจลน์

พลังงานจลน์ คือ พลังงานที่สะสมในวัตถุอันเนื่องมาจากความเร็วในตัววัตถุ เป็นปริมาณสเกลาร์ สมมติให้มีแรงลัพธ์ที่คงตัวกระทำต่อวัตถุมวล m ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ถ้ามวล m เคลื่อนที่เป็นระยะทาง s งานทั้งหมดที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่คือ แรงคูณกับระยะทางที่มวล m เคลื่อนที่ได้ ถ้าให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้นเท่ากับศูนย์

$$v^2 = 2as$$

$$\text{ดังนั้นงานที่ทำคือ} \quad Fs = mas = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.5)$$

ซึ่งปริมาณ $\frac{1}{2}mv^2$ คือ พลังงานจลน์ของวัตถุ นั่นเอง แทนด้วยสัญลักษณ์ E_k

ในกรณีนี้ที่ความเร็วต้นของวัตถุไม่เท่ากับศูนย์ คิดงานที่กระทำต่อวัตถุ จะได้

$$mas = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \quad (4.6)$$

ความหมายของสมการที่ 4.6 คือ งานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ เท่ากับ พลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป เรียกหลักการนี้หลักการของงาน พลังงาน

ตัวอย่างที่ 4.4 ก้อนหินมวล 0.5 กิโลกรัม ถูกขว้างออกไปด้วยอัตราเร็ว 4 เมตรต่อวินาที จะมีพลังงานจลน์เท่าใด

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{จากสมการ} \quad E_k &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 4^2 = 4 \text{ J} \end{aligned}$$

คำตอบ พลังงานจลน์มีค่าเท่ากับ 4 จูล

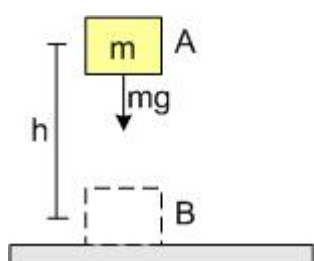
4.3.2 พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่สะสมในวัตถุอันเนื่องมาจากตำแหน่งของวัตถุ พลังงานศักย์ถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วง
2. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์โน้มถ่วง

พลังงานศักย์โน้มถ่วงคือพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุอันเนื่องจากระดับความสูงที่วัตถุอยู่ มีขนาดเท่ากับงานเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกในการดึงกลับให้วัตถุกลับลงสู่พื้นดิน แทนด้วยสัญลักษณ์ E_p



กำหนดให้มวล m อยู่สูงจากพื้นเท่ากับ h ดังรูปที่ 4.4 งานจาก A ไป B เนื่องจากแรง mg มีขนาดดังนี้

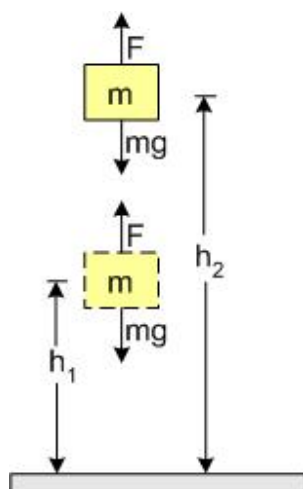
$$W_{A \rightarrow B} = mgh$$

$$\therefore E_p = mgh \quad (4.7)$$

รูปที่ 4.4 มวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะ h

พิจารณารูปที่ 4.5 ลอยยกวัตถุมวล m จากระดับเริ่มต้นที่ h_1 ขึ้นไปสูงเป็นระยะ h_2

$$\text{พลังงานศักย์โน้มถ่วง } (E_p) = mgh_2 - mgh_1 \quad (4.8)$$



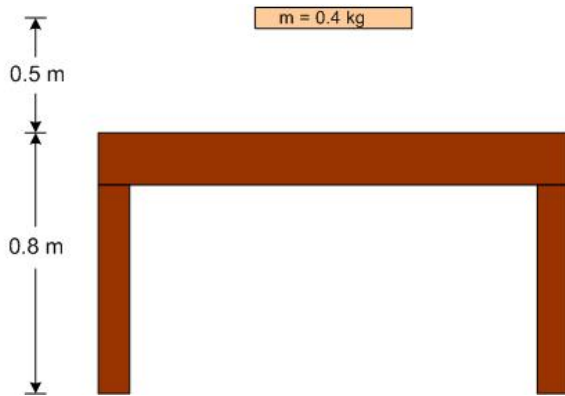
รูปที่ 4.5 ยกวัตถุมวล m จากระดับเริ่มต้นที่ h_1 ขึ้นไปสูงเป็นระยะ h_2

ตัวอย่างที่ 4.5 ถือหนังสือมวล 0.4 กิโลกรัมไว้สูงจากพื้นโต๊ะ 50 เซนติเมตร พื้นโต๊ะอยู่สูงจากห้อง 80 เซนติเมตร จงหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของหนังสือ เมื่อ

ก) ให้พื้นโต๊ะเป็นระดับอ้างอิง

ข) ให้พื้นห้องเป็นระดับอ้างอิง

วิธีทำ หาพลังงานศักย์จาก $E_p = mgh$



ก) เมื่อพื้นโต๊ะเป็นระดับอ้างอิง $h = 0.5 \text{ m}$

$$\therefore E_p = 0.4 \times 10 \times 0.5 = 2 \text{ J}$$

ข) เมื่อพื้นห้องเป็นระดับอ้างอิง $h = 1.3 \text{ m}$

$$\therefore E_p = 0.4 \times 10 \times 1.3 = 5.2 \text{ J}$$

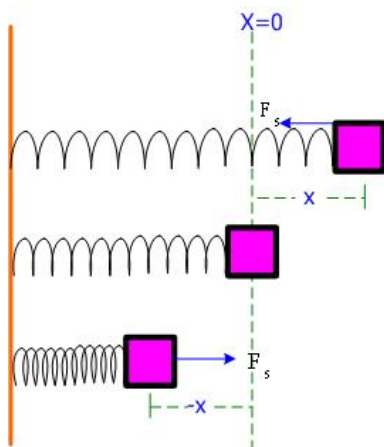
พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวสปริงขณะที่มีการยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล พลังงานศักย์ยืดหยุ่นหาได้จากงานที่กระทำโดยแรงภายนอกที่ใช้ดึงหรือกดสปริง

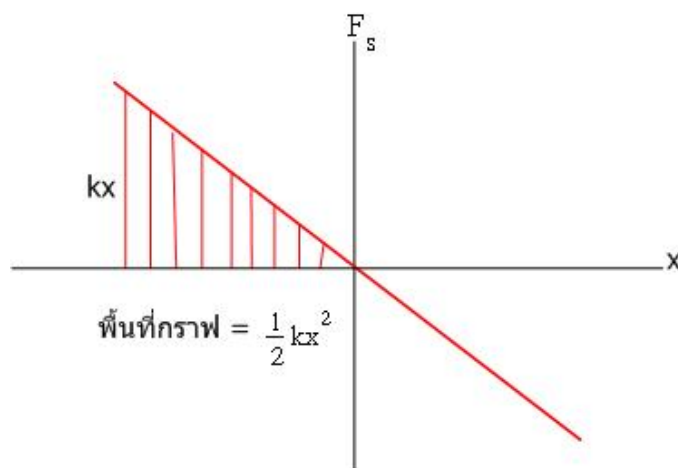
ออกแรงยืดสปริงออกได้ระยะ x แล้วปล่อยมือสปริงจะมีแรงดึงกลับและเคลื่อนที่ผ่านจุดสมดุลไปได้ระยะ $-X$ ดังรูปที่ 4.7 จากรูปจะเห็นว่าแรง F และการกระจัด X จะมีทิศทางตรงข้ามกัน โดยที่

$$\text{หรือ} \quad \begin{matrix} F & \propto & x \\ F & = & kx \end{matrix} \quad (4.9)$$

เมื่อ k เป็นค่าคงตัว เรียกว่าค่านิจสปริง



รูปที่ 4.6 ออกแรงดึงสปริงเป็นระยะกระจัด x



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการยืดของสปริง

พิจารณากราฟในรูปที่ 4.8 พบว่า

$$\text{พื้นที่ใต้กราฟ} = \frac{1}{2} kx^2 \text{ ซึ่งคืองานในสปริง หรือ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นนั่นเอง}$$

ตัวอย่างที่ 4.6 ดาซังสปริงอ่านค่าได้ระหว่าง 0 - 50 นิวตัน ยืดได้ 0.20 เมตร ขณะอ่านได้ 50 นิวตัน ถ้านำมวลขนาด 3 กิโลกรัม แขนงที่ปลายดาซัง ขณะนั้นสปริงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่าใด

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 1 หาค่านิจสปริงจากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้
สปริงยืดได้ 0.20 เมตร ขณะอ่านได้ 50 นิวตัน

$$F = kx$$

$$50 = k(0.2)$$

$$k = 250 \text{ N/m}$$

ขั้นตอนที่ 2 หาระยะยืดของสปริงเมื่อแขวนมวลขนาด 3 กิโลกรัม ที่ปลายดาซัง

$$F = kx$$

$$W = kx$$

$$30 = (250)x$$

$$x = 0.12 \text{ m}$$

ขั้นตอนที่ 3 หาพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{1}{2} kx^2 \\ &= \frac{1}{2} (250)(0.12)^2 \\ &= 1.8 \text{ J} \end{aligned}$$

คำตอบ สปริงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น 1.8 จูล

4.4 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ ได้ พลังงานที่มาจากเปลี่ยนรูปนี้จะมีค่าเท่ากับพลังงานเดิม ซึ่งเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์พลังงาน

ยกตัวอย่างเช่น ขณะที่โยนลูกบอลขึ้นจากพื้น พลังงานเคมีในร่างกายบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของลูกบอลจึงทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ได้เมื่อลูกบอลเคลื่อนที่สูงขึ้น ความเร็วจะลดลง นั่นคือพลังงานจลน์ของลูกบอลจะลดลงโดยเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง ณ ตำแหน่งสูงสุด ของการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์ของลูกบอลเป็นศูนย์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าสูงสุด ขณะที่ลูกบอลเคลื่อนที่ลง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ และเมื่อลูกบอลกระทบพื้นพลังงานจลน์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและเสียง หรือเราอาจกล่าวได้ว่าพลังงานที่สะสมให้ตัวของวัตถุจะคงที่เสมอ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุนี้ คือ ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\begin{aligned} \sum E_1 &= \sum E_2 \\ \frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_1 + \frac{1}{2} kx_1^2 &= \frac{1}{2} mv_2^2 + mgh_2 + \frac{1}{2} kx_2^2 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 4.7 น้ำตกตกจากหน้าผาสูง 100 เมตร ตกลงมาด้วยความเร็วต้น 5 เมตร/วินาที จงหาความเร็วของน้ำตอนกระทบพื้นล่าง

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_1 &= \frac{1}{2} mv_2^2 + mgh_2 \\ v_1^2 + 2gh_1 &= v_2^2 \\ (5)^2 + (2 \times 9.8 \times 100) &= v_2^2 \\ \therefore v_2 &= 44.6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

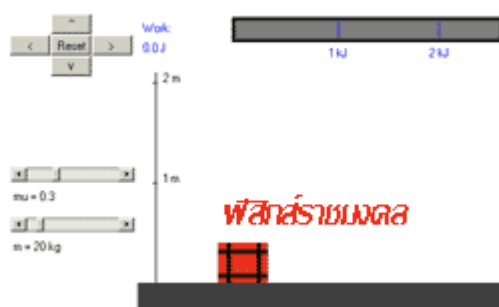
คำตอบ ความเร็วของน้ำตอนกระทบพื้นล่างเท่ากับ 44.6 เมตรต่อวินาที

แบบฝึกหัดบทที่ 4

- แรง 5 นิวตัน กระทำต่อวัตถุ มวล 2 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ จงหา
 - งานที่เกิดขึ้นในเวลา 2 วินาที
 - งานที่เกิดขึ้นระหว่างวินาทีที่ 9 และวินาทีที่ 10
- นักวิ่งคนหนึ่งมวล 60 กิโลกรัม วิ่งขึ้นบันไดอาคาร 25 ชั้น ด้วยอัตราคงตัว โดยใช้เวลา 10 นาที แต่ละชั้นอยู่สูง 3.2 เมตร จงคำนวณหากำลังเฉลี่ยของนักวิ่ง
- เด็กคนหนึ่งมวล 25 กิโลกรัม เลื่อนลงจากไม้เลื่อน ซึ่งสูง 4.8 เมตร ถ้าเด็กคนนี้มาถึงพื้นด้วยความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที จงหาจำนวนพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานความร้อน
- วัตถุมวล 2.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวราบไปทางทิศเหนือ ด้วยความเร็วเริ่มต้น 4 เมตรต่อวินาที จากนั้นมีแรง 0.1 นิวตัน กระทำต่อวัตถุในทิศตะวันออกเป็นเวลา 20 วินาที
 - จงหาความเร็วของวัตถุหลังจากแรงหยุดกระทำ
 - พลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นของวัตถุ
 - ระยะทางที่เคลื่อนที่โดยวัตถุไปทางตะวันออก
- ปล่อยวัตถุมวล 3 กิโลกรัม จากที่สูง 2 เมตร ลงมากระทบกับสปริงซึ่งมีค่าคงตัวสปริงเท่ากับ 100 นิวตันต่อเมตร โดยไม่ दें สปริงจะถูกกดลงเป็นระยะทางมากที่สุดเท่าใด
- ใช้เชือกเส้นหนึ่งหย่อนมวล m ลงมาในแนวตั้งเป็นระยะทาง d ด้วยความเร่งคงที่เท่ากับ $\frac{1}{2}g$ จงหางานที่ทำได้เนื่องจากเส้นเชือก
- มวลของหนัก 2000 นิวตัน ขึ้นเนินซึ่งเอียง 30 องศา ไปเป็นระยะทาง 10 เมตร ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอในเวลา 100 วินาที ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างของหนักกับเนินเป็น $\frac{\sqrt{3}}{2}$ จงคำนวณหา
 - แรงที่วัวใช้
 - งานที่เกิดขึ้นกับวัตถุในการเคลื่อนที่นี้
- ลูกโบว์ลิ่งมวล 4 กิโลกรัม ถูกโยนให้เคลื่อนที่บนพื้นราบเป็นระยะทาง 4 เมตร ถ้าพื้นราบมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ 0.1 จงหางานเนื่องจากแรงเสียดทาน
- ลูกบอลมวล 100 กรัม ตกลงมาจากที่สูง 3 เมตร จงหาพลังงานจลน์และอัตราเร็วของลูกบอลเมื่อกระทบพื้น
- ลูกปืนมวล 2 กรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 300 เมตรต่อวินาที จงหาพลังงานจลน์ของลูกปืน

11. ให้นักศึกษาเข้าไปทำการทดลองเสมือนจริงที่

<http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/lectureonline/ritphysics/kap5/work/workthai1.htm>



ในการทดลองนี้จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรง งาน และระยะการจัดการเคลื่อนที่ของกล่อง โดยคุณสามารถใช้เมาส์คลิกและลากกล่องไปที่ใดก็ได้ในห้องทดลองเสมือน หรือจะใช้ลูกศรของคีย์บอร์ดก็ได้ เช่นเดียวกัน งานที่ได้จากแรงโน้มถ่วงหรือจากแรงเสียดทาน จะปรากฏเป็นตัวเลขอยู่ด้านบนของห้องทดลองเสมือน นักศึกษาสามารถเปลี่ยนมวล m และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน โดยใช้ตัวเลื่อน เมื่อคุณต้องการให้กล่องกลับเข้าสู่จุดเริ่มต้น ให้กดปุ่ม Reset

ตำแหน่งเริ่มต้นของกล่องจะแสดงด้วยเงาสีเทาดำ ให้นักศึกษาทดลองเลื่อนกล่องไปบนพื้น และสังเกตดูว่าการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ต่อไปกดปุ่ม Reset และยกกล่องขึ้นจากพื้น โดยไม่ให้กล่องติดพื้น เมื่อยกกลับมาที่เดิม หรือจุดเริ่มต้น สังเกตว่างานมีค่าเท่าไร ?

กำหนดให้ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน = 0.2 $m = 30 \text{ kg}$

การเลื่อนตำแหน่ง	งานรวมที่ทำได้ (จูล)
1. เลื่อนกล่องไปทางขวาบนพื้น 1 เมตร	
2. จาก 1 ยกกล่องขึ้นบน 1 เมตร	
3. จาก 2 เลื่อนกล่องไปทางซ้าย 1 เมตร	

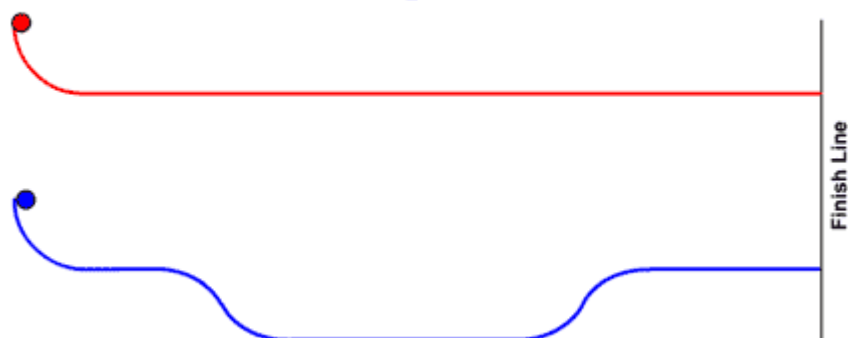
คำถาม

- ทำไมงานในตำแหน่งที่ 3 จึงไม่มีการเพิ่มขึ้น

12. ให้นักศึกษาทำการทดลองเสมือนจริงที่

<http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual2/2-ball/index.html>

Racing Balls



กำหนดให้ความเร่งโน้มถ่วงของโลกคงที่

ให้นักศึกษาเลือกสีของลูกโบว์ลิ่ง เช่น ถ้าเลือกลูกสีแดง ให้กดปุ่ม Red ball เลือกสีน้ำเงิน กดปุ่ม Blue ball และถ้าเลือกถึงเส้นชัยพร้อมกันทั้งคู่ กดปุ่ม Both at the same time เมื่อเลือกสีลูกบอลแล้วกดปุ่ม start ปล่อยลูกโบว์ลิ่งพร้อมกัน สังเกตดูว่าลูกโบว์ลิ่งสีใดจะถึงเส้นชัยก่อน ทำไมคำตอบจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบาย

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต
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	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 	
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
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 	
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
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

