



รูปภาพจาก : www.pixabay.com

บทที่ 5 งานและพลังงาน

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้อธิบายการเคลื่อนที่โดยใช้คณิตศาสตร์แบบเวกเตอร์ ในบทนี้จะเสนอมุมมองใหม่ในการอธิบายการเคลื่อนที่ด้วยการอธิบายการเคลื่อนที่ในมุมมองของตำแหน่งกับอัตราเร็วโดยใช้คณิตศาสตร์แบบสเกลาร์ผ่านปริมาณทางฟิสิกส์ที่เรียกว่างานและพลังงาน

ผลคูณเชิงสเกลาร์ (The Scalar Product)



ผลคูณเชิงสเกลาร์ (The Scalar Product)

$$\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k} \rightarrow |\vec{A}|^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$$

$$\vec{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k} \rightarrow |\vec{B}|^2 = B_x^2 + B_y^2 + B_z^2$$

θ

จากรูปด้านบนเราสามารถหา $\vec{A} \cdot \vec{B}$ ได้จาก

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

· (Dot) คือ สัญลักษณ์ของการคูณเวกเตอร์แบบผลลัพธ์เป็นสเกลาร์ และนิยมเรียกผลคูณเชิงสเกลาร์ว่า “Dot Product”

สมบัติบางข้อของการ dot เวกเตอร์

สมบัติการสลับที่

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

สมบัติการแจกแจง

$$\vec{C} \cdot (\vec{A} + \vec{B}) = \vec{C} \cdot \vec{A} + \vec{C} \cdot \vec{B}$$

เวกเตอร์ dot ตัวเอง

$$\vec{A} \cdot \vec{A} = A_x A_x + A_y A_y + A_z A_z$$

$$\vec{A} \cdot \vec{A} = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$$

$$\vec{A} \cdot \vec{A} = |\vec{A}|^2$$

การ dot ระหว่างเวกเตอร์หนึ่งหน่วย

การ dot กับตัวเอง

$$\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = 1$$

การ dot กับเวกเตอร์หนึ่งหน่วยอื่น

$$\hat{i} \cdot \hat{j} = \hat{j} \cdot \hat{k} = \hat{k} \cdot \hat{i} = 0$$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.1

เวกเตอร์ $\vec{A}$ มีขนาด 5.0 หน่วย ชี้ไปทางทิศตะวันออก และ เวกเตอร์ $\vec{B}$ มีขนาด 4.0 หน่วย ชี้ทำมุม 37° กับทิศตะวันออก จงหา $\vec{A} \cdot \vec{B}$?

Answer : 16 หน่วย²

Problem 5.2

จงหา $\vec{A} \cdot \vec{B}$ เมื่อเวกเตอร์ $\vec{A}$ ตั้งฉากกับเวกเตอร์ $\vec{B}$?

Answer : 0

Problem 5.3

เวกเตอร์ $\vec{A} = 3.0\hat{i} + 4.0\hat{j}$ และ $\vec{B} = 5.0\hat{i}$ จงหา $\vec{A} \cdot \vec{B}$ และมุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง?

Answer : 15 and 53°

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.4

เวกเตอร์ $\vec{A} = 3\hat{i} - 4\hat{j}$ และ $\vec{A} \cdot (\vec{A} - \vec{B}) = 24$ จงหา $|\vec{B}|\cos\theta$ เมื่อ θ คือ มุมระหว่าง $\vec{A}$ กับ $\vec{B}$?

Answer : 0.2

Problem 5.5

เวกเตอร์ $\vec{A} = 2\hat{i} - 5\hat{j}$, $\vec{B} = 1\hat{i} + 2\hat{j}$ และเวกเตอร์ $\vec{C}$ เป็นเวกเตอร์ที่อยู่ในระนาบ xy โดยที่ $\vec{A} \cdot \vec{C} = -11$ และ $\vec{B} \cdot \vec{C} = 8$ จงหา $|\vec{C} - \vec{B}|$?

Answer : $\sqrt{2}$

Problem 5.6

เวกเตอร์ $\vec{A} = x\hat{i} + y\hat{j}$, $\vec{B} = 4\hat{i} - 3\hat{j}$ และ $\vec{C} = -5\hat{i} + 5\hat{j}$ ถ้า $\vec{A} \perp \vec{B}$, $|\vec{A}| = 3$ และ $\vec{A} \cdot \vec{C} > 0$ จงหาค่า $x + y$?

Answer : $\frac{21}{5}$

งาน (Work)



งาน (Work)

งาน (Work ; W [J, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$]) หาได้จาก

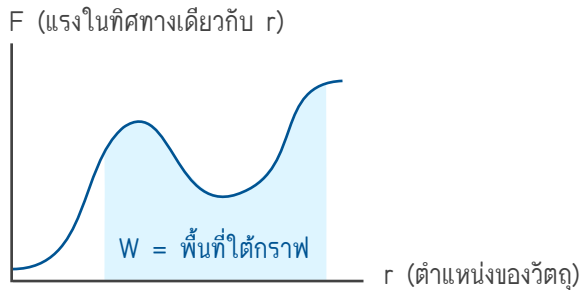
$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

W คือ งาน

$\vec{F}$ คือ แรงที่กระทำกับวัตถุ

$d\vec{r}$ คือ การกระจัดในช่วงเล็กๆ ของวัตถุ

การหางานจากกราฟ F (แรง) กับ r (ตำแหน่ง)



งานในกรณีแรงคงที่

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$$

$\Delta\vec{r}$ คือ การกระจัดของวัตถุ

ข้อสังเกต

เมื่อมีการออกแรงกระทำต่อวัตถุ อาจเกิดงานหรือไม่เกิดงานก็ได้
เครื่องหมายบวกและลบของงาน ขึ้นกับมุมระหว่างแรงกับการกระจัด

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.7

ออกแรงขนาด 10 N ทำมุม 37° เทียบกับแนวการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวราบเป็นการกระจัด 20 m งานที่แรงดังกล่าวกระทำกับวัตถุเป็นเท่าใด?

Answer : 160 J

Problem 5.8

ออกแรง 10 N ยกวัตถุมวล 1.0 kg ในแนวดิ่ง เพื่อยกวัตถุให้เคลื่อนที่เป็นระยะ 20 m ตามแนวราบ งานที่แรงดังกล่าวกระทำกับวัตถุเป็นเท่าใด?

Answer : 0 J

Problem 5.9

ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอจะมีแรงลัพธ์มากระทำกับวัตถุซึ่งเรียกว่าแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง จงหางานเนื่องจากแรงเข้าสู่ศูนย์กลางเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปได้ครึ่งรอบ?

Answer : 0 J

Problem 5.10

ลวดมี r มีเชือกพันอยู่รอบๆ ลวดดังกล่าวทั้งหมด N รอบพอดี ถ้าออกแรง F ดึงเชือกออกมาตามแนวเส้นสัมผัส จงหางานเนื่องจากแรงดังกล่าว?

Answer : $2\pi rNF$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.11

แรงคงที่แรงหนึ่งมากระทำกับวัตถุมวล 2.00 kg ในแนวราบ ทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีการกระจัดเป็น 50.0 m ภายในเวลา 10.0 s งานที่แรงดังกล่าวกระทำกับวัตถุเป็นเท่าใด?

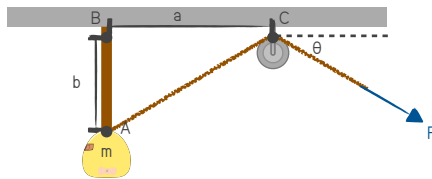
Answer : 100 J **Problem 5.12**

แรงคงที่กระทำกับวัตถุมวล 2.00 kg จากหยุดนิ่งจนมีอัตราเร็ว 4.00 m/s งานที่แรงดังกล่าวกระทำกับวัตถุเป็นเท่าใด?

Answer : 16.0 J

Problem 5.13

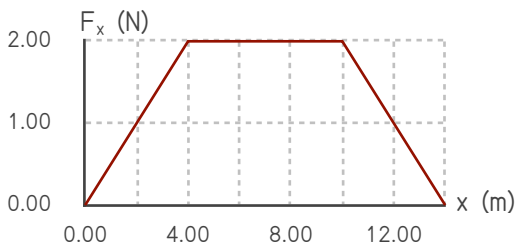
ออกแรง F ดังที่ดึงเชือกจนทำให้วัตถุมวล m เคลื่อนที่จากจุด A ขึ้นมายังจุด B ดังรูปด้านล่าง งานเนื่องจากแรงดังกล่าวเป็นเท่าใด?



Answer : $F(\sqrt{a^2 + b^2} - a)$

Problem 5.14

ออกแรงตามแนวแกน x เพื่อดันวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน x โดยขนาดของแรงที่ตำแหน่งต่างๆ บนแกน x เป็นไปดังกราฟด้านล่าง จงหางานเนื่องจากแรงดังกล่าวในช่วง $0 - 10.0$ m?

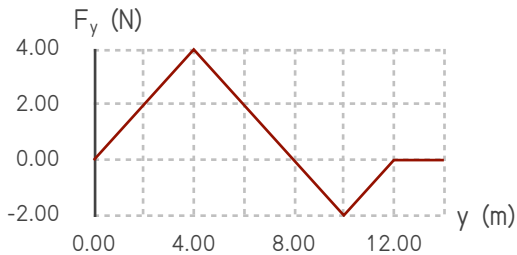


Answer : 16.0 J

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.15

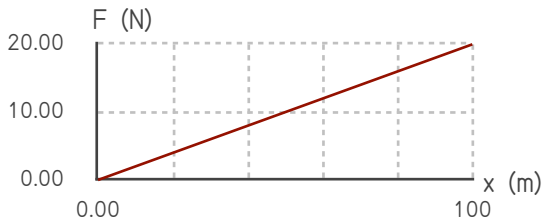
ออกแรงตามแนวแกน y เพื่อดันวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน y โดยขนาดของแรงที่ตำแหน่งต่างๆ บนแกน y เป็นไปดังกราฟด้านล่าง จงหางานเนื่องจากแรงดังกล่าวในช่วง $0 - 12.00 \text{ m}$?



Answer : 12.0 J

Problem 5.16

วัตถุถูกทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงไม่คงที่ดังกราฟด้านล่าง ถ้าแรงดังกล่าวทำมุม 37° เทียบกับแกน x จงหางานเนื่องจากแรงดังกล่าวในช่วง $0 - 100 \text{ m}$?

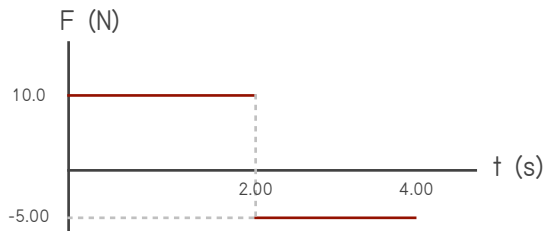


Answer : 800 J

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.17

วัตถุมวล 2.5 kg เริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งโดยแรงดังรูปด้านล่าง ในช่วง 3.0 วินาที แรงนี้ทำงานเท่าใด?



Answer : 45 J

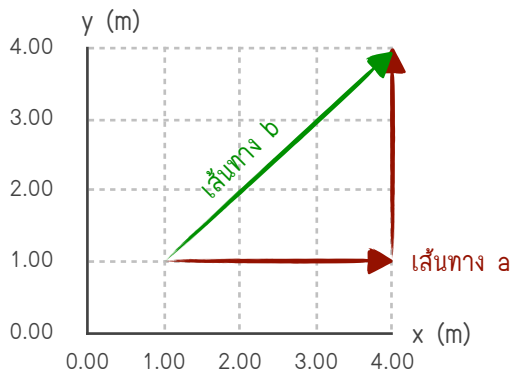
Problem 5.18 Challenge

ออกแรงตามสมการ $\vec{F} = 4x\hat{i} + 2y\hat{j}$ N กระทำกับวัตถุ ส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแกน x จากตำแหน่ง $x = 0$ m ไปยังตำแหน่ง $x = 5.0$ m จงหางานเนื่องจากแรงดังกล่าว?

Answer : 50 J

Problem 5.19 Challenge

วัตถุเคลื่อนที่จากจุด (1.00 m, 1.00 m) ไปยังจุด (4.00 m, 4.00 m) ตามเส้นทาง a และเส้นทาง b ดังรูปด้านล่าง ด้วยแรง $\vec{F} = 3x^2\hat{i} + 2xy\hat{j}$ N จงหาว่าทั้งสองเส้นทางมีความต่างของงานเนื่องจากแรงดังกล่าวเป็นเท่าใด?



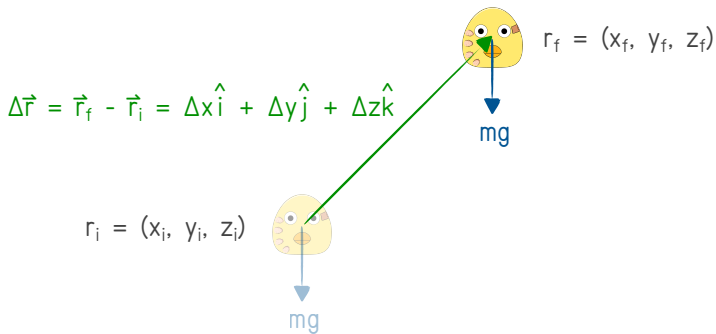
งานและพลังงาน (Work and Energy)

Answer : 18 J



งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (W_g [J, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$])

พิจารณาวัตถุกำลังเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง $\vec{F}_g = -mg\hat{j}$ จากตำแหน่ง $\vec{r}_i$ ไปยังตำแหน่ง $\vec{r}_f$ ดังรูปด้านล่าง



จาก

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$$

$$W_g = (-mg\hat{j}) \cdot (\Delta x\hat{i} + \Delta y\hat{j} + \Delta z\hat{k})$$

$$W_g = -mg\Delta y$$

เมื่อพิจารณางานเนื่องจากแรงโน้มถ่วง เห็นได้ว่างานดังกล่าวขึ้นกับการกระจัดในแนวดิ่งเท่านั้น (Δy) ดังนั้น เมื่อย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงจะเท่ากันทุกๆ เส้นทางที่ย้ายวัตถุดังกล่าว ทำให้สรุปได้ว่า งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่ขึ้นกับตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของวัตถุเท่านั้น

Problem 5.20

ปล่อยวัตถุมวล m จากหยุดนิ่งให้ตกลงมาอย่างอิสระในแนวดิ่ง จงหางานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเมื่อปล่อยวัตถุดังกล่าวลงมาเป็นเวลา t (วัตถุยังไม่ถึงพื้น)?

$$\text{Answer : } \frac{mg^2t^2}{2}$$

Problem 5.21

ปล่อยวัตถุมวล m ให้ไถลงมาตามพื้นเอียงเป็นระยะ d โดยพื้นเอียงดังกล่าวเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ จงหางานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่กระทำกับวัตถุดังกล่าว?

$$\text{Answer : } mgd\sin\theta$$

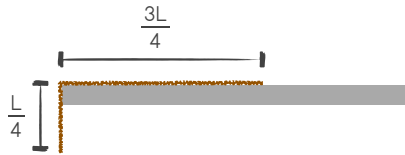
Problem 5.22

วัตถุมวล m เคลื่อนที่ไถลงตามแนวระดับเป็นระยะ d จงหางานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่กระทำกับวัตถุดังกล่าว?

$$\text{Answer : } 0 \text{ J}$$

Problem 5.23

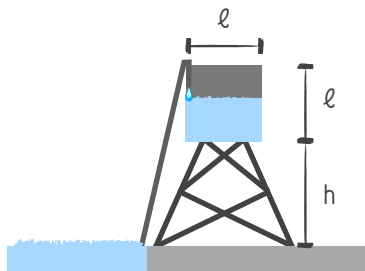
วัตถุยาว L มวล M กระจายสม่ำเสมอวางอยู่บนโต๊ะ โดยความยาว $\frac{1}{4}$ ของวัตถุแขวนลงมาจากขอบโต๊ะดังรูปด้านล่าง จงหางานในการดึงวัตถุดังกล่าวขึ้นมาบนโต๊ะทั้งหมดพอดี?



Answer : $\frac{MgL}{32}$

Problem 5.24

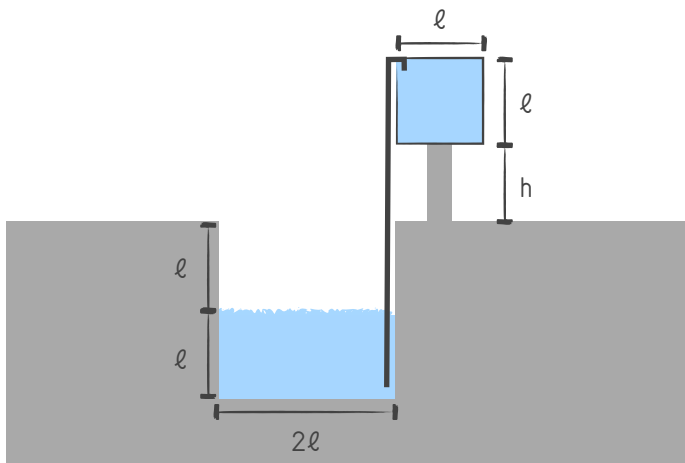
จงหางานในการสูบลของเหลวความหนาแน่น ρ จนเต็มถัง โดยสูบลของเหลวดังกล่าวจากพื้นขึ้นไปไว้จนถึงลูกบาศก์ยาวด้านละ ℓ และก้นถังอยู่สูงจากพื้นเป็นระยะ h ดังรูปด้านล่าง?



$$\text{Answer : } \rho \ell^3 g \left(h + \frac{\ell}{2} \right)$$

Problem 5.25

จงหางานในการสูบน้ำความหนาแน่น ρ ขึ้นมาจากบ่อทรงลูกบาศก์ยาวด้านละ 2ℓ และมีน้ำอยู่ครึ่งบ่อ เพื่อใส่ถังน้ำทรงลูกบาศก์ยาวด้านละ ℓ จนเต็มถัง โดยยกถังอยู่สูงจากพื้นเป็นระยะ h ดังรูปด้านล่าง?

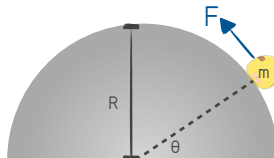


งานและพลังงาน (Work and Energy)

$$\text{Answer : } \rho \ell^3 g \left(h + \frac{13\ell}{8} \right)$$

Problem 5.26

มวล m เล็กมากๆ อยู่บนผิวครึ่งทรงกลมรัศมี R ซึ่งไม่มีแรงเสียดทาน ถูกแรงดึงตามแนวเส้นสัมผัสของผิวทรงกลม จนทำให้มวล m เคลื่อนที่ขึ้นตามผิวทรงกลมด้วยความเร็วคงที่ ดังรูปด้านล่าง จงหางานที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงดังกล่าว เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากพื้นขึ้นไปที่จุดสูงสุดของทรงกลมพอดี?

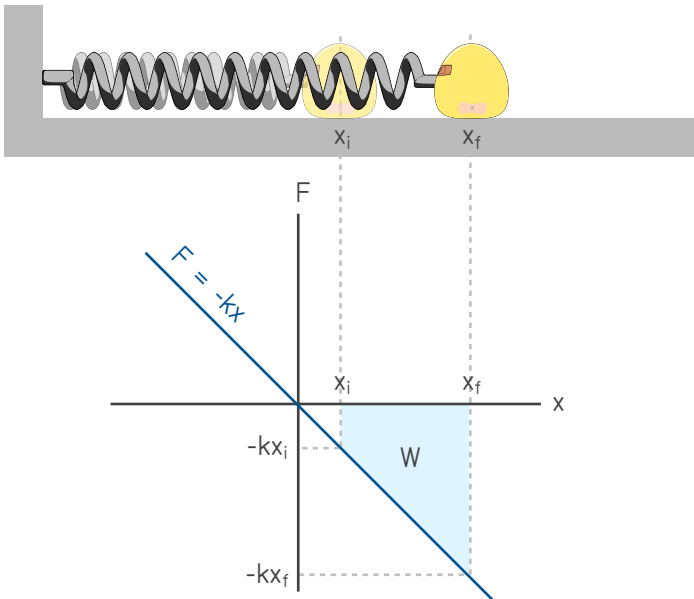


$$\text{Answer : } mgR$$



งานเนื่องจากแรงยืดหยุ่นของสปริง (W_s [J, kg·m²/s²])

พิจารณากฎระหว่างแรงกับตำแหน่ง โดยให้ตอนเริ่มต้นวัตถุอยู่ตำแหน่ง x_i และตอนสุดท้ายวัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง x_f ดังรูปด้านล่าง



หางานเนื่องจากแรงสปริงจาก

$$W_s = \text{พื้นที่ใต้กราฟ } F \text{ กับ } x$$

$$W_s = \frac{1}{2}((-kx_f) + (-kx_i))(x_f - x_i)$$

$$W_s = -\frac{1}{2}k(x_f + x_i)(x_f - x_i)$$

$$W_s = -\frac{1}{2}k(x_f^2 - x_i^2)$$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

หรือ หางานเนื่องจากแรงสปริงจาก

$$W_s = \int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$W_s = \int_{x_i}^{x_f} -kx dx$$

$$W_s = -\frac{1}{2}kx^2 \Big|_{x_i}^{x_f}$$

$$W_s = -\frac{1}{2}k(x_f^2 - x_i^2)$$

งานเนื่องจากแรงสปริงขึ้นกับระยะยืดหดของสปริง (x) ดังนั้นเมื่อย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งซึ่งมีระยะยืดหดของสปริงเท่ากัน งานจะเท่ากัน ดังนั้นงานเนื่องจากแรงสปริงจึงไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

Problem 5.27

มวล 2.0 kg ยึดติดกับสปริงมวลเบามาก ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 200 N/m และวางอยู่บนพื้นในแนวราบ ถ้าดึงวัตถุดังกล่าวในแนวราบจนทำให้สปริงยืดออกเป็นระยะ 10 cm วัตถุดังกล่าวจะถูกแรงสปริงกระทำขนาดเท่าใด?

Answer : 20 N

Problem 5.28

วัตถุยึดติดกับสปริงมวลเบา ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 1,000 N/m เมื่อกดวัตถุดังกล่าวจนทำให้สปริงหดเข้าไปเป็นระยะ 5.00 cm ขนาดและทิศทางของแรงเนื่องจากสปริงที่กระทำกับวัตถุจะเป็นอย่างไร?

Answer : 50 N และมีทิศดันวัตถุออกจากสปริง

Problem 5.29

วัตถุมวล 2.00 kg เข้าชนสปริงมวลเบาในแนวราบ ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 500 N/m ในขณะที่สปริงถูกการชนดังกล่าวกดเข้าไปเป็นระยะ 10.0 cm จากตำแหน่งสมดุลของสปริง วัตถุดังกล่าวจะมีความเร็วขนาดเท่าใด?

Answer : 25.0 m/s²

Problem 5.30

วัตถุมวล 5.00 kg ยึดติดกับสปริงเบา ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 750 N/m ถ้านำสปริงมาแขวนไว้ในแนวดิ่ง สปริงดังกล่าวจะยืดออกมาเป็นระยะเท่าใด?

Answer : 6.53 cm

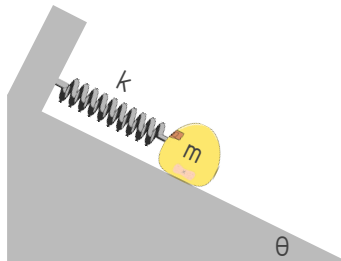
Problem 5.31

มวลวัตถุ 4.00 kg ไว้กับสปริงเบาในแนวดิ่ง ซึ่งทำให้สปริงดงกลายืดออกมาเป็นระยะ 10.0 cm สปริงดงกลาวมีค่าคงที่ของสปริงเป็นเท่าใด?

Answer : 392 N/m

Problem 5.32

วัตถุ m ยึดติดกับสปริงเบา ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k เมื่อสปริงถูกวางไว้ตามแนวพื้นเอียง โดยพื้นเอียงดงกลาวลื่นและเอียงทำมุม θ กับแนวนอน ดังรูปด้านล่าง สปริงดงกลาวจะยืดออกเป็นระยะเท่าใด?



Answer : $\frac{mg\sin\theta}{k}$

Problem 5.33

วัตถุมวล 1.00 kg ติดกับสปริงเบาซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ $1,000\text{ N/m}$ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุลของสปริง ไปยังตำแหน่งซึ่งสปริงยืดออกมาจากตำแหน่งสมดุลของสปริงเป็นระยะ 10.0 cm งานเนื่องจากแรงสปริงดังกล่าวจะเป็นเท่าใด?

Answer : -5.00 J

Problem 5.34

วัตถุติดกับสปริงเบาซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 800 N/m ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จากระยะยืดของสปริงเท่ากับ 8.00 cm ไปยังระยะหดของสปริงเท่ากับ 4.00 cm งานเนื่องจากแรงสปริงดังกล่าวจะเป็นเท่าใด?

Answer : 1.92 J

Problem 5.35

วัตถุติดกับสปริงเบาซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 400 N/m ถ้าวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งซึ่งมีแรงสปริงเท่ากับ 100 N ไปยังตำแหน่งซึ่งมีแรงสปริงเท่ากับ 200 N งานเนื่องจากแรงสปริงดังกล่าวจะเป็นเท่าใด?

Answer : -37.5 J

Problem 5.36

ออกแรง 10 N ดึงสปริง ปรากฏว่าสปริงยืดออกมาเป็นระยะ 2.0 cm ถ้าออกแรงกดสปริง 100 N จากตำแหน่งสมดุลของสปริง งานเนื่องจากแรงสปริงจะเป็นเท่าใด?

Answer : -10.0 J

Problem 5.37

สปริง 3 อันมีค่าคงที่ของสปริงเป็น k_1 , k_2 และ k_3 โดยที่ $k_1 < k_2 < k_3$ ถ้ากดสปริงเข้าไปจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะเท่าๆ กัน จงเรียงลำดับขนาดของงานเนื่องจากแรงสปริงของสปริงทั้งสามอันจากมากไปน้อย?

Answer : $|W_1| < |W_2| < |W_3|$

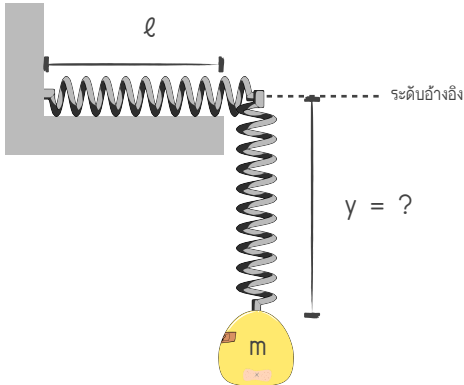
Problem 5.38

วัตถุมวล 5.00 kg วางบนพื้นลื่นและติดกับสปริงเบาในแนวราบ เมื่อออกแรงดึงวัตถุ 300 N จะได้ระยะยืดมากกว่าเพิ่มขึ้น 20.0 cm จากตอนที่ออกแรงดึง 100 N จงหางานในการเปลี่ยนแรงดึงวัตถุจาก 100 N เป็น 300 N?

Answer : 40.0 J

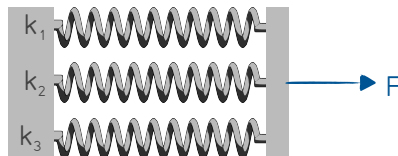
Problem 5.39

สปริงเบายาว L มีค่าคงที่ของสปริง k ยึดติดกับมวล m ดังรูปด้านล่าง ตำแหน่งสมดุลของมวล m จะอยู่ต่ำกว่าจากระดับอ้างอิงเป็นระยะเท่าใด?



Answer : $L + \frac{mg}{k} - \ell$

การต่อสปริงแบบขนาน (Springs Connected in Parallel)



จาก $F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$

$$F = k_1x + k_2x + k_3x + \dots + k_nx$$

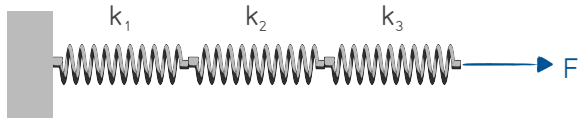
$$F = (k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n)x$$

$$F = k_{eq}x$$

$\therefore k_{eq} = k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n = \Sigma k_i$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

การต่อสปริงแบบอนุกรม (Springs Connected in Series)



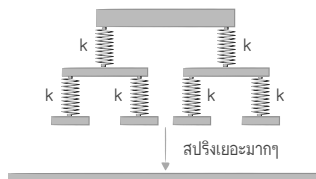
จาก
$$x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$$

$$\frac{F}{k_{eq}} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} + \frac{F}{k_3} + \dots + \frac{F}{k_n}$$

$$\therefore \frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots + \frac{1}{k_n} = \sum \frac{1}{k_i}$$

Problem 5.40

ระบบสปริงเบา โดยสปริงแต่ละตัวมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k ดังรูปด้านล่าง ถ้าสปริงมีจำนวนเยอะมากๆ สามารถมองได้ว่าระบบสปริงดังกล่าวเหมือนกับสปริงชิ้นเดียวที่มีค่าคงที่ของสปริงเป็นเท่าใด?



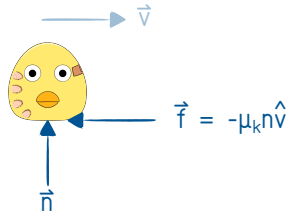
Answer : k

งานและพลังงาน (Work and Energy)



งานเนื่องจากแรงเสียดทาน (W_f [J, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$])

พิจารณาวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\hat{v}$ โดยมีแรงปกติ $\hat{n}$ มากกระทำกับวัตถุ ทำให้เกิดแรงเสียดทาน $\vec{f} = -\mu_k n \hat{v}$ ดังรูปด้านล่าง



หางานเนื่องจากแรงเสียดทานได้จาก

$$W_f = \int \vec{f} \cdot d\vec{r}$$

$$W_f = \int (-\mu_k n \hat{v})(ds \hat{v})$$

$$W_f = -\mu_k \int n ds \quad ; \quad ds \text{ คือ ระยะทางในช่วงเล็กๆ}$$

W_f คือ งานเนื่องจากแรงเสียดทาน

μ_k คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ (Coefficient of Kinetic Friction)

n คือ แรงแนวฉากที่กระทำกับวัตถุ

ds คือ ระยะทางในช่วงเล็กๆ ของวัตถุ

หางานเนื่องจากแรงเสียดทานเมื่อแรงปกติคงที่ ($\hat{n}$ คงที่) ได้จาก

$$W_f = -\mu_k n s$$

s คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เนื่องจากงานเนื่องจากแรงเสียดทานขึ้นกับระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนั้น งานเนื่องจากแรงเสียดทานจึงขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

Problem 5.41

วัตถุมวล 2.00 kg เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ซึ่งอยู่ห่างกันตามแนวราบเป็นระยะ 14.0 m สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.300 และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.250

- จงหางานเนื่องจากแรงเสียดทานเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวราบเป็นเส้นตรง?
- จงหางานเนื่องจากแรงเสียดทานเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวราบเป็นครึ่งวงกลม?

Answer : a) -68.6 J and b) -108 J

Problem 5.42

วัตถุมวล 2.5 kg เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งลงมาตามแนวพื้นเอียงเป็นระยะ 1.02 m โดยพื้นเอียงทำมุม 37° กับแนวนอน ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.40 และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.20 จงหางานรวมที่เกิดขึ้นกับวัตถุ?

Answer : 11 J

Problem 5.43

วัตถุทรงกลมมวล m รัศมี r เคลื่อนที่บนพื้นราบเป็นระยะทาง ℓ โดยวัตถุหมุนครบ 1 รอบพอดี ถ้าสัมประสิทธิ์ระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ μ งานเนื่องจากแรงเสียดทานเป็นเท่าใด?

Answer : $-\mu mg(\ell - 2\pi r)$

Problem 5.44

เชือกความหนาแน่นเชิงเส้น λ ยาว L ถูกลากให้เคลื่อนที่ในแนวราบด้วยแรงในแนวราบขนาด F โดยพื้นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ μ ถ้าดึงเชือกให้เคลื่อนที่ในแนวราบเป็นระยะทางเท่ากับความยาวของเชือกดังกล่าวพอดี งานเนื่องจากแรงเสียดทานเป็นเท่าใด?

Answer : $-\mu\lambda gL^2$

Problem 5.45 Challenge

ออกแรง $F = 15(2r+1)$ ดึงวัตถุมวล 1.443 kg ให้เคลื่อนที่ขึ้นตามแนวพื้นเอียง ซึ่งเอียงทำมุม 45.0° กับแนวนอน จากตำแหน่ง $r = 0 \text{ m}$ ไปยังตำแหน่ง $r = 10.0 \text{ m}$ โดยแรงดังกล่าวมีทิศขึ้นตามแนวพื้นเอียง และ r คือ ตำแหน่งตามแนวพื้นเอียง ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.300 และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.200 จงหางานทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับวัตถุดังกล่าว?

Answer : 1.53 kJ

กำลัง (Power)



กำลัง (Power)

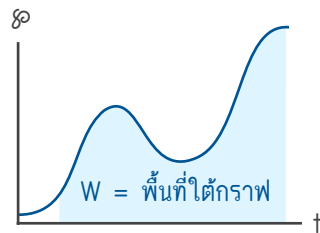
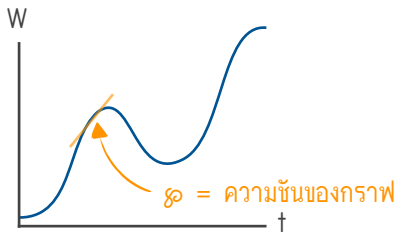
กำลัง (Power : $\mathcal{P}$ [W, kg·m²/s³])

กำลังเฉลี่ย

$$\mathcal{P}_{av} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

กำลัง ณ เวลาใดๆ

$$\mathcal{P} = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$



Problem 5.46

วัตถุมวล m ต้องใช้กำลังเฉลี่ย P เพื่อให้เคลื่อนที่บนแนวราบด้วยความเร็วเฉลี่ยขนาด v สมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์เป็นเท่าใด?

$$\text{Answer : } \frac{P}{mgv}$$

Problem 5.47

วัตถุมวล 60.0 kg เคลื่อนที่บนพื้นราบซึ่งมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.500 ด้วยความเร็วคงที่ 9.00 km/hr ถ้าวัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่เป็นเวลา 30.0 นาที จะต้องใช้กำลังเท่าใด?

Answer : 735 W

Problem 5.48

วัตถุมวล 1,000 kg สามารถเร่งอัตราเร็วจาก 10.0 m/s เป็น 20.0 m/s ด้วยความเร่งคงที่ขนาด 5.00 m/s² กำลังเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นเท่าใด?

Answer : 75.0 kW

Problem 5.49

วัตถุมวล 50.0 kg เคลื่อนที่บนพื้นราบด้วยความเร่งคงที่จากหยุดนิ่ง เป็นระยะทาง 100 m ภายในเวลา 10.0 s กำลังเฉลี่ยของวัตถุดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 1.00 kW

Problem 5.50

จงหากำลังเฉลี่ยในการยกกล่องมวล m สูง h วางซ้อนกันจำนวน N กล่อง ภายในเวลา T โดยคิดว่าไม่ต้องยกกล่องใบแรก เนื่องจากกล่องใบแรกวางไว้อยู่แล้ว?

Answer : $\frac{mghN(N-1)}{2T}$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.51

มวล m ตกลงมาเป็นระยะทาง h ในทุกๆ ช่วงเวลา t กำลังเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นเท่าใด?

$$\text{Answer : } \frac{mgh}{t}$$

Problem 5.52 Challenge

ออกแรงขนาด 150 N ผลักวัตถุมวล 10.0 kg จากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบเป็นระยะทาง 5.00 m ภายในเวลา 2.00 s โดยสันนิษฐานว่าความเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุดังกล่าว เท่ากับ 0.500 จงหากำลังเฉลี่ยที่ใช้ในการผลักวัตถุดังกล่าว (กำหนดให้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เท่ากับ 10 m/s^2)?

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Answer : 300 W

Problem 5.53 Challenge

วัตถุที่กำลังตามสมการ $\varphi(t) = 30t^2$ จงหา

a) งานในช่วง 1.00 s ถึง 3.00 s?

b) กำลังเฉลี่ยในช่วง 1.00 s ถึง 3.00 s?

Answer : a) 260 J and b) 130 W

ทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ (Work-Kinetic Energy Theorem)

พิจารณา $\Sigma W = \int \Sigma \vec{F} \cdot d\vec{r}$

$$\Sigma W = m \int \vec{a} \cdot d\vec{r}$$

$$\Sigma W = m \int \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{r}$$

$$\Sigma W = m \int \vec{v} \cdot d\vec{v} \quad ; \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\Sigma W = m \int (v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}) \cdot (dv_x \hat{i} + dv_y \hat{j} + dv_z \hat{k})$$

$$\Sigma W = m \int_i^f (v_x dv_x + v_y dv_y + v_z dv_z)$$

$$\Sigma W = \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) \Big|_i^f$$

$$\Sigma W = \frac{1}{2} m v^2 \Big|_i^f$$

$$\Sigma W = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$\Sigma W = K_f - K_i \quad ; \quad K \equiv \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Sigma W = \Delta K$$



งานและพลังงาน (Work and Energy)



การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้มุมมองของงานและพลังงาน

$$\Sigma W = \Delta K \quad ; \quad K \equiv \frac{1}{2}mv^2$$

ΣW คือ ผลรวมของงานทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ

K คือ พลังงานจลน์ของวัตถุ (Kinetic Energy ; K [J, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$])

m คือ มวลของวัตถุ

v คือ อัตราเร็วของวัตถุ

ข้อสังเกต

พลังงานจลน์มีค่าเป็นบวกเท่านั้น แต่การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์เป็นได้ทั้งบวกและลบ

ทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ ใช้ได้กับงานของแรงลัพธ์เท่านั้น

Problem 5.54

วัตถุมวล 1.00 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น 10.0 m/s จากนั้นถูกแรงกระทำขนาด 10.0 N ในทิศทางเดียวกับความเร็วต้น เมื่อเวลาผ่านไป 2.00 s วัตถุดังกล่าวมีพลังงานจลน์เท่าใด?

Answer : 450 J

Problem 5.55

วัตถุมวล 2.00 kg ถูกแรงขนาด 10.0 N ดึงในทางทิศ +x ทำให้วัตถุเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งไปบนพื้นแนวราบในทิศ +x เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง 10.0 m จงหาขนาดความเร็วของวัตถุดังกล่าว

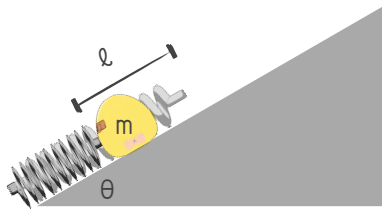
a) ในกรณีที่ $\mu_k = 0$?

b) ในกรณีที่ $\mu_k = 0.200$?

Answer : a) 10.0 m/s and b) 7.80 m/s

Problem 5.56

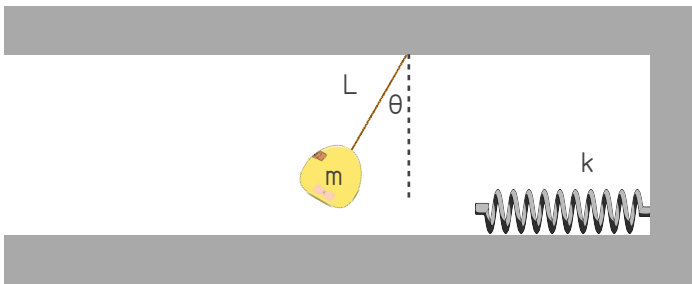
ดันวัตถุมวล m กดสปริงเข้าไปจากสมดุลเป็นระยะ ℓ ถ้าสปริงมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุได้ถูกสปริงดันให้เคลื่อนที่ขึ้นตามแนวพื้นเอียงซึ่งเอียงทำมุม θ กับแนวนอน ดังรูปด้านล่าง ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ μ วัตถุจะเคลื่อนที่ไปตามพื้นเอียงได้ไกลที่สุดเท่าใด?



$$\text{Answer : } \frac{k\ell^2}{2mg\sin\theta(1 + \mu\cot\theta)}$$

Problem 5.57

วัตถุมวล m ผูกกับเชือกเบาที่ยาว L เอียงทำมุม θ กับแนวดิ่ง ถ้าปล่อยวัตถุให้แกว่งลงมา ปรากฏว่าที่จุดต่ำสุดวัตถุได้หลุดจากเชือกพอดี และทำให้วัตถุไถลไปบนพื้นลื่นเข้าชนสปริงซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k ดังรูปด้านล่าง วัตถุจะกดสปริงเข้าไปเป็นระยะมากที่สุดเท่าใด?

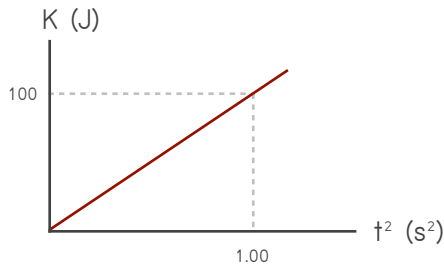


$$\text{Answer : } \sqrt{\frac{2mgL(1-\cos\theta)}{k}}$$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.58

ปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระภายในสนามโน้มถ่วงคงที่ 10.0 m/s^2 ได้กราฟพลังงานจลน์ (K) กับ เวลากำลังสอง (t^2) ดังรูปด้านล่าง จงหามวลของวัตถุดังกล่าว?

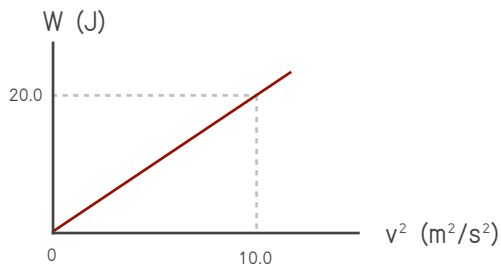


Answer : 2.00 kg

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.59

วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวราบ ได้กราฟงานลัพธ์ของวัตถุ (W) กับอัตราเร็วกำลังสอง (v^2) ดังรูปด้านล่าง จงหามวลของวัตถุดังกล่าว?

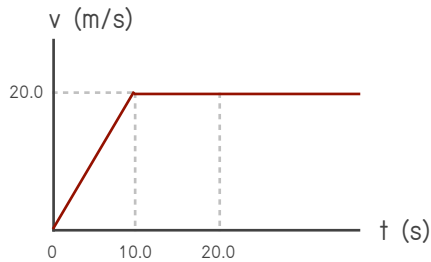


Answer : 4.00 kg

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.60

วัตถุมวล 1.00 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็วดังกราฟด้านล่าง จงหากำลังเฉลี่ยของวัตถุ ในช่วง $0 - 20.0 \text{ s}$?



Answer : 10.0 W

Problem 5.61

มอเตอร์ตัวหนึ่งสามารถเร่งรถยนต์ไฟฟ้ามวล $1,500 \text{ kg}$ จากหยุดนิ่งให้มีความเร็ว 1.00 m/s ภายในเวลา 20.0 ms จงหากำลังเฉลี่ยของมอเตอร์ดังกล่าว?

Answer : 37.5 kW

Problem 5.62

มอเตอร์ดิงลิฟต์มวล 500 kg ขึ้นตามแนวดิ่ง จงหากำลังของมอเตอร์ดังกล่าวในหน่วยของแรงม้า (กำหนดให้ 1 แรงม้า (hp) = 746 W)

- a) มอเตอร์ดิงลิฟต์ด้วยความเร่งคงที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วขนาด 2.00 m/s ภายในเวลา 3.00 s?
- b) มอเตอร์ดิงลิฟต์ด้วยความเร็วคงที่ 2.00 m/s?

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Answer : a) 7.02 hp and b) 13.1 hp



แรงอนุรักษ์ (Conservative Forces)



สมบัติของแรงอนุรักษ์

แรงอนุรักษ์ (Conservative Forces) มีสมบัติ 2 ข้อ ดังนี้

- 1) งานที่เกิดจากแรงอนุรักษ์ที่กระทำต่ออนุภาคที่เคลื่อนที่ระหว่างจุดสองจุดใดๆ จะไม่ขึ้นกับเส้นทางของการเคลื่อนที่ระหว่างจุดสองจุดนั้น
- 2) งานเนื่องจากแรงอนุรักษ์ที่กระทำต่ออนุภาคที่เคลื่อนที่เป็นเส้นทางปิดใดๆ (วนกลับมาจุดเดิม หรือจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย คือ จุดเดียวกัน) จะเป็นศูนย์

ข้อสังเกต

การเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุและการเปลี่ยนพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ดังนั้นแรงโน้มถ่วง (F_g) และแรงเนื่องจากสปริง (F_s) จึงเป็นแรงอนุรักษ์



Problem 5.63

แรงแนวฉาก (Normal Force) เป็นแรงอนุรักษ์หรือไม่?

Answer : แรงแนวฉากไม่เป็นแรงอนุรักษ์

พลังงานศักย์และพลังงานกล (Potential Energy and Mechanical Energy)

กำหนดให้ W_C คือ งานเนื่องจากแรงอนุรักษ์

W_{NC} คือ งานเนื่องจากแรงไม่อนุรักษ์

U คือ พลังงานศักย์ (Potential Energy ; U [J, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$])

E คือ พลังงานกล (Mechanical Energy ; E [J, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$])

พิจารณา

$$\Sigma W = \Delta K$$

$$\Sigma W_C + \Sigma W_{NC} = \Delta K \quad ; \quad \Sigma W = \Sigma W_C + \Sigma W_{NC}$$

$$-\Delta U + \Sigma W_{NC} = \Delta K \quad ; \quad \Sigma W_C \equiv -\Delta U$$

$$\Sigma W_{NC} = \Delta K + \Delta U$$

$$\Sigma W_{NC} = \Delta(K + U)$$

$$\Sigma W_{NC} = \Delta E \quad ; \quad E = K + U$$

พิจารณางานเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

$$W_g = -mg\Delta y$$

$$-\Delta U_g = -mg\Delta y$$

$$\Delta U_g = mg\Delta y$$

$$U_{gf} - U_{gi} = mgy_f - mgy_i$$

$$\therefore U_g = mgy$$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

พิจารณาจากเนื่องจากแรงสปริง

$$W_s = -\frac{1}{2}k(x_f^2 - x_i^2)$$

$$-\Delta U_s = -\left(-\frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2\right)$$

$$\Delta U_s = \frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2$$

$$U_{sf} - U_{si} = \frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2$$

$$\therefore U_s = \frac{1}{2}kx^2$$



การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้มุมมองของพลังงานกล

นิยามพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ $K \equiv \frac{1}{2}mv^2$

นิยามพลังงานศักย์ $\Sigma W_C \equiv -\Delta U$

พลังงานศักย์แรงโน้มถ่วง $U_g = mgy$

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น $U_s = \frac{1}{2}kx^2$

การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้มุมมองของพลังงานกลได้จาก

$$\Sigma W_{NC} = \Delta E \quad ; \quad E = K + U$$

ΣW_{NC} คือ ผลรวมของงานเนื่องจากแรงไม่อนุรักษ์ทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ

E คือ พลังงานกลของวัตถุ (Mechanical Energy)

K คือ พลังงานจลน์ของวัตถุ (Kinetic Energy)

U คือ พลังงานศักย์ของวัตถุ (Potential Energy)

งานและพลังงาน (Work and Energy)

เมื่อพิจารณาระบบซึ่งมีผลรวมของงานเนื่องจากแรงไม่อนุรักษ์เป็นศูนย์
จะได้

$$\Sigma W_{NC} = \Delta E$$

$$0 = E_f - E_i$$

$$E_f = E_i$$

กฎการอนุรักษ์พลังงานกล (Law of Conservation of Mechanical Energy)

$$E_f = E_i \quad ; \quad \Sigma W_{NC} = 0$$

ข้อสังเกต

พลังงานศักย์ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ออกห่างจากพื้นโลกมากขึ้น วัตถุยังมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากขึ้น

วัตถุที่ถูกทำให้ยืดตัวออกหรือหดตัวลงจะมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์ยืดหยุ่นมีค่าเป็นบวกเท่านั้น และตำแหน่งอ้างอิงของวัตถุต้องอยู่ที่ตำแหน่งสมดุล

พลังงานศักย์มักเกี่ยวข้องกับวัตถุสองชิ้น พลังงานศักย์จึงเป็นของระบบซึ่งประกอบด้วยวัตถุสองก้อนขึ้นไป

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่อาจจะมีการทำงานในวัตถุเท่าเดิม หรือพลังงานของวัตถุอาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานชนิดอื่นและถ่ายโอนไปที่อื่น



Problem 5.64 (Problem 5.55)

วัตถุมวล 2.00 kg ถูกแรงขนาด 10.0 N ดึงในทางทิศ +x ทำให้วัตถุเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งไปบนพื้นแนวราบในทิศ +x เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง 10.0 m จงใช้สมการ $\Sigma W_{NC} = \Delta E$ เพื่อหาขนาดความเร็วของวัตถุดังกล่าว

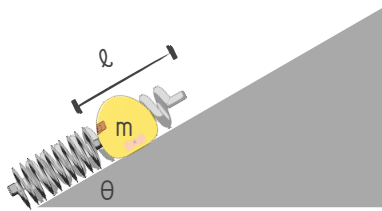
a) ในกรณีที่ $\mu_k = 0$?

b) ในกรณีที่ $\mu_k = 0.200$?

Answer : a) 10.0 m/s and b) 7.80 m/s

Problem 5.65 (Problem 5.56)

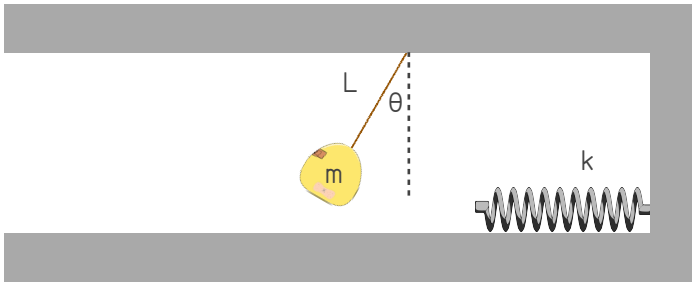
ดันวัตถุมวล m กดสปริงเข้าไปจากสมดุลเป็นระยะ ℓ ถ้าสปริงมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุได้ถูกสปริงดันให้เคลื่อนที่ขึ้นตามแนวพื้นเอียงซึ่งเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ ดังรูปด้านล่าง ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ μ จงใช้สมการ $\Sigma W_{NC} = \Delta E$ เพื่อหาว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปตามพื้นเอียงได้ไกลที่สุดเท่าใด?



$$\text{Answer : } \frac{k\ell^2}{2mg\sin\theta(1 + \mu\cot\theta)}$$

Problem 5.66 (Problem 5.57)

วัตถุมวล m ผูกกับเชือกเบาที่ยาว L เอียงทำมุม θ กับแนวดิ่ง ถ้าปล่อยวัตถุให้แกว่งลงมา ปรากฏว่าที่จุดต่ำสุดวัตถุได้หลุดจากเชือกพอดี และทำให้วัตถุไถลไปบนพื้นลื่นเข้าชนสปริงซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k ดังรูปด้านล่าง จงใช้สมการ $\Sigma W_{NC} = \Delta E$ เพื่อหาว่าวัตถุจะกดสปริงเข้าไปเป็นระยะมากที่สุดเท่าใด?



$$\text{Answer : } \sqrt{\frac{2mgL(1-\cos\theta)}{k}}$$

Problem 5.67

วัตถุมวล m ติดกับสปริงเบาในแนวดิ่ง ยาว ℓ โดยสปริงมีค่าคงที่ของสปริง เท่ากับ k ถ้าปล่อยวัตถุดังกล่าวจากหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งซึ่งสปริงไม่มีการยืดหรือหดตัว เมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด สปริงจะมีความยาวเท่าใด?

$$\text{Answer : } \ell + \frac{2mg}{k}$$

Problem 5.68

วัตถุมวล 60.0 g เคลื่อนที่ผ่านไม้หนา 200 mm ในแนวราบ ด้วยความเร็วขนาด 300 m/s และทะลุออกไปด้วยความเร็วขนาด 100 m/s จงหาแรงต้านเฉลี่ยของแผ่นไม้ที่กระทำกับวัตถุดังกล่าว?

Answer : 12.0 kN

Problem 5.69

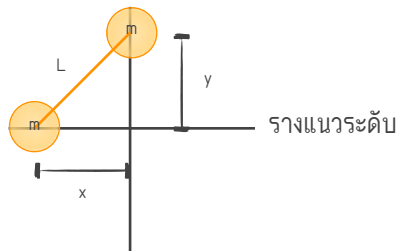
ปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกอย่างอิสระจากระดับความสูง h วัตถุจะมีพลังงานจลน์เท่ากับพลังงานศักย์เมื่อเคลื่อนที่มาเป็นเวลาเท่าใด?

Answer : $\sqrt{\frac{h}{g}}$

Problem 5.70

วัตถุมวล m สองชิ้นยึดติดกันด้วยแท่งวัตถุเบาๆ ยาว L ถ้าวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่อยู่บนรางลื่น โดยมีวัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่บนรางในแนวระดับ และวัตถุอีกชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่บนรางในแนวตั้ง ดังรูปด้านล่าง ถ้าเริ่มปล่อยวัตถุทั้งสองจากตำแหน่ง $x = y$ จงหาอัตราเร็วของวัตถุในรางแนวตั้งเมื่อเคลื่อนที่ผ่านรางแนวระดับพอดี?

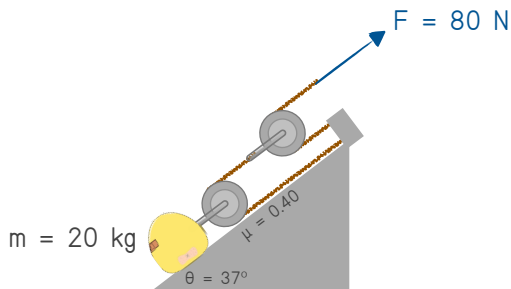
รางแนวดิ่ง



Answer : $\sqrt{\sqrt{2gL}}$

Problem 5.71

จากรูปด้านล่าง เมื่อรอกและเชือกเบามากๆ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งขึ้นไปตามพื้นเอียงเป็นระยะทาง 4.0 m วัตถุจะมีความเร็วขนาดเท่าใด?



Answer : 7.5 m/s

Problem 5.72

ปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกอย่างอิสระลงสู่สปริงเบาซึ่งวางตัวตามแนวดิ่ง โดยสปริงดังกล่าวมีค่าคงที่ของสปริง เท่ากับ k และวัตถุสูงจากปลายด้านบนของสปริงเป็นระยะ h จงหาอัตราเร็วของวัตถุ เมื่อสปริงถูกวัตถุกดเข้าไปเป็นระยะ x ?

$$\text{Answer : } \sqrt{\frac{2mg(h + x) - kx^2}{m}}$$

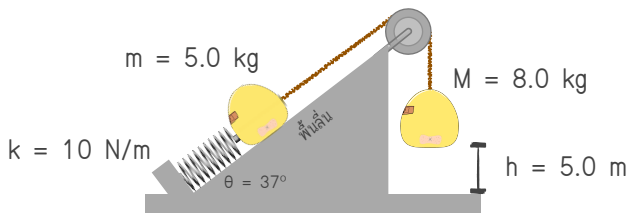
Problem 5.73

ปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกอย่างอิสระลงสู่สปริงเบาซึ่งวางตัวตามแนวดิ่ง โดยวัตถุสูงจากปลายด้านบนของสปริงเป็นระยะ h ปรากฏว่าสปริงถูกวัตถุกดเข้าไปเป็นระยะมากที่สุด เท่ากับ L จงหาค่าคงที่ของสปริงดังกล่าว?

$$\text{Answer : } \frac{2mg(h + L)}{L^2}$$

Problem 5.74

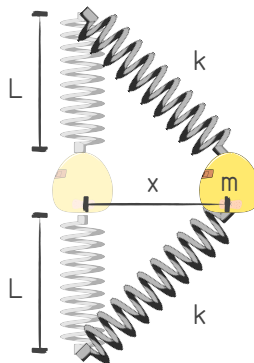
จากรูปด้านล่าง เมื่อรอก สปริง และเชือกเบามาก ถ้าเริ่มต้นวัตถุอยู่นิ่ง และสปริงอยู่ในสมดุล วัตถุมวล 8.00 kg จะตกถึงพื้นด้วยความเร็วขนาดเท่าใด?



Answer : 4.3 m/s

Problem 5.75

วัตถุมวล m ติดกับสปริงเบาที่ยาว L ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k ถ้าวัตถุเคลื่อนออกมาเป็นระยะ x ดังรูปด้านล่าง



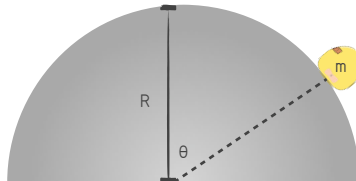
- วัตถุจะมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นสปริงเป็นเท่าใด?
- เมื่อปล่อยวัตถุจนสปริงหดกลับมายาว L ดังเดิม วัตถุจะมีอัตราเร็วเป็นเท่าใด?

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Answer : a) $kx^2 + 2kL(L - \sqrt{x^2 + L^2})$ and b) $\sqrt{\frac{2k}{m}}(\sqrt{x^2 + L^2} - L)$

Problem 5.76

วัตถุมวล m เดิมอยู่นิ่งที่จุดบนสุดของผิวครึ่งทรงกลมรัศมี R ถ้าผิวครึ่งทรงกลมลื่น และวัตถุเริ่มไถลลงมาตามผิวครึ่งทรงกลมดังกล่าว จงหาแรงปกติที่ผิวครึ่งทรงกลม กระทำกับวัตถุที่มุม θ ใดๆ และวัตถุจะหลุดจากผิวครึ่งทรงกลมที่มุม θ เท่าใด (กำหนดให้ผิวครึ่งทรงกลมอยู่นิ่งตลอดการเคลื่อนที่ของวัตถุ)?

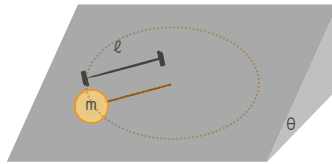


งานและพลังงาน (Work and Energy)

$$\text{Answer : } \cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) \approx 48^\circ$$

Problem 5.77

วัตถุมวล m ผูกติดกับพื้นเอียงด้วยเชือกยาว ℓ ถ้าพื้นดังกล่าวลื่นและเอียงทำมุม θ กับแนวนอน ดังรูปด้านล่าง วัตถุดังกล่าวจะต้องมีอัตราเร็วต่ำสุดเท่าใดจึงจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้พอดี?



Answer : $2\sqrt{g\ell\sin\theta}$

Problem 5.78

กบวัตถุมวล m ซึ่งวางอยู่บนสปริงในแนวดิ่ง โดยกดสปริงเข้าไปจากระยะสมดุลเป็นระยะ ℓ เมื่อปล่อยวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่งขึ้นไปสูงสุดเป็นระยะ h เทียบกับตำแหน่งสมดุลของสปริง แรงที่ใช้ในการกดสปริงดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : $\frac{2mg(h + \ell)}{\ell}$

Problem 5.79

เมื่อนำวัตถุแขวนกับสปริงเบาในแนวตั้ง ปรากฏว่าสปริงจะอยู่ในสมดุลเมื่อสปริงยืดออกมาเป็นระยะ ℓ ถ้านำสปริงดังกล่าววางในแนวตั้ง และปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระใส่สปริงดังกล่าว โดยเริ่มปล่อยจากตำแหน่งสมดุลของสปริง สปริงจะถูกกดให้ต่ำลงมากสุดเป็นระยะเท่าใด?

Answer : 2ℓ

Problem 5.80

เมื่อนำวัตถุแขวนกับสปริงเบาในแนวตั้ง ปรากฏว่าสปริงจะอยู่ในสมดุลเมื่อสปริงยืดออกมาเป็นระยะ ℓ ถ้าให้พลังงาน E กับมวลดังกล่าว ณ ตำแหน่งสมดุล จะทำให้วัตถุเคลื่อนด้วยการกระจัดเท่าใด ณ ตำแหน่งที่วัตถุเคลื่อนด้วยอัตราเร็วครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วสูงสุด?

งานและพลังงาน (Work and Energy)

$$\text{Answer : } \ell \left(1 + \sqrt{1 + \frac{3E}{2mg\ell}} \right)$$

Problem 5.81

วัตถุมวล 50 kg อยู่นิ่งบนรถซึ่งเคลื่อนที่ในแนวราบด้วยความเร็วขนาด 72 km/hr ถ้าวัดคันดังกล่าวเบรกระงับทันหันจนทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปหน้ารถด้วยความเร็วขนาด 1.0 m/s เทียบกับรถ โดยวัตถุไถลไปเป็นระยะ 2.0 m จึงหยุดนิ่ง งานเนื่องจากแรงเสียดทานที่กระทำกับวัตถุเป็นเท่าใด?

Answer : -25 J

Problem 5.82

ปล่อยวัตถุมวล m ให้ไถลจากขอบหลุมครึ่งทรงกลมรัศมี R ปรากฏว่าวัตถุดังกล่าวหยุดนิ่งที่ก้นหลุมพอดี แรงเสียดทานเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกับมวลดังกล่าวมีขนาดเท่าใด?

Answer : $\frac{2mg}{\pi}$

Problem 5.83

วัตถุมวล 2.0 kg แขนงกับสปริงเบาซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 240 N/m และมวล 4.0 kg แขนงกับสปริงเบาซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 240 N/m โดยสปริงอันหลังแขวนต่อลงมาจากมวล 2.0 kg เริ่มต้นมวล 2.0 kg และ 4.0 kg อยู่นิ่ง ถ้าสปริงอันล่างขาดมวล 2.0 kg จะสั้นด้วยการกระจัดสูงสุดเท่าใด (กำหนดให้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เท่ากับ 10 m/s^2)?

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Answer : 0.33 m



Problem 5.84

ถ้าวัตถุมวล m ติดกับสปริงเบามีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k วางตัวอยู่ในแนวราบ ถ้ากดวัตถุมวล m เข้าไปจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ ℓ และปล่อยให้สปริงผลักวัตถุตั้งกล่าวให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ โดยลัสมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นดังกล่าวเท่ากับ μ วัตถุตั้งกล่าวจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลสุดเท่าใด?

Answer : $2(\ell - \frac{\mu mg}{k})$

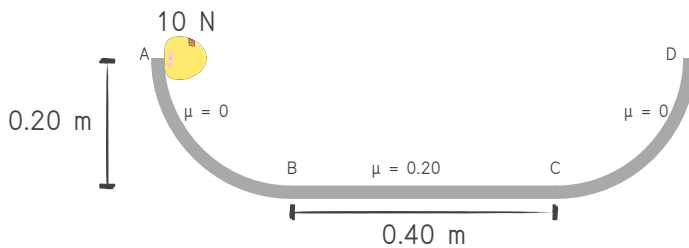
Problem 5.85

ถ้าวัตถุมวล m เท่ากันสองชิ้นยึดติดกันด้วยสปริงเบา ซึ่งมีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ k และวางตัวอยู่ในแนวตั้ง ถ้ากดมวลชิ้นบนลงมาจากสมดุลเป็นระยะ h แล้วปล่อยมวลชิ้นบนจะมีความเร็วขนาดเท่าใด เมื่อมวลชิ้นล่างเริ่มลอยขึ้นมาจากพื้น?

$$\text{Answer : } \sqrt{\frac{k^2 h^2 - 3m^2 g^2 - 2ghmk}{mk}}$$

Problem 5.86

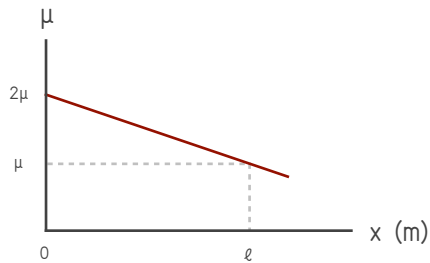
ปล่อยวัตถุหนัก 10 N เคลื่อนที่ไถลลงมาจากผิวโค้งส่วนหนึ่งของทรงกลม ดังรูปด้านล่าง วัตถุจะหยุดนิ่งห่างจากจุดที่เริ่มปล่อยเท่าใด?



Answer : 0.45 m

Problem 5.87

วัตถุมวล m ไกลไปบนพื้นราบด้วยอัตราเร็วต้น u ถ้าสัมประสิทธิ์ระหว่างพื้นกับวัตถุมีค่าไม่คงที่ ดังกราฟด้านล่าง ถ้าวัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ไม่เกินระยะ ℓ วัตถุดังกล่าวจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใด?

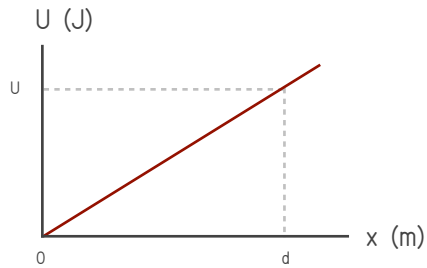


งานและพลังงาน (Work and Energy)

$$\text{Answer : } 2\ell\left(1 - \sqrt{1 - \frac{u^2}{4\mu g\ell}}\right)$$

Problem 5.88

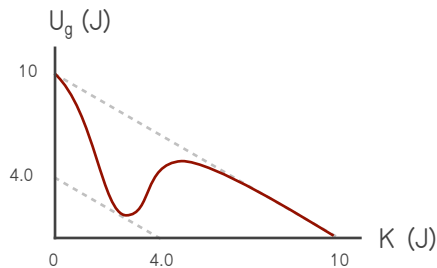
วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้นขนาด v ผ่านบริเวณซึ่งทำให้วัตถุมีพลังงานศักย์ขึ้นกับระยะทางในการเคลื่อนที่ (x) ดังกราฟด้านล่าง ถ้าพลังงานของวัตถุคงที่ วัตถุดังกล่าวจะหยุดนิ่งเมื่อเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใด?



Answer : $\frac{mdv^2}{2U}$

Problem 5.89

อนุภาคมวล m มีพลังงานคงที่ประกอบด้วย พลังงานจลน์ (K) พลังงานศักย์โน้มถ่วง (U_g) และพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง (U_s) โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ กับ พลังงานศักย์โน้มถ่วง ดังรูปด้านล่าง พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงสูงสุดและต่ำสุดของอนุภาคดังกล่าวต่างกันเท่าใด?



Answer : 6 J

Problem 5.90

วัตถุมวล 50 kg ไถลจากหยดหนึ่งลงตามพื้นเอียงซึ่งเอียงทำมุม 37° กับแนวนอน ถ้าพื้นเอียงดังกล่าวทำจากวัสดุต่างกันเป็นชั้นๆ โดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นในชั้นแรกที่วัตถุเคลื่อนตัวผ่าน เท่ากับ 0.10 และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นจะเพิ่มขึ้นทีละ 0.10 เมื่อตำแหน่งในแนวดิ่งของตำแหน่งวัตถุลดลง 3.0 m วัตถุดังกล่าวจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางไกลเท่าใด?

Answer : 70 m

Problem 5.91

เชือกยาว L มีความหนาแน่นเชิงเส้นคงที่ λ ถูกดึงให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งไปตามแนวราบด้วยแรงคงที่ P โดยพื้นราบมีสองส่วน คือ พื้นขรุขระมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับเชือก เท่ากับ μ และพื้นลื่นไร้แรงเสียดทาน เมื่อเริ่มต้นเชือกทั้งเส้นวางอยู่บนพื้นขรุขระ และปลายเชือกด้านที่ถูกแรง P กระทำอยู่ที่ขอบระหว่างพื้นขรุขระและพื้นลื่นพอดี จงหาอัตราเร็วของเชือก เมื่อเชือกเคลื่อนที่เข้ามาอยู่บนพื้นลื่นทั้งเส้นพอดี?

Answer : $\sqrt{\frac{2P}{\lambda} - \mu gL}$

Problem 5.92

ปล่อยวัตถุจากความสูง h ลงมาในแนวดิ่ง ในการกระทบพื้นแต่ละครั้งพลังงานของวัตถุจะลดลงครึ่งหนึ่ง วัตถุจะกระทบพื้นทั้งหมดกี่ครั้งเพื่อให้วัตถุกระเด็นขึ้นมาได้ระยะสูงสุด $\frac{h}{64}$?

Answer : 6

Problem 5.93

ปล่อยวัตถุจากความสูง h ลงมาในแนวดิ่ง ในการกระทบพื้นแต่ละครั้งวัตถุจะสูญเสียพลังงานไป 25% ถ้าปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่จนหยุดนิ่ง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ทั้งหมดเป็นเท่าใด?

Answer : $7h$

แผนภาพพลังงานและสมดุลของระบบ (Energy Diagrams and Equilibrium of a System)



แผนภาพพลังงานและสมดุลของระบบ

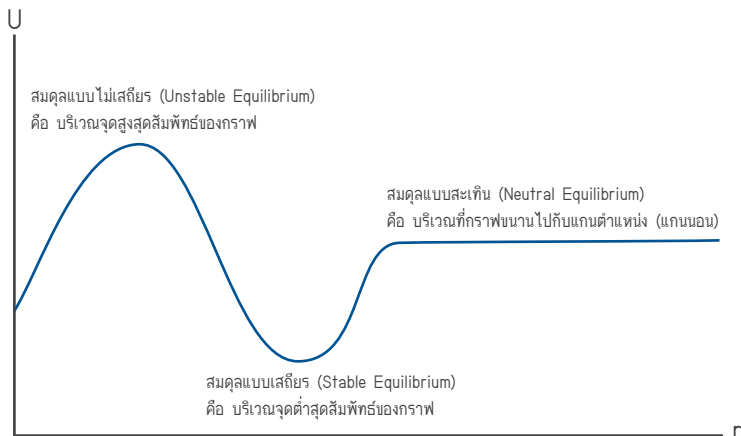
พิจารณาระบบซึ่งมีแต่แรงอนุรักษ์

$$W = W_C$$

$$\int \vec{F} \cdot d\vec{r} = -\Delta U$$

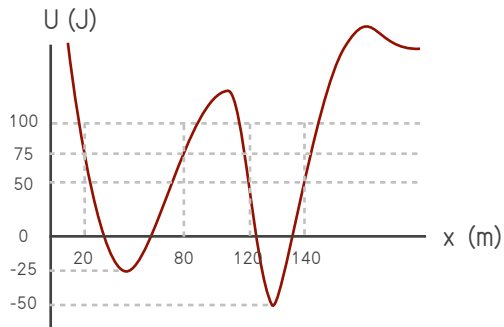
$$\vec{F} = -\frac{dU}{dr} \hat{r}$$

$\therefore$ แรง คือ ค่าลบของความชันของกราฟพลังงานศักย์กับตำแหน่งของวัตถุ
 ดังนั้น ตำแหน่งที่กราฟมีความชันเป็นศูนย์จึงเป็นตำแหน่งที่วัตถุมีแรงมากกระทำเป็นศูนย์
 นั่นคือ ตำแหน่งสมดุลของวัตถุ



Problem 5.94

อนุภาคเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของพลังงานศักย์ U ซึ่งขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ x ดังกราฟด้านล่าง ถ้าอนุภาคดังกล่าวมีพลังงานจลน์สูงสุด 100 J ขนาดการกระจัดสูงสุดของอนุภาคดังกล่าวเป็นเท่าใด?



Answer : 60 m

งานและพลังงาน (Work and Energy)

Problem 5.95 Challenge

จงหาแรงอนุรักษ์ซึ่งทำให้เกิดพลังงานศักย์ในรูป $U = \frac{k}{r}$ (Hint : $\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial r} \hat{r}$)?

$$\text{Answer : } \frac{k}{r^2} \hat{r}$$

Problem 5.96 Challenge

พลังงานศักย์เนื่องจากแรงบนระนาบ xy เป็นไปตามสมการ $U(x,y) = 3x^3y - 7x$ จงหาแรงดังกล่าวที่ตำแหน่ง x และ y ใดๆ?

$$\text{Answer : } (7 - 9x^2y)\hat{i} - 3x^3\hat{j}$$

Problem 5.97 Challenge

พลังงานศักย์เนื่องจากแรงบนระนาบ xyz เป็นไปตามสมการ $U(x,y,z) = x^2y^2z^2$ จงหาแรงดังกล่าวที่ตำแหน่ง x , y และ z ใดๆ?

$$\text{Answer : } -2xyz(yz\hat{i} + zx\hat{j} + xy\hat{k})$$

Problem 5.98 Challenge

พลังงานศักย์ของระบบที่เป็นกลางทางไฟฟ้าระหว่างอะตอมสองอะตอมสามารถอธิบายได้ด้วย Lennard-Jones Potential Energy Function

$$U(x) = 4(1.51 \times 10^{-22} \text{ J}) \left(\left(\frac{0.263 \times 10^{-9} \text{ m}}{x} \right)^{12} - \left(\frac{0.263 \times 10^{-9} \text{ m}}{x} \right)^6 \right)$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างระหว่างอะตอมทั้งสอง

จงหาระยะห่างระหว่างสองอะตอมนี้ที่ทำให้ระบบอยู่ในสมดุล?

Answer : 0.295 nm

เครื่องกลอย่างง่าย (Simple Machine)



เครื่องกลอย่างง่าย (Simple Machine)

เครื่องกลอย่างง่าย คือ อุปกรณ์หรือกลไกพื้นฐานที่ใช้เปลี่ยนทิศทางหรือขนาดของแรงเพื่อให้ทำงานได้สะดวกขึ้น โดยงานที่ทำกับเครื่องกลไม่เปลี่ยนแปลง

การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical Advantage ; MA)

$$MA = \frac{F_{out}}{F_{in}}$$

F_{out} คือ แรงที่ได้รับจากเครื่องกล

F_{in} คือ แรงที่กระทำให้กับเครื่องกล

ประสิทธิภาพเชิงกล (Mechanical Efficiency ; ME)

$$ME = \frac{W_{out}}{W_{in}}$$

W_{out} คือ งานที่ได้รับจากเครื่องกล

W_{in} คือ งานที่กระทำให้กับเครื่องกล

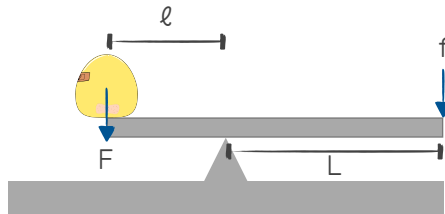
ข้อสังเกต

เครื่องกลจะช่วยผ่อนแรง แต่งานที่กระทำกับเครื่องกลยังเท่าเดิม
ในเวลาเท่ากัน เครื่องกลที่มีกำลังเฉื่อยมากกว่าจะทำงานได้มากกว่า



งานและพลังงาน (Work and Energy)

คาน (Beam)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

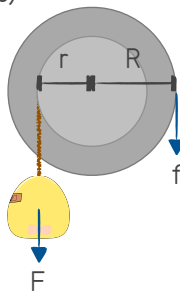
$$F\theta\ell = f\theta L$$

$$\frac{F}{f} = \frac{L}{\ell}$$

∴

$$MA = \frac{L}{\ell}$$

ล้อและเพลา (Wheel and axle)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

$$F\theta r = f\theta R$$

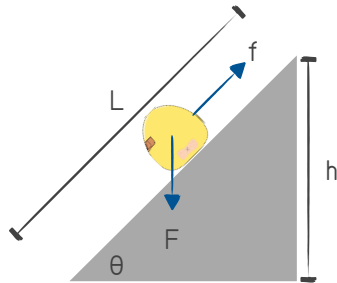
$$\frac{F}{f} = \frac{R}{r}$$

∴

$$MA = \frac{R}{r}$$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

พื้นเอียง (Inclined Plane)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

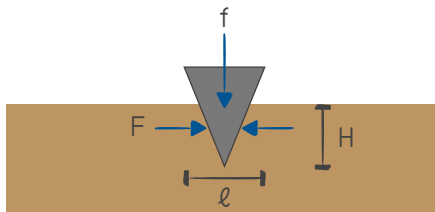
$$Fh = fL$$

$$\frac{F}{f} = \frac{L}{h}$$

∴

$$MA = \frac{L}{h}$$

ลิ้น (Wedge)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

$$F\ell = fH$$

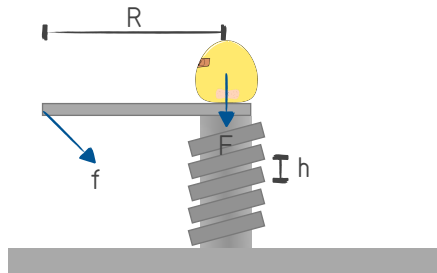
$$\frac{F}{f} = \frac{H}{\ell}$$

∴

$$MA = \frac{H}{\ell}$$

งานและพลังงาน (Work and Energy)

สกรู (Screw)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

$$Fh = f(2\pi R)$$

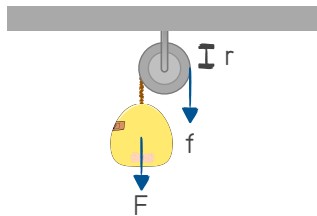
$$\frac{F}{f} = \frac{2\pi R}{h}$$

∴

$$MA = \frac{2\pi R}{h}$$

รอก (Pulley)

รอกเดี่ยวตายตัว (Fixed Pulley)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

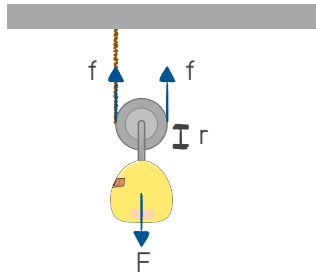
$$F\theta r = f\theta r$$

$$\frac{F}{f} = 1$$

∴

$$MA = 1$$

รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ (Movable Pulley)



จาก

$$W_{\text{out}} = W_{\text{in}}$$

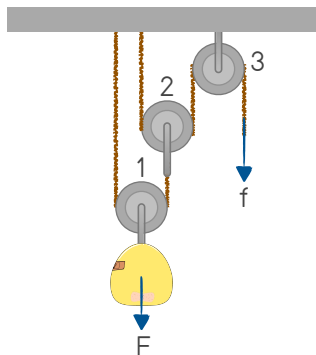
$$F\theta r = 2f\theta r$$

$$\frac{F}{f} = 2$$

∴

$$MA = 2$$

รอกพวง (Block Pulley) คือ ระบบรอกที่นำรอกหลายตัวมาต่อกัน ซึ่งหาการได้เปรียบเชิงกลจากการนำค่า MA ของรอกแต่ละตัวมาคูณกันทั้งหมด



∴

$$MA = (MA_1)(MA_2)(MA_3) = (2)(2)(1) = 4$$

Problem 5.99

ระบบรอกช่วยไถยกน้ำหนัก 50 N โดยใช้แรงเพียง 5.0 N และต้องใช้แรงดึงเป็นระยะ 10 cm เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นมาเป็นระยะ 1.0 cm จงหาการได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพของระบบรอกดังกล่าว?

Answer : $MA = 10$ and $ME = 1$

Problem 5.100

สกรูมีระยะระหว่างเกลียว (Pitch) เท่ากับ 0.50 cm ต้องใช้แรงคู่ควบ 10 N เพื่อยกน้ำหนัก 2,000 N ระยะห่างระหว่างแรงคู่ควบนั้นเป็นเท่าใด?

Answer : 16 cm

Problem 5.101

แม่แรงสกรูมีคานหมุนยาว 100 cm และมีระยะระหว่างเกลียว 5.0 cm ถ้าประสิทธิภาพของแม่แรงดังกล่าว เท่ากับ 30% จะใช้แม่แรงดังกล่าวยกน้ำหนักได้เท่าใด เมื่อออกแรง 500 N?

Answer : 15 kN

Problem 5.102

แม่แรงสกรูปลายคานมีรัศมี 25 cm และมีระยะระหว่างเกลียว 0.50 cm ถ้าประสิทธิภาพของแม่แรงดังกล่าว เท่ากับ 40% จะใช้แม่แรงดังกล่าวยกน้ำหนักได้เท่าใด เมื่อออกแรง 10 N?

Answer : 1.2 kN

Problem 5.103

บันไดเลื่อนเอียงทำมุม 45° กับแนวนอน สามารถเคลื่อนย้ายวัตถุมวล $2,000 \text{ kg}$ จากชั้นหนึ่งไปยังชั้นสองภายในเวลา 50.0 s ถ้าระยะระหว่างชั้น เท่ากับ 6.00 m มอเตอร์ที่ใช้กับบันไดเลื่อนดังกล่าวใช้ไฟฟ้า 3.00 kW ประสิทธิภาพของบันไดเลื่อนดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 0.784 or 78.4%

Problem 5.104

ลิฟต์บรรทุกน้ำหนักรวม $1,000 \text{ N}$ เคลื่อนที่ขึ้นเป็นระยะ 10.0 m ภายในเวลา 40.0 s และเครื่องจักรที่ของลิฟต์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพ 75.0% กำลังไฟฟ้าที่ให้กับเครื่องจักรดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 333 W

Problem 5.105

บันไดเลื่อนสามารถเคลื่อนย้ายคนได้ 40 คน/นาที จากชั้นล่างขึ้นไปยังชั้นสอง ซึ่งมีระดับความสูง 10 m ถ้ามวลเฉลี่ยของคนบนบันไดเลื่อนเท่ากับ 60 kg และมอเตอร์ที่ใช้กับบันไดเลื่อนดังกล่าวใช้ไฟฟ้า 8.0 kW ประสิทธิภาพของบันไดเลื่อนดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 0.49 or 49%

Problem 5.106

รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 90 km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงในอัตรา 6.0 L/hr ถ้าเชื้อเพลิง 1.0 L ให้พลังงาน 30 MJ และเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพ 30% กำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 15 kW

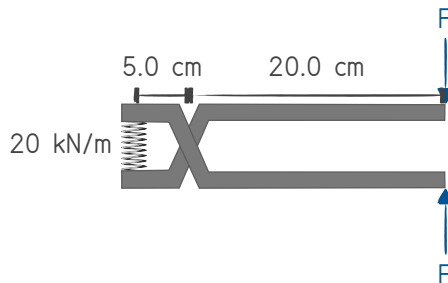
Problem 5.107

เครื่องกล A มีประสิทธิภาพ 80% และเครื่องกล B มีประสิทธิภาพ 60% ถ้านำเครื่องกลทั้งสองเครื่องมาทำงานต่อกัน ประสิทธิภาพของระบบเครื่องกลดังกล่าวเป็นเท่าใด?

Answer : 0.48 or 48%

Problem 5.108

ออกแรง F บีบคีม ดังรูปด้านล่าง จากตำแหน่งสมดุลจนกระทั่งแรง F ขนาดเท่ากับ 10 N ถ้าค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 20 kN/m งานที่ใช้ในการกดคีมเป็นเท่าใด?



งานและพลังงาน (Work and Energy)

Answer : 40 mJ



งานและพลังงาน (Work and Energy)

