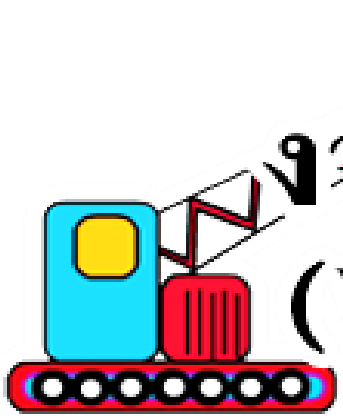
PHYSICS



งานและพลังงาน
(Work and Energy)

เอกสารประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์

- งานเนื่องจากแรงคงตัว
- งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว
- กำลัง
- พลังงานกล
- การอนุรักษ์พลังงานกล
- เครื่องกล

เรียบเรียงโดย ครูสายทิพย์ จารุวสุพันธุ์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนตากพิทยาคม

ชื่อ ..... ชั้น..... เลขที่.....

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน

5.1 งานเนื่องจากแรงคงตัว

งาน (Work) คือ ผลของแรงที่กระทำบนวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง ซึ่งเป็นปริมาณ สเกลาร์มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N.m) หน่วยนี้มีชื่อใหม่ว่า จูล (Joule, J) นั่นคือ 1 J = 1 N.m

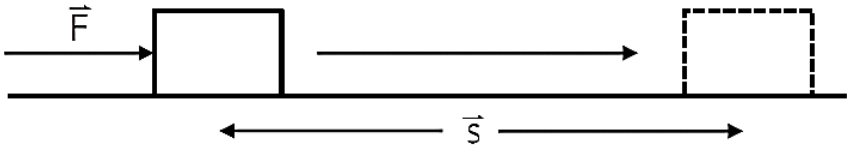
ในกรณีแรง F ที่มากระทำเป็นแรงคงตัวและการกระจัด **s** ของวัตถุอยู่ในแนวเดียวกับแรง ปริมาณงานที่แรง F กระทำจะมีค่าเท่ากับ “ผลคูณระหว่างขนาดของแรงและขนาดของการกระจัด”

$$\boldsymbol{W = Fs}$$

เมื่อ W = งานที่ทำได้ มีหน่วยเป็น จูล (J)

F = แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

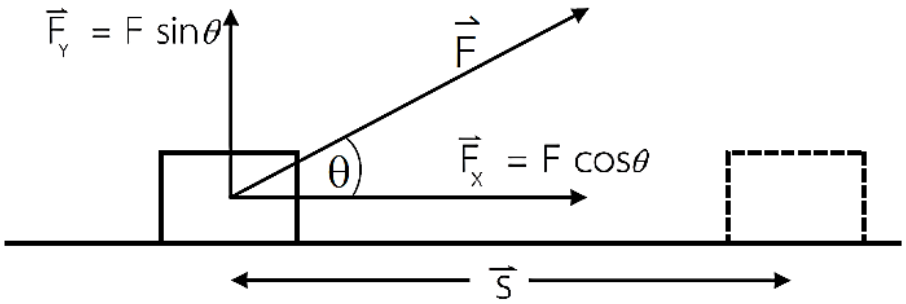
s = ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ มีหน่วยเป็น เมตร (m)



กรณีที่แรง F กระทำต่อวัตถุในแนวทามุม θ กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ $F_x = F\cos\theta$

$$\boldsymbol{W = Fs\cos\theta}$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่างทิศของแรงที่กระทำกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ



งานที่เกิดจากแรงกระทำไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนของวัตถุ จะหาได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงองค์ประกอบในแนวการเคลื่อนที่กับขนาดการกระจัดของวัตถุที่เกิดขึ้นในช่วงที่แรงนี้กระทำ ดังนั้น

เมื่อ

แรงอยู่ใน**ทิศเดียว**กับการเคลื่อนที่ งาน W เป็น**บวก** +

แรงอยู่ใน**ทิศสวนทาง**กับการเคลื่อนที่ งาน W เป็น**ลบ** –

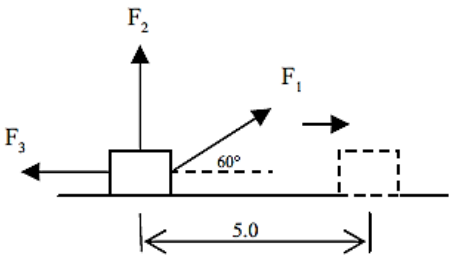
แรงอยู่ใน**ทิศตั้งฉาก**กับการเคลื่อนที่ งาน W เป็น**ศูนย์** 0

ตัวอย่างที่ 1 นักเรียนคนหนึ่งถือของมวล 10 กิโลกรัม นั่งอยู่บนรถตู้ซึ่งแล่นไปบนถนนราบได้ระยะทาง 50 เมตร เด็กคนนี้จะทำงานเท่าใด

ตัวอย่างที่ 2 วัวตัวหนึ่งออกแรง 124 นิวตัน ลากเลื่อนไปบนพื้นราบ โดยแนวแรงทำมุม 30 องศา กับพื้น จงหางานเนื่องจากแรงนี้ เมื่อเลื่อนเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบเป็นระยะทาง 0.50 กิโลเมตร

ตัวอย่างที่ 3 ออกแรง 3 แรง กระทำกับวัตถุ ดังรูป ถ้า F_1 = 20 N, F_2 = 5 N และ F_3 = 6 N ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ระยะทาง 5 m ในแนวระดับ จงหา

ก. งานของแรง F_1, F_2 และ F_3 ข. งานรวมของแรงที่กระทำกับวัตถุ



แบบฝึกหัด เรื่อง งานเนื่องจากแรงคงตัว

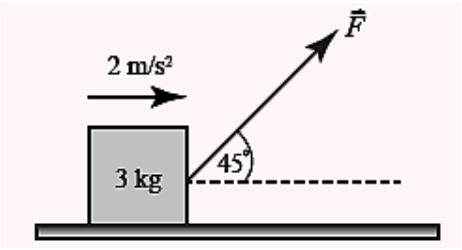
1. งาน W ของแรงคงตัว $\vec{F}$ ที่กระทำ ต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ด้วยการกระจัด $\vec{s}$ หาได้อย่างไร

2. ออกแรงยกถุงให้เคลื่อนที่ขึ้นเป็นระยะทางต่างกัน งานที่ทำในแต่ละกรณีเท่ากัน หรือไม่

3. ชายคนหนึ่งใช้เชือกลากกล่องไม้มวล 60.0 กิโลกรัม ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ เป็นระยะทาง 1.0 กิโลเมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้เท่ากับ 0.02 จงหา

ก. งานที่ชายคนนี้ทำ ข. งานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้

4. ออกแรง $\vec{F}$ ในแนวทำมุม 45 องศากับแนวระดับ ลากวัตถุมวล 3 กิโลกรัม จากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่บนพื้นระดับด้วยความเร่ง 2 เมตรต่อวินาที^{2} ดังรูป งานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในช่วง 10 วินาทีแรก มีค่าเท่าใด



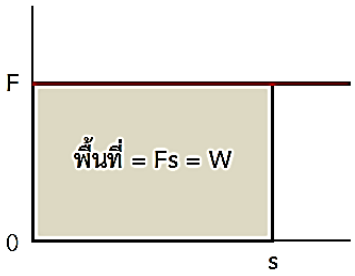
5. จงหางานที่ใช้ในการลากกระสอบข้าวสารมวล 100 กิโลกรัม ไปบนพื้นราบเป็นระยะทาง 15.0 เมตร ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับกระสอบข้าวสารเท่ากับ 0.05

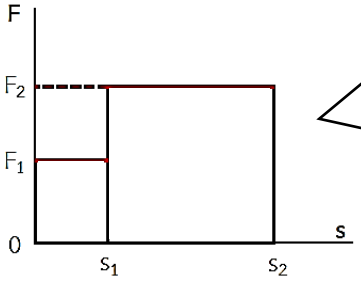
6. คนงานก่อสร้างหย่อนถังปูนบรรจุเครื่องมือที่ผูกติดกับเชือกมวลเบา ลงมาจากชั้นดาดฟ้าของตึก ถ้ามวลถังปูนและเครื่องมือรวม 4 กิโลกรัม จงหางานของแรงในเส้นเชือกเมื่อหย่อนถังปูนลงมาได้ 10 เมตร ด้วยความเร่งคงที่ 0.5 เมตร/วินาที^{2}

5.2 งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว

การหางานจากกราฟ

งาน มีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่เข้ามากระทำกับวัตถุ และการกระจัดที่เกิดขึ้น สามารถหาค่าของงานได้ทั้งในกรณีที่แรงเป็นค่าคงที่ และเมื่อแรงไม่คงที่





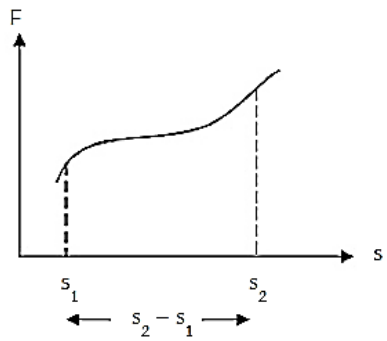
.....

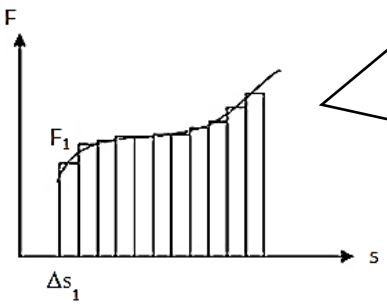
.....

.....

.....

แรงที่กระทำกับวัตถุอาจไม่คงที่ เช่น ออกแรงดึงสปริงให้ยืดช้าๆ แรงจะเพิ่มขึ้นตามระยะยืดของสปริง





.....

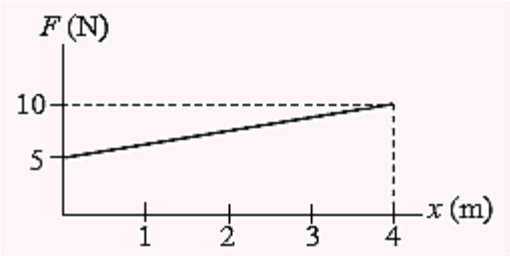
.....

.....

.....

ดังนั้นงานทั้งหมดจาก s_1 ไป s_2 $W = F_1\Delta s_1 + F_2\Delta s_2 + \ldots = \sum F_i\Delta s_i$

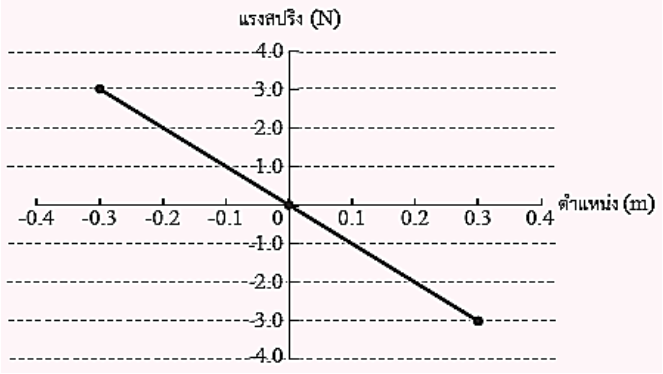
ตัวอย่างที่ 4 กราฟระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบลื่นของวัตถุเป็น ดังรูป จงหางานที่กระทำโดยแรงที่เคลื่อนที่มวลไปตามทางเป็นระยะเท่ากับ 4.0 เมตร



ตัวอย่างที่ 5 แรงที่สปริงกระทำกับมวลก้อนหนึ่งแสดงดังกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงสปริงกับตำแหน่งของมวลจากตำแหน่งสมดุล ดังรูป จงหา

ก. งานของแรงสปริงจากตำแหน่ง 0 ถึง 0.3 เมตร

ข. งานของแรงสปริงจากตำแหน่ง -0.3 ถึง 0.3 เมตร



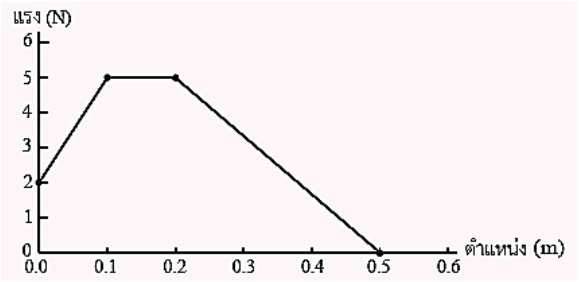
➢ แบบฝึกหัด เรื่อง งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว

1. การหางานของแรงคงตัวและแรงไม่คงตัวที่กระทำต่อวัตถุ มีวิธีการหาเหมือนหรือ ต่างกันอย่างไร

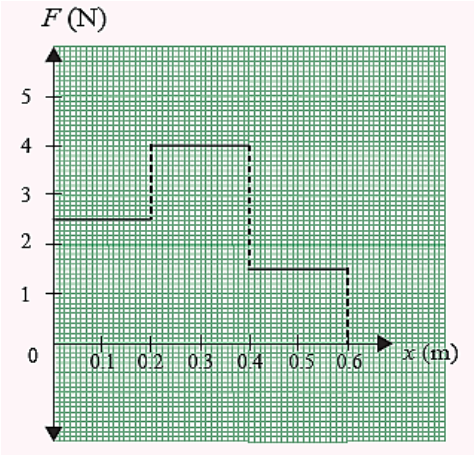
2. ในการหางานจากกราฟระหว่างขนาดของแรงกับขนาดของการกระจัด ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไม่สม่ำเสมอ จะหาพื้นที่ได้อย่างไร

3. สำหรับเส้นกราฟระหว่างขนาดของแรงไม่คงตัว *F* กับขนาดของการกระจัด Δs แรง *F* ที่มีค่าลบ (-) มีความหมายอย่างไร

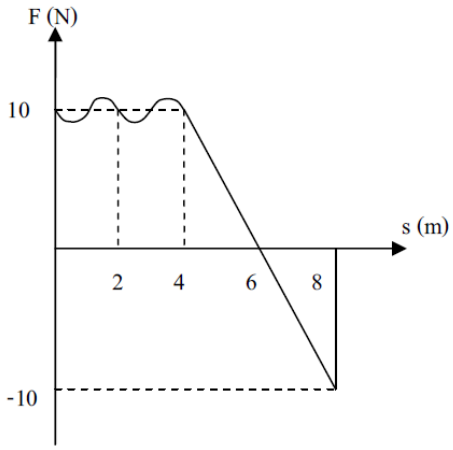
4. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่กระทำต่อมวลก้อนหนึ่งกับการกระจัดแสดงดังรูปโดยแรงและการกระจัดที่ทิศทางเดียวกัน งานทั้งหมดของแรงนี้เป็นเท่าใด



5. แรงไม่คงตัวกระทำต่อมวลก้อนหนึ่ง ถ้ากราฟระหว่างแรงกับขนาดการกระจัดในแนวการเคลื่อนที่เป็นดังรูป งานของแรงนี้มีค่าประมาณเท่าใด



6. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรง F กับระยะทาง s ที่กระทำกับวัตถุหนึ่งเป็นดังรูป จงหางานทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ



5.3 กำลัง (Power)

กำลัง เป็นปริมาณที่ใช้วัดขีดความสามารถหรือประสิทธิภาพของการทำงานของระบบ ระบบใดที่สามารถทำงานอันหนึ่ง ได้เร็วกว่าอีกระบบหนึ่ง ถือว่าระบบนั้นมีกำลังสูงกว่า ดังนั้น กำลัง ก็คือ อัตราการทำงานหรือปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นค่ากำลังเฉลี่ย

หาได้จากสมการ $$\text{กำลังเฉลี่ย} = \frac{\text{งานที่ทำได้}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้}}$$

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

เมื่อ P คือ กำลังเฉลี่ย มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที (J/s) หรือ วัตต์ (watt : W)

W คือ งานที่ทำได้ มีหน่วยเป็น จูล (J)

t คือ ช่วงเวลาที่ใช้ มีหน่วยเป็น วินาที (s)

ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เนื่องจาก แรง F กำลังที่ใช้คือ

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t}$$ และ เนื่องจาก $$v = \frac{s}{t}$$

ถ้าพิจารณากำลังที่ทำได้ในช่วงเวลาสั้นๆ จะเรียกเป็น **กำลังขณะหนึ่ง**

$$P = Fv$$

เมื่อ P คือ กำลังขณะที่แรง F กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุให้มีความเร็ว v มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

v คือ ความเร็วของวัตถุ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

หน่วยของกำลังอีกอย่างหนึ่งคือ กำลังม้า (horse power : hp) โดย 1 hp = 745.7 W

หรือ **1 hp ≈ 746 W**

ตัวอย่างที่ 6 นักวิ่งคนหนึ่งมีมวล 60 กิโลกรัม วิ่งแข่งขันขึ้นอาคาร 25 ชั้น ด้วยอัตราคงตัว โดยใช้เวลา 10 นาที แต่ละชั้นสูง 3.2 เมตร จงหากำลังเฉลี่ยของนักวิ่ง

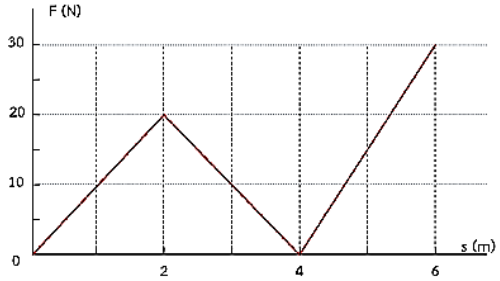
ตัวอย่างที่ 7 เครื่องยนต์ของรถยนต์คันหนึ่งมีกำลัง 60 กิโลวัตต์ ถ้าแรงจากเครื่องยนต์ที่ทำให้รถเคลื่อนที่มีค่า 4000 นิวตัน รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

แบบฝึกหัด เรื่อง กำลัง

1. สมมติเส้นทางขึ้นไปยังน้ำตกในอุทยานแห่งหนึ่งมีสองเส้นทาง เส้นทางแรก คดเคี้ยวแต่ลาดชันน้อย เส้นทางที่สองลาดชันมาก เส้นทางใดขึ้นได้ง่ายกว่า เพราะเหตุใด

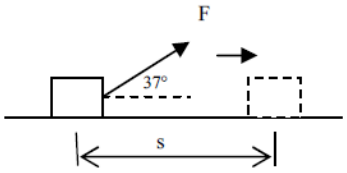
2. เครื่องยนต์ของเรือลำหนึ่งมีกำลัง 3 กิโลวัตต์ สามารถทำให้เรือแล่นได้ด้วยอัตราเร็วคงตัว 5.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาแรงจากเครื่องยนต์ที่ทำให้เรือลำนี้แล่น

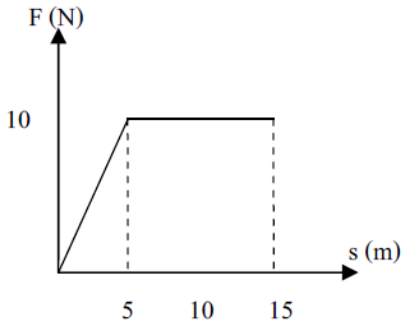
3. งานของแรง F ซึ่งกระทำกับวัตถุหนึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ S ดังรูป วัตถุใช้เวลาเคลื่อนที่ทั้งหมด 20 วินาที ในการทำงานของแรง F นี้ กำลังเฉลี่ยของแรง F เป็นเท่าใด



4. มอเตอร์ไฟฟ้ามีกำลัง 1000 วัตต์ นำไปติดที่ล้อเพื่อหมุนให้เคลื่อนที่นาน 2 นาที ถ้ามอเตอร์สูญเสียพลังงานไปร้อยละ 5 จงหางานที่มอเตอร์หมุนล้อ

5. ออกแรง F ลากวัตถุบนพื้นโดยแรง F ทำมุม 37 องศา กับแนวระดับ ขนาดของแรง F เปลี่ยนแปลงตามการกระจัดดังกราฟ จงหากำลังในการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ทาง 15 เมตร ในเวลา 20 วินาที





5.4 พลังงาน (Energy)

พลังงานกล หรือพลังงานทางกลศาสตร์ พลังงานกลของวัตถุมี 2 รูปแบบที่ต่างกันชัดเจน ได้แก่ พลังงานที่ขึ้นกับความเร็วของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานจลน์** และพลังงานที่ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักย์**

1) พลังงานจลน์ (kinetic energy)

วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะนับว่ามีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งไม่มีพลังงานจลน์ พลังงานจลน์ไม่ขึ้นกับทิศทางของการเคลื่อนที่

สมมติให้มีแรงๆ เดียวที่คงตัวกระทำต่อวัตถุมวล m ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง มวล m ย่อมเคลื่อนที่เป็นไปตามกฎของนิวตัน คือ F = ma ความเร่งอยู่ในแนวเส้นตรงตามทิศของแรง ความเร่งจะมีค่าคงตัวเพราะแรงคงตัว ให้แรงกระทำอยู่เป็นเวลา t จนวัตถุมีความเร็ว v ที่ต้องการ จะหาว่าวัตถุมีพลังงานจลน์เท่าใดจากงานที่แรงคงตัวนั้นกระทำ

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$a = \frac{v^2 + u^2}{2s}$$

จาก $F = ma$

จะได้ $F = m\frac{v^2-u^2}{2s}$

ดังนั้น $F_s = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$

F_s คือ งานที่ทำโดยแรงสุทธิ F

งาน = การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

ถ้าเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง ความเร็วเริ่มต้น u เป็น 0 จะได้ $F_s = \frac{1}{2}mv^2$

จะเห็นว่างาน F_s ที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v หรือกล่าวได้ว่า งานที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุมีพลังงานจลน์ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}mv^2$

ถ้ากำหนดให้สัญลักษณ์ E_k แทนพลังงานจลน์ของวัตถุ จะได้

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

ถ้าพลังงานจลน์ตอนแรก $E_{k_1} = \frac{1}{2}mu^2$

และพลังงานจลน์ตอนหลัง $E_{k_2} = \frac{1}{2}mv^2$

จะเขียนเป็นสมการใหม่ได้ว่า $W = E_{k_2} - E_{k_1}$

หรือ $$W = \Delta E_k$$

ความหมายของสมการ คือ **งานเนื่องจากแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุจะเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป** เรียกว่า **ทฤษฎีบทของงานและพลังงานจลน์** อธิบายได้ว่าวัตถุจะเปลี่ยนแปลงความเร็วและพลังงานจลน์ได้ต่อเมื่อมีองค์ประกอบของแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่เท่านั้น และงานที่เพิ่มขึ้นของวัตถุก็คือ งานขององค์ประกอบของแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่ซึ่งสอดคล้องกับสูตรของงาน (W = FS)

ตัวอย่างที่ 9 รถยนต์มวล 1000 กิโลกรัม วิ่งด้วยอัตราเร็วคงตัวได้ระยะทาง 0.9 กิโลเมตร ในเวลา 1/2 นาที พลังงานจลน์ของรถยนต์คันนี้เป็นเท่าใด

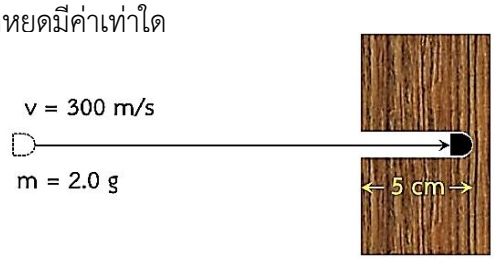
ตัวอย่างที่ 10 อิเล็กตรอนมีมวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม จงหาพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2.0×10^{6} เมตรต่อวินาที จะต้องใช้อิเล็กตรอนที่มีอัตราเร็วขนาดนี้กี่ตัวจึงจะมีพลังงานจลน์เป็น 1 จูล

➢ แบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานจลน์

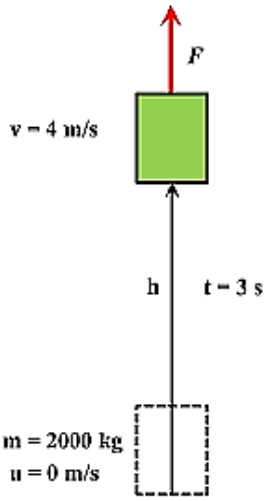
1. ถ้ามีแรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร ในทางกลับกัน ถ้าแรงนั้นมีทิศทางตรงข้าม พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

2. รถยนต์มวล 800 กิโลกรัม ขณะแล่นด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คนขับใช้ห้ามล้อ หลังจากใช้ห้ามล้อ รถเคลื่อนที่ต่อไปอีก 10 เมตร จึงหยุดนิ่ง งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดมีค่าเท่าใด

3. ลูกปืนมวล 2.0 กรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 300 เมตรต่อวินาที ไปกระทบด้านหน้าซึ่งเป็นต้นไม้ใหญ่ ลูกปืนจมลงไปในเนื้อไม้ลึก 5.0 เซนติเมตร จงหาแรงเฉลี่ยของลูกปืนที่กระทำต่อเนื้อไม้ และงานที่ลูกปืนทำในการเคลื่อนที่เข้าไปในเนื้อไม้



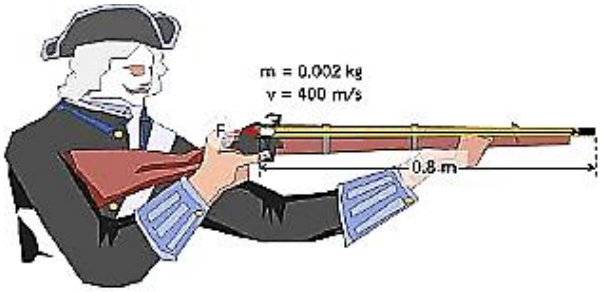
4. ลิฟต์มวล 2000 กิโลกรัม เคลื่อนที่ขึ้นจากสภาพนิ่ง ด้วยความเร่งคงตัว 4 เมตรต่อวินาที พลังงานจลน์ของลิฟต์หลังจากที่เคลื่อนที่จากเริ่มต้นเป็นเวลา 3 วินาที มีค่าเท่าใด



5. ลูกปืนมวล 0.002 กิโลกรัม เคลื่อนที่ออกจากลำกล้องปืนซึ่งยาว 0.8 เมตร ด้วย อัตราเร็ว 400 เมตรต่อวินาที จงหา

ก. พลังงานจลน์ของลูกปืน

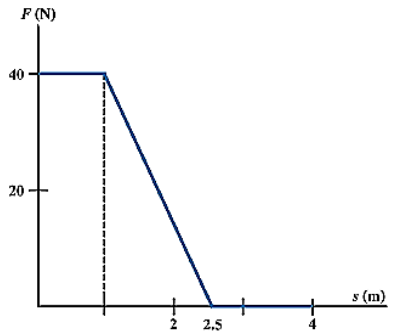
ข. แรงที่ดันให้ลูกปืนหลุดจากลำกล้อง



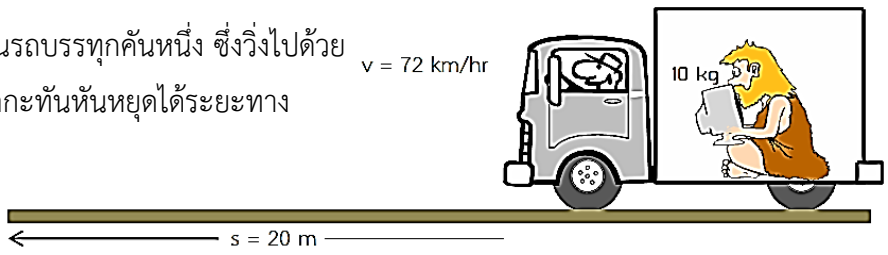
6. กราฟแสดงแรงขนาดต่างๆ ที่กระทำต่อวัตถุมวล 2.0 กิโลกรัม ซึ่งเดิมหยุดนิ่ง จงหา

ก. งานในการเคลื่อนที่วัตถุไปเป็นระยะทาง 2.5 เมตร

ข. ความเร็วของวัตถุหลังจากเคลื่อนที่ได้ 2.5 เมตร



7. ชายคนหนึ่งถือของมวล 10 กิโลกรัม นั่งอยู่บนรถบรรทุกคันหนึ่ง ซึ่งวิ่งไปด้วยอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้ารถคันนี้เบรกกะทันหันหยุดได้ระยะทาง 20 เมตร จงหาว่าชายคนนี้จะทำงานเท่าใด



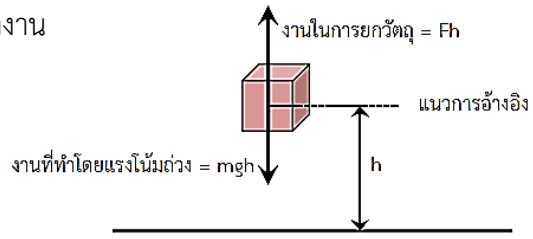
8. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม อัตราเร็ว 2 เมตรต่อวินาที ต่อมามีอัตราเร็วเป็น 3 เมตรต่อวินาที งานที่ทำต่อวัตถุมีค่าเท่าใด

2) พลังงานศักย์ (potential energy)

พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่มีอยู่ในวัตถุอันเนื่องมาจากตำแหน่งของวัตถุ เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักย์โน้มถ่วง (gravitational potential energy)** สำหรับการกดสปริงให้หดสั้นลง หรือดึงสปริงให้ยืดออก เมื่อปล่อยมือ สปริงจะมีการเคลื่อนที่ แสดงให้เห็นว่ามีการทำงานโดยสปริง พลังงานนี้ก็คือ พลังงานศักย์เช่นกัน พลังงานศักย์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการยืดหยุ่น เรียกว่า **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (elastic potential energy)**

พลังงานศักย์โน้มถ่วง (gravitational potential energy)

ในการยกวัตถุมวล m ให้สูงขึ้น h ในแนวดิ่งด้วยความเร็วคงตัว จะต้องออกแรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ mg จึงจะยกขึ้นได้ตามต้องการ เนื่องจากงานในการยกวัตถุให้สูงขึ้น h เท่ากับ Fh จูล และจาก F = mg จึงต้องทำงาน



$$W = Fh = mgh$$

จากสมการจะเห็นว่า งานของแรงภายนอกที่ใช้ในการยกวัตถุให้สูงขึ้นจากพื้นเป็นระยะ h นั้น มีค่าเท่ากับ mgh ซึ่งจะมีค่าเท่ากับงานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงของโลกต่อวัตถุ แต่งานของแรงโน้มถ่วงจะมีค่าเป็นลบ เพราะทิศของแรงตรงกันข้ามกับทิศของการกระจัด ปริมาณ mgh ซึ่งเป็นงานของแรงภายนอกเอาชนะแรงของสนามโน้มถ่วง ถือว่าเป็น **พลังงานศักย์โน้มถ่วง** ของวัตถุนั่นเอง

ถ้าใช้สัญลักษณ์ E_p แทน พลังงานศักย์โน้มถ่วง จะเขียนสมการได้ดังนี้

$$E_p = mgh$$

พลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานศักย์ที่เปรียบเทียบกับพื้นซึ่งใช้เป็นระดับอ้างอิง พลังงานศักย์ของวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อวัตถุอยู่สูงขึ้นจากระดับอ้างอิง อาจมีค่าลบเมื่ออยู่ต่ำกว่าระดับอ้างอิง

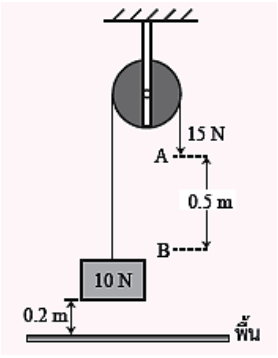
ตัวอย่างที่ 11 จงหางานที่ต้องทำในการเข็นวัตถุมวล 25 กิโลกรัม ขึ้นไปตามพื้นเอียงลื่นสูง 2.0 เมตร

➢ แบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

1. วัตถุมวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนี้บนผิวโลกและบนผิวดวง จันทร์เท่ากันหรือไม่

2. ลังสินค้ามวล 1000 กิโลกรัม ถูกยกขึ้นวางบนที่สูงจากพื้นดิน 2 เมตร พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลังสินค้ามีค่าเท่าใดเมื่อเทียบกับพื้นดิน

3. วัตถุหนัก 10 นิวตัน อยู่สูงจากพื้น 0.2 เมตร ปลายเชือกข้างหนึ่งผูกกับวัตถุ คล้องผ่านรอกลื่น เมื่อใช้แรง 15 นิวตัน ดึงปลายเชือกอีกข้างจากตำแหน่ง A ถึงตำแหน่ง B ซึ่งห่างกัน 0.5 เมตร ดังรูป ขณะปลายเชือกถึงตำแหน่ง B วัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่าใด (ให้พื้นเป็นระดับอ้างอิง)



4. ชายคนหนึ่งยกกล่องที่มีขนาดเท่ากัน 6 ใบ มาซ้อนกัน กล่องแต่ละใบมีมวล 10.0 กิโลกรัมสูง 0.20 เมตร จงหา

ก. พลังงานศักย์ของกล่องใบที่หนึ่ง

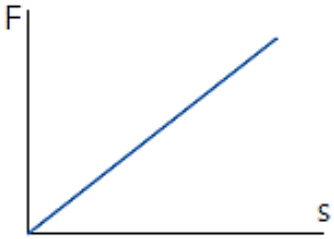
ข. งานที่ชายคนนี้ทำในการนำกล่องใบที่สองซ้อนบนกล่องใบที่หนึ่ง แล้วนำกล่องใบที่สาม ซ้อนบนกล่องใบที่สอง แล้วทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบทุกกล่อง

ค. พลังงานศักย์ของกล่องที่ตั้งซ้อนกันโดยใช้สูตร W = mgh เมื่อใช้ m เป็นมวลของกล่องทั้งหมดและ h เป็นความสูงของศูนย์กลางมวลของกล่องที่ซ้อนกันนี้

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (elastic potential energy)

เกิดจากวัตถุที่ติดอยู่กับสิ่งยืดหยุ่นมีการเปลี่ยนแปลงจากตำแหน่งหนึ่งไปสู่อีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น วัตถุที่ติดสปริง พลังงานที่สะสมอยู่ในสปริงที่ทำให้สปริงยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล

จากการทดลองยึดปลายข้างหนึ่งของสปริงไว้ แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวที่ปลายสปริงอีกข้างหนึ่ง วางสปริงและเครื่องชั่งสปริงอยู่ตรงขีดศูนย์ของไม้บรรทัด เพิ่มแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้สปริงยืดออกครั้งละเท่าๆ กัน บันทึกขนาดของแรงดึงกับระยะที่สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุล แล้วเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงดึง (F) กับระยะทางที่สปริงยืดออก (s) จะได้ดังนี้



จากกราฟ จะได้ $F = ks$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำต่อสปริง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

k คือ ค่าคงตัวของสปริง มีหน่วยเป็น นิวตัน/เมตร (N/m)

ขึ้นอยู่กับความแข็งของสปริง สามารถหาได้จากความชันของกราฟ

s คือ ระยะที่สปริงยืดหรือหดจากตำแหน่งสมดุล มีหน่วยเป็น เมตร (m)

จากกราฟจะสังเกตเห็นว่า แรงที่ดึงสปริงให้ยืดออกนั้นไม่คงตัว แต่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนถึงตำแหน่งสุดท้ายที่ดึง สมมติว่าใช้แรงดึงเท่ากับ F ทำให้สปริงยืดออก s งานที่ต้องทำในการยืดสปริงเช่นนั้น เป็นเท่าใด อาจหางานที่กระทำจากแรงเฉลี่ยคูณกับการกระจัดได้ เนื่องจากแรงที่ดึงเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

ค่าแรงเฉลี่ยจะเท่ากับ $\left(\frac{F+0}{2}\right)$ และงานที่ได้จึงเป็น

$$W = \left(\frac{F+0}{2}\right)s = \frac{1}{2}Fs$$

แทนค่า $F = ks$ จะได้

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

สมการนี้ก็คือ พื้นที่สามเหลี่ยมใต้กราฟเส้นตรงระหว่าง *F* และ *s* นั่นเอง

ถ้าถือว่าสปริงที่ยังไม่ยืดไม่มีพลังงานศักย์ในตัว ค่า $\frac{1}{2}ks^2$ ก็คือค่าพลังงานศักย์ในสปริงขณะที่สปริงยืดออกเป็นระยะ *s* นั่นเอง พลังงานศักย์นี้นับเป็น **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (E_p)** และเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$E_p = \frac{1}{2}ks^2$$

ตัวอย่างที่ 12 ออกแรงดึงสปริงให้ยืด 1 เมตร ค่าคงตัวของสปริงเป็น 1,000 นิวตันต่อเมตร จงหาพลังงานศักย์ ยืดหยุ่นมีค่ากี่จูล

ตัวอย่างที่ 13 ออกแรงดึงสปริงจากเดิมยาว 0.05 เมตร เมื่อสปริงยืดตัวแล้ววัดแรงได้ 40 นิวตัน และงานที่เกิดขึ้น 36 จูล จงหาว่าสปริงถูกยืดออกเป็นความยาวเท่าไร

แบบฝึกหัด เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

1. วัสดุหรือสิ่งประดิษฐ์หลายอย่างมีความยืดหยุ่น จงยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจาวันที่เกี่ยวข้องพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสิ่งเหล่านั้น

2. สปริงตัวหนึ่งมีค่าคงตัวสปริง 100 นิวตันต่อเมตร ถูกกดให้สั้นลง 5 เซนติเมตร พลังงานศักย์ในสปริงมีค่าเท่าใด

3. เครื่องชั่งสปริงแบ่งสเกลไว้ตั้งแต่ 0 - 20 นิวตัน บนสเกลที่ยาว 0.10 เมตร จงหา

ก. พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ขณะที่เครื่องชั่งสปริงอ่านค่าแรงได้ 6.0 นิวตัน

ข. พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ขณะที่เครื่องชั่งสปริงอ่านค่าแรงเต็มสเกล

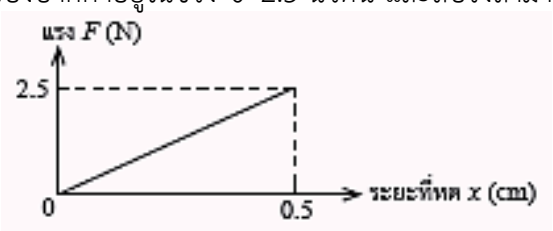
4. สปริงอันหนึ่ง มีค่าคงตัวสปริงเท่ากับ 150 นิวตันต่อเมตร จงหา

ก. แรงที่ใช้ดึงสปริงขณะสปริงยืดออกจากเดิม 0.25 เมตร ข. งานที่ใช้ในการดึงสปริงในข้อ ก.

5. นักเรียนใช้ปากกาลูกลื่นแบบสปริงโดยสปริงของปากกาจะหดตัวในลักษณะที่ระยะหดแปรผันตรงกับแรงกระทำ จากการทดลองพบว่า แรงที่วัดได้จากการกดปุ่มที่ปลายบนสุดของปากกาอยู่ในช่วง 0–2.5 นิวตัน และสปริงสามารถหดตัวได้มากสุด 0.5 เซนติเมตร ดังกราฟ

จงหา ก. งานที่กดปากกาหนึ่งครั้ง

ข. ค่าคงตัวสปริงของสปริงปากกา



6. ตาชั่งสปริงอ่านค่าได้ระหว่าง 0 - 50 นิวตัน ยืดออก 0.2 เมตร ขณะอ่านได้ 50 นิวตัน ถ้านำมวล ขนาด 3 กิโลกรัม แขวนไว้ที่ปลายตาชั่ง ขณะนั้นสปริงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเป็นเท่าใด

5.5 การอนุรักษ์พลังงานกล

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of conservation of energy) กล่าวว่า

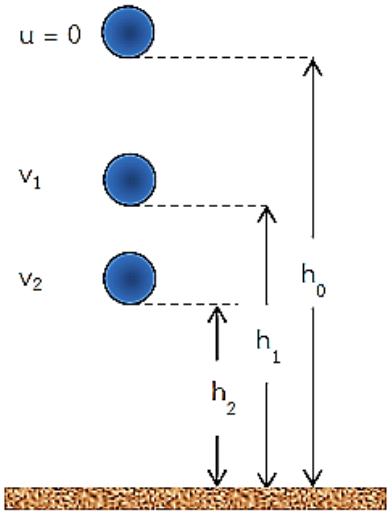
“พลังงานรวมของระบบจะไม่สูญหาย แต่อาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่ง”

กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

พลังงานกลรวม คือ ผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์

ถ้าปล่อยวัตถุจากที่สูงระดับหนึ่งให้ตกแบบอิสระ ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ ของการเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุจะเปลี่ยน ทำให้ขณะที่ตกทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ผลบวกของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุ จะมีค่าคงตัวทุกขณะ

สมมติว่าปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกลงแบบเสรี วัตถุมีความเร็ว u เป็นศูนย์ขณะอยู่สูง h_0 จากพื้นดิน ต่อมาวัตถุนี้มีความเร็ว v_1 เมื่ออยู่สูง h_1 และมีความเร็ว v_2 เมื่ออยู่สูง h_2 จากพื้นดิน กำหนดให้ ทิศทางขึ้นเป็นบวก ดังนั้น a = -g



จาก $v^2 = u^2 + 2gs$

ขณะมีความเร็ว v_1 $v_1^2 = 0 + 2g(h_1 - h_0)$

เมื่อคูณด้วย $\frac{1}{2}m$ ทั้งสองข้างจะได้

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = mg(h_1 - h_0)$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = mgh_0 \quad \ldots(1)$$

ขณะมีความเร็ว v_2 $v_2^2 = 0 + 2g(h_2 - h_0)$

เมื่อคูณด้วย $\frac{1}{2}m$ ทั้งสองข้างจะได้

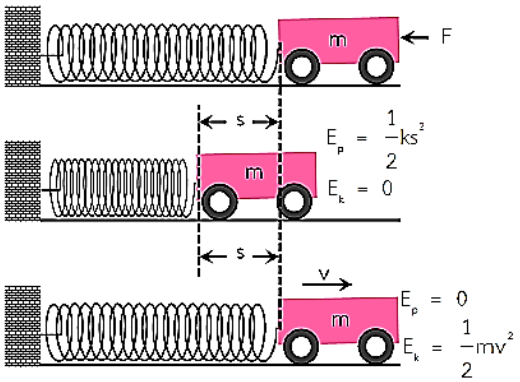
$$\frac{1}{2}mv_2^2 = mg(h_2 - h_0)$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = mgh_0 \quad \ldots(2)$$

จะเห็นว่า (1) = (2) นั่นคือ $\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$ หรือ $E_1 = E_2$

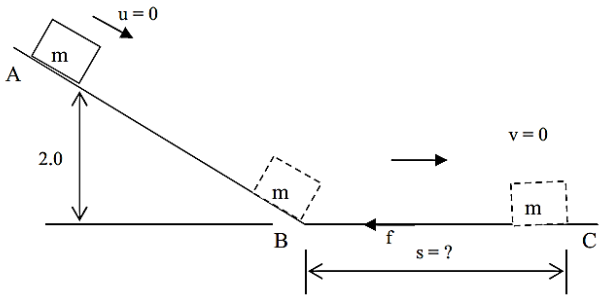
หรือกล่าวได้ว่า **“พลังงานจลน์ของวัตถุที่เพิ่มขึ้นเท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ลดลง”**

ในทำนองเดียวกันจากรูป ถ้าสปริงถูกกดให้หดจากตำแหน่งสมดุลพลังงานกลรวมจะเท่ากับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น E_p เพราะพลังงานจลน์ E_k เป็นศูนย์ เมื่อปล่อยมือให้สปริงดีดกลับ พลังงานศักย์ยืดหยุ่น E_p จะลดลงเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ E_k และเมื่อกลับมาถึงตำแหน่งสมดุลพลังงานจลน์ของรถจะมีค่าสูงสุด ส่วนพลังงานศักย์จะมีค่าเป็นศูนย์

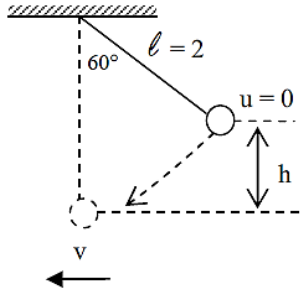


ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพลังงานกลรวมของวัตถุมีค่าคงตัวเสมอ

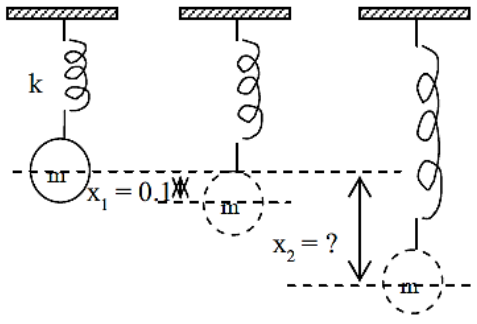
ตัวอย่างที่ 14 วัตถุมวล m ถูกปล่อยจากพื้นเอียงลื่น ดังรูป จงหาว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลสุดเท่าใด บนพื้นราบซึ่งมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.4



ตัวอย่างที่ 15 จากรูป เมื่อปล่อยวัตถุมวล 0.2 กิโลกรัม ขณะที่เชือกทำมุม 60 องศา กับแนวดิ่ง วัตถุจะมีความเร็วเท่าใดที่จุดต่ำสุด



ตัวอย่างที่ 16 สปริงเบาแขวนติดกับเพดาน ดังรูป นำวัตถุ 1 กิโลกรัม ผูกติดกับปลายสปริงแล้วหย่อนวัตถุลงมาอย่างช้าๆ จนหยุดนิ่ง ทำให้ปลายสปริงยืดออกจากเดิม 0.1 เมตร ถ้าแขวนวัตถุเดิมกับปลายสปริงแล้วปล่อยมือทันที อยากทราบว่าสปริงจะยืดออกไปได้มากที่สุดเท่าใด

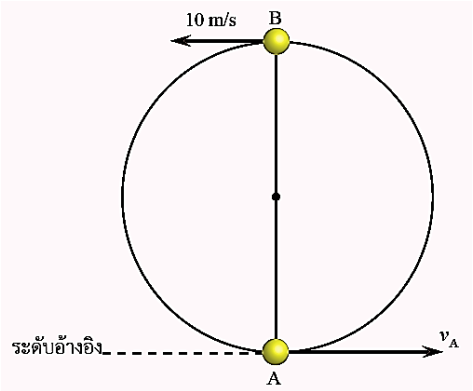


ตัวอย่างที่ 17 ทิ้งลูกระเบิดมวล 10 กิโลกรัม ลงมาจากเครื่องบินสูง 1000 เมตร ลูกระเบิดด้านและจมลงในพื้นดิน 1 เมตร จงหา แรงต้านเฉลี่ยของดิน (ไม่ต้องคิดแรงต้านอากาศ)

แบบฝึกหัด เรื่อง การอนุรักษ์พลังงานกล

1. กฎการอนุรักษ์พลังงานกลและกฎการอนุรักษ์พลังงาน เป็นกฎเดียวกันหรือไม่ จงอธิบาย

2. นำเส้นเชือกยาว 2 เมตรผูกลูกตุ้มมวล 4.0 กิโลกรัมที่ปลายข้างหนึ่ง ถ้าจับปลายเชือกอีกข้างหนึ่งแกว่งให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่ง ถ้าที่จุดสูงสุด ลูกตุ้มมีอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของลูกตุ้มที่จุดต่ำสุด

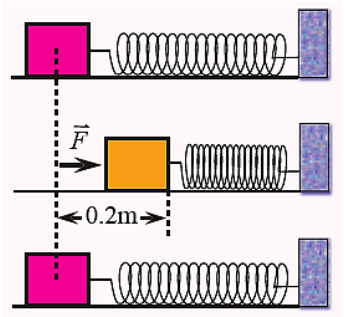


3. ก้อนหินมวล 50.0 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 196 เมตร เหนือพื้นดิน จงหาพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของก้อนหิน

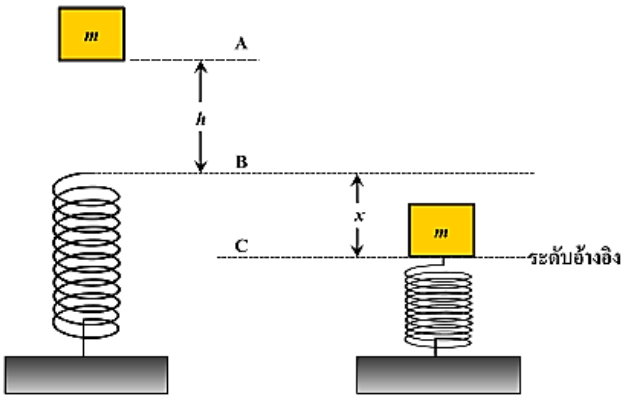
ก. ขณะก้อนหินเริ่มตก
ข. เมื่อเวลาผ่านไป 1.0 วินาที
ค. เมื่อเวลาผ่านไป 5.0 วินาที
ง. ขณะกระทบพื้นดิน

4. ปล่อยมวลก้อนหนึ่ง ณ ตำแหน่งที่สูงจากพื้นเป็นระยะ h ขณะที่มวลอยู่สูงจากพื้นเป็นระยะ $\frac{h}{3}$ มวลก้อนนี้มีอัตราเร็วเท่าใด ให้ g เป็นความเร่งโน้มถ่วง

5. วัตถุมวล 1.00 กิโลกรัม ติดอยู่กับปลายข้างหนึ่งของสปริง ดังรูป เมื่อสปริงถูกกดเข้าเป็นระยะ 0.20 เมตร จากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อย จงหาอัตราเร็วของวัตถุขณะผ่านตำแหน่งสมดุลของสปริง เมื่อค่าคงตัวสปริงเท่ากับ 115 นิวตันต่อเมตร



6. วัตถุมวล 3.0 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 0.75 เมตร เหนือปลายบนของสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง เมื่อชนแล้วกดปลายสปริงให้ยุบตัว จงหาว่าปลายสปริงจะถูกกดลงมาเป็นระยะทางเท่าใด ถ้าสปริงนี้มีค่าคงตัวสปริงเท่ากับ 2.0×10^3 นิวตันต่อเมตร



7. ปล่อยวัตถุก้อนหนึ่งมวล m ที่ระดับสูง h ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งมี ความเร่งเท่ากับ g โดยไม่มีแรงต้านทานของอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง อยากทราบว่าหลังจากปล่อยวัตถุแล้วเป็น เวลานานเท่าใด วัตถุจึงจะมีพลังงานจลน์เท่ากับพลังงานศักย์

5.6 เครื่องกล

เครื่องกล ได้แก่ อุปกรณ์ที่ช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้น เช่น งานในการยกของหนักเครื่องกลจะช่วยให้ยกได้โดยใช้แรงที่น้อยลง เป็นต้น การอธิบายว่าเครื่องกลต่างๆ ช่วยให้ใช้แรงน้อยลงหรือทำงานได้สะดวกขึ้นนั้น อาจอาศัยหลักการของงาน เนื่องจากงานและพลังงาน เป็นปริมาณที่คงตัว เครื่องกลจะไม่ช่วยให้เราทำงานได้มากกว่าที่เราทำงานให้กับเครื่องกล แต่อาจสูญเสียงานไปเล็กน้อย

งานที่ทำโดยแรงที่ให้กับเครื่องกล = งานที่ได้รับจากเครื่องกล + งานของแรงเสียดทาน (ที่สูญเสียไป)

สำหรับระบบเครื่องกลที่ดี งานของแรงเสียดทานจะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับงานที่เครื่องกลกระทำ จึงอาจประมาณได้ว่า

งานที่ทำโดยแรงที่ให้กับเครื่องกล = งานที่ได้รับจากเครื่องกล

ประสิทธิภาพของเครื่องกล (Efficiency of machine: E) หาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{กำลังที่ได้รับจากเครื่องกล}}{\text{กำลังที่ให้กับเครื่องกล}}$$

ในทางอุดมคติ ในการทำงานหรือเปลี่ยนรูปพลังงาน จะไม่มีการสูญเสียพลังงานออกจากระบบ ประสิทธิภาพของเครื่องกลจะเท่ากับ 1 และถ้าคิดเป็นร้อยละจะได้เท่ากับ 100

แต่ในทางปฏิบัติ จะมีการสูญเสียพลังงานไปนอกระบบเสมอ ประสิทธิภาพของเครื่องกลจึงมีค่าน้อยกว่า 1 หรือน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ การหาประสิทธิภาพของเครื่องกลยังสามารถหาได้จาก

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

การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage : M.A.) คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงที่ได้จากเครื่องกล (F_{out}) ต่อขนาดของแรงที่ให้กับเครื่องกล (F_{in})

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

หรือหาได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่เราออกแรงทางาน (s_{in}) ต่อระยะทางของงานที่ได้ (s_{out})

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

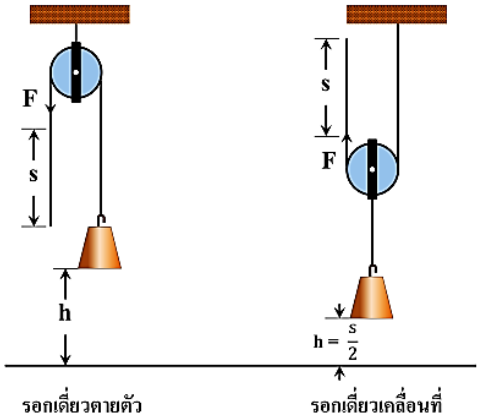
โดยถ้า M.A. > 1 แสดงว่าเครื่องกลนั้นช่วย**ผ่อนแรง**

M.A. = 1 แสดงว่าเครื่องกลนั้นไม่ช่วยผ่อนแรงแต่ช่วยให้**ทำงานได้สะดวก**ขึ้น

M.A. < 1 แสดงว่าเครื่องกลนั้น**ไม่ช่วยผ่อนแรง**

รอก

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน **งานที่ให้กับรอก = งานที่ได้รับจากรอก**



Fs = mgs

$$\text{ประสิทธิภาพของรอก} = \frac{mgh}{Fs} \times 100\%$$

พิจารณาจากภาพ กรณีรอกเดี่ยวตายตัวจะไม่ช่วยผ่อนแรง แต่ช่วยให้ทางานได้สะดวกมากขึ้น แต่ในกรณีรอก เดี่ยวเคลื่อนที่ การได้เปรียบเชิงกลหาได้ดังนี้

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

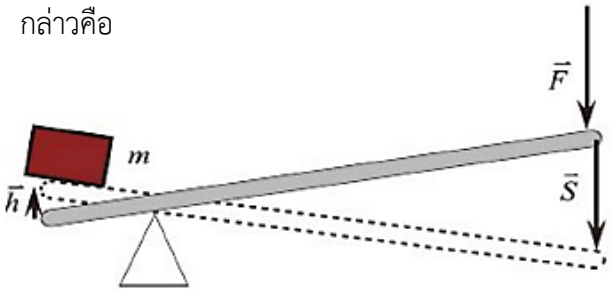
หรือ

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

จะเห็นว่า แม้ว่ารอกเดี่ยวตายตัวจะทำให้เราออกแรงน้อยลง แต่เราก็ต้องออกแรงเป็นระยะทางมากขึ้น เนื่องจากงานที่เราได้จากเครื่องกล เท่ากับ งานที่เราให้กับเครื่องกลซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

คาน

เครื่องกลประเภทคาน เช่น ชะแลง ค้อนงัดตะปู คีม กรรไกร ตะเกียบ ใช้หลักการทางาน เช่นเดียวกันกับรอก กล่าวคือ



ใช้แรง F กดที่ปลายคาน มีการกระจัด s

ทำให้ มวล m มีการกระจัด h

งานที่ให้กับคาน = งานที่คานยกวัตถุ

Fs = mgh

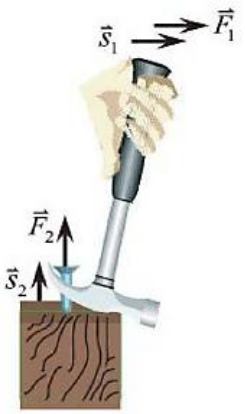
$$\text{ประสิทธิภาพของคาน} = \frac{mgh}{Fs} \times 100\%$$

กรณีของค้อนงัดตะปู คีม กรรไกร ตะเกียบ แรงอาจไม่อยู่ในทิศขึ้นก็ได้ ดังรูป ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

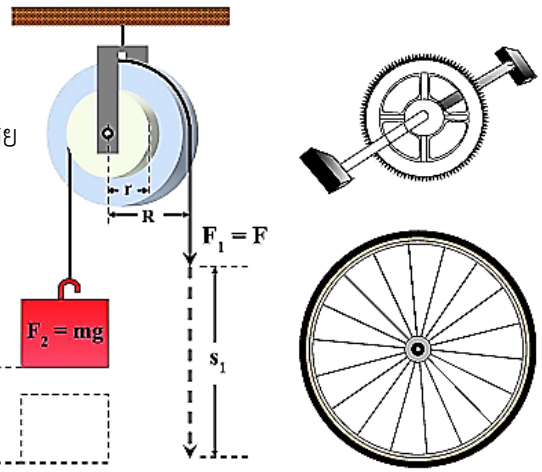
งานที่ให้กับค้อน = งานที่ได้จากค้อน

$F_1s_1 = F_2s_2$

$$\text{ประสิทธิภาพของค้อน} = \frac{F_2s_2}{F_1s_1} \times 100\%$$



ล้อและเพลา



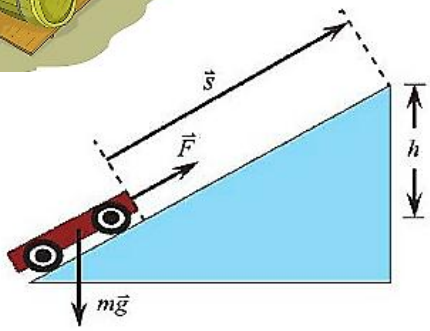
ล้อกับเพลา เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรกลหลายชนิด เช่น เครื่องยนต์ กังหันน้ำ พัดลม มอเตอร์ ซึ่งมีการหมุนทั้งสิ้น ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

งานที่ให้กับล้อ = งานที่ได้จากเพลา

$F_1s_1 = F_2s_2$

ประสิทธิภาพของล้อและเพลา $= \frac{F_2s_2}{F_1s_1} \times 100\%$

ประสิทธิภาพของล้อและเพลา $= \frac{FR}{mgr} \times 100\%$



พื้นเอียง

พื้นเอียงเป็นเครื่องกลที่เราอาจไม่นึกว่าเป็นเครื่องกล เช่น ทางขึ้น-ลงเนินบันได ถ้าไม่มีพื้นเอียงการนำวัตถุที่มีน้ำหนักมากขึ้นที่สูงจะต้องใช้แรงอย่างมาก ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

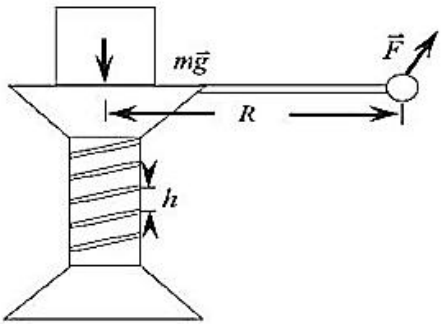
งานที่ใช้ดึงรถ = งานที่ใช้ในการยกรถขึ้นแนวดิ่ง

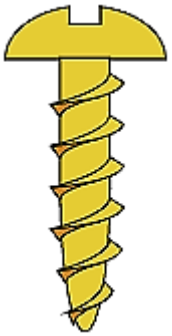
$Fs = mgh$

ประสิทธิภาพของพื้นเอียง $= \frac{mgh}{Fs} \times 100\%$

สกรู

สกรู มีหลักการทำงานคล้ายพื้นเอียง แต่แทนที่จะให้วัตถุเคลื่อนที่ก็ให้สกรูเคลื่อนที่แทน





ออกแรง F ที่ปลายคานรัศมี R เพื่อยกวัตถุมวล m โดยระยะเกลียวของสกรูเท่ากับ h ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

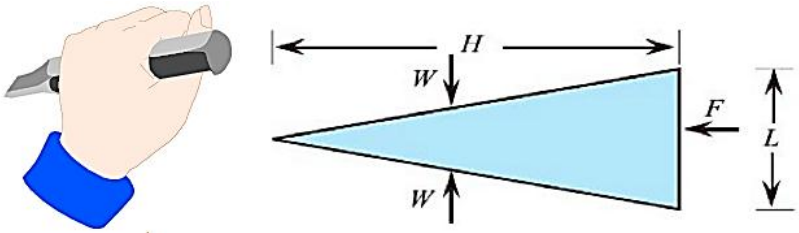
งานที่ใช้หมุนสกรูหนึ่งรอบ = งานที่ใช้ในการยกมวล m ในแนวดิ่งได้ 1 เกลียว

$F \times 2\pi R = mgh$

ประสิทธิภาพของสกรู $= \frac{mgh}{F \times 2\pi R} \times 100\%$

ลิ่ม

ลิ่ม เป็นเครื่องกลรูปร่างสามเหลี่ยมใช้สำหรับทำให้วัตถุแยกออกจากกัน ใช้หนุน หรือตรึงวัตถุให้อยู่กับที่ก็ได้ ตัวอย่างเช่น ขวาน มีด เข็ม ตะปู



เมื่อออกแรง F ทำให้ลิ่มเข้าไปในวัตถุเป็นระยะทาง H วัตถุจะแยกออกจากกันเป็นระยะ L โดยมีแรงต้านภายในเนื้อวัตถุเท่ากับ W ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

งานที่ให้กับลิ่ม = งานที่ได้จากลิ่ม

$$FH = WL$$

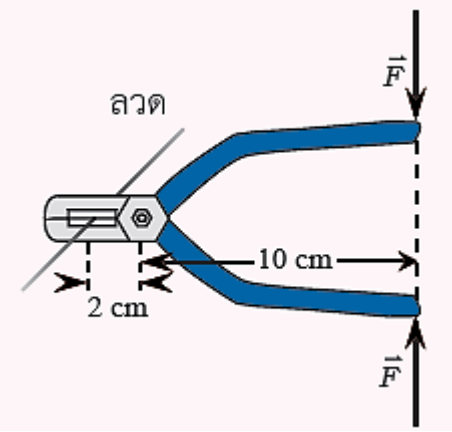
$$\text{ประสิทธิภาพของลิ่ม} = \frac{\mathbf{WL}}{\mathbf{FH}} \times \mathbf{100\%}$$

จะเห็นว่าเมื่อความยาวของลิ่ม (H) มีค่ามากเมื่อเทียบกับความกว้างของสันลิ่ม (L) จะทำให้เราสามารถเจาะเข้าไปในเนื้อวัตถุได้โดยใช้แรงเพียงน้อย

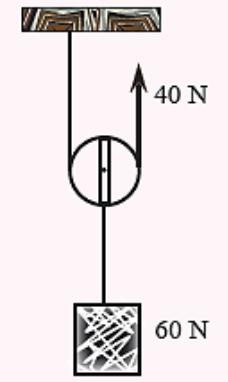
ตัวอย่างที่ 18 กรรไกรตัดลวดมีระยะระหว่างลวดและจุดหมุน 2.0 เซนติเมตร ระยะระหว่างจุดหมุนและมือ 10 เซนติเมตร ออกแรง F บีบขากรรไกรดังรูป ถ้าแรง F มีขนาด 50.0 นิวตัน

ก. จงเขียนแผนภาพของแรงต่างๆ ที่กระทำต่อขากรรไกรข้างเดียว

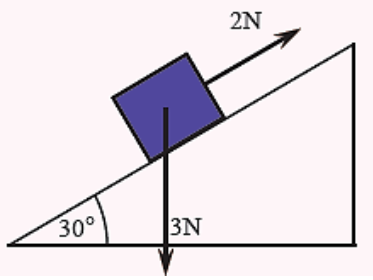
ข. แรงที่กระทำต่อลวดมีค่าเท่าใด



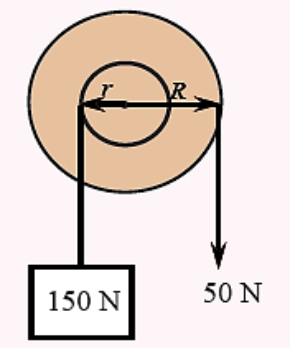
ตัวอย่างที่ 19 จงหาประสิทธิภาพของรอก ดังรูป



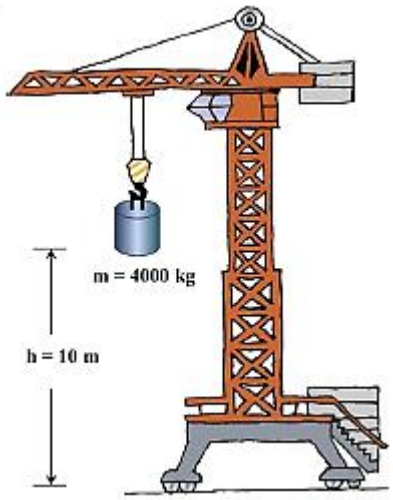
ตัวอย่างที่ 20 จงหาประสิทธิภาพของพื้นเอียง ดังรูป



ตัวอย่างที่ 21 จากรูป จงหาการได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลา และถ้าล้อกับเพลาไม่มีความฝืด และล้อมีรัศมี 0.3 เมตร เพลามีรัศมีเท่าใด



ตัวอย่างที่ 22 ปั้นจั่นสามารถยกลูกตุ้มมวล 4000 กิโลกรัม ขึ้นไปในแนวดิ่งอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะทาง 10 เมตร ในเวลา 40 วินาที ถ้าปั้นจั่นมีกาลัง 16 กาลังม้า จงหาประสิทธิภาพของปั้นจั่นนี้



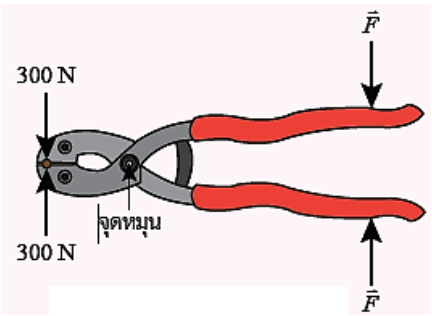
➢ แบบฝึกหัด เรื่อง เครื่องกล

1. ยกตัวอย่างเครื่องกลอย่างง่ายที่เคยใช้ หรือใช้เป็นประจำในชีวิตประจำวันมา 3 อย่าง พร้อมหลักการ

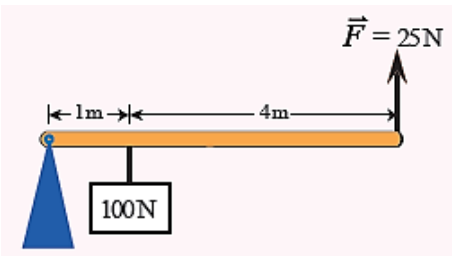
2. ที่ตัดเล็บ มีด ไม้กวาดพื้น กรรไกรตัดหญ้า อุปกรณ์หรือเครื่องมือเหล่านี้ เป็นเครื่องกลอย่างง่าย หรือไม่ ถ้าเป็นจัดอยู่ในประเภทใด

3. อุปกรณ์ใดในบ้านที่จะต้องอาศัยหลักการทำงานของคาน

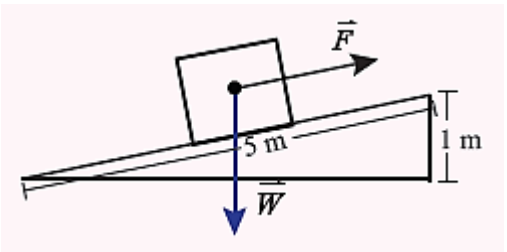
4. กรรไกรตัดลวดมีระยะระหว่างลวดและจุดหมุน 5 เซนติเมตร และระยะระหว่างมือที่กดกับจุดหมุน 15 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าต้องการตัดลวดที่ทนแรงกระทำได้ 300 นิวตัน จะต้องออกแรงกด *F* อย่างน้อยเท่าใด ลวดจึงจะขาด



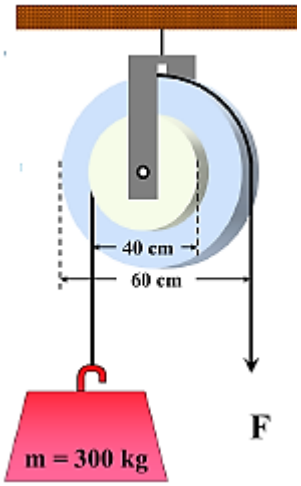
5. จากรูป จงหาการได้เปรียบเชิงกลของคานเบา และคานมีประสิทธิภาพเท่าใด



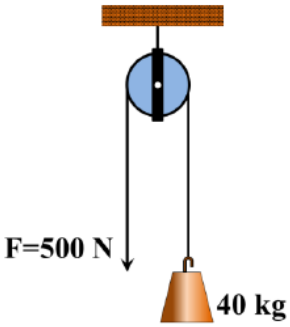
6. จากรูป จงหาการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงที่ยาว 5 เมตร สูง 1 เมตร และถ้าวัตถุมีน้ำหนัก 200 นิวตัน ถูกแรง F ขนาด 50 นิวตัน กระทำให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นเอียง จงหาประสิทธิภาพของพื้นเอียง



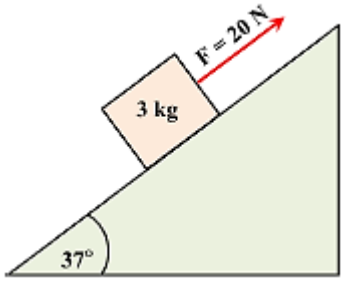
7. ต้องใช้แรงเท่าไร ในการยกมวล 300 กิโลกรัม ด้วยล้อและเพลา ที่ไม่มีความฝืด ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อและเพลาเป็น 60 และ 40 เซนติเมตร ตามลาดับ



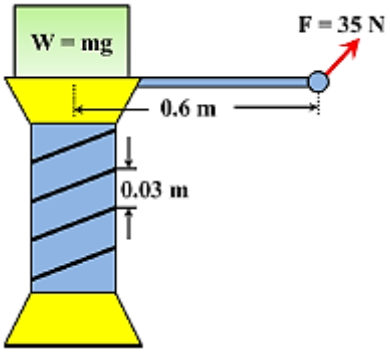
8. จากรูปจงหาประสิทธิภาพของรอกมีค่าเท่าใด



9. จากรูป ออกแรง 20 นิวตัน ฉุดวัตถุ มวล 3 กิโลกรัม ขึ้นพื้นเอียงซึ่งทามุม 37° กับแนวระดับ จงหาประสิทธิภาพของพื้นเอียงนี้



10. เครื่องกลแบบสกรู มีแขนคานยาว 60 เซนติเมตร และระยะเกลียวเท่ากับ 3 เซนติเมตร ถ้าออกแรงหมุนสกรู 35 นิวตัน จะสามารถยกก้อนน้าหนักได้มากที่สุดเท่าใด



11. หัวขวานอันหนึ่งยาว 6 เซนติเมตร และหนา 2 เซนติเมตร ถ้าออกแรงฟันต้นไม้ด้วยแรง 120 นิวตัน ปรากฏว่าหัวขวานจมลงไปในเนื้อไม้ทั้งหมด ต้นไม้นี้มีแรงต้านทานเท่าไร