

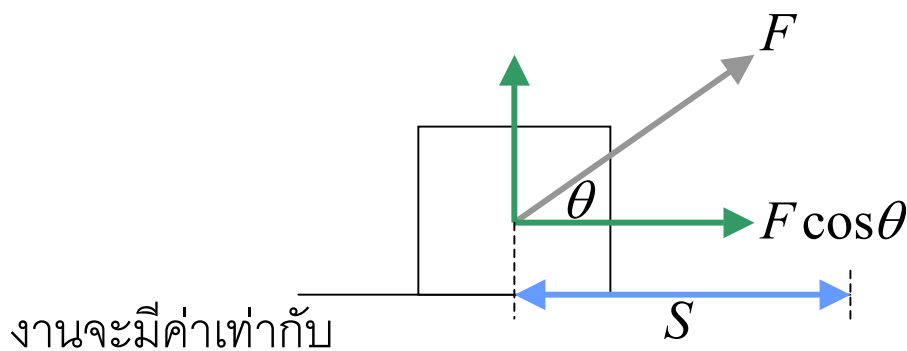
บทที่ 6 งานและพลังงาน

งานในความหมายทางฟิสิกส์ เกี่ยวข้องกับงานเชิงกล เช่นออกแรงกระทำต่อวัตถุ ส่งผลให้วัตถุย้ายตำแหน่ง เรียกว่า ทำงาน

พลังงานเป็นความสามารถที่จะทำงาน วัตถุที่มีพลังงานสามารถทำงานได้ พลังงานเป็นปริมาณอนุรักษ์ พลังงานอยู่ได้หลายรูป เช่น พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานเคมี พลังงานนิวเคลียร์ อื่น ๆ พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปได้ ไม่สามารถสร้างใหม่หรือทำลายให้หายไปได้

1. งานเนื่องจากแรงค่าคงตัว

งานหมายถึงผลของการออกแรงกระทำ กำหนดให้มีค่าเท่ากับ **แรง** คูณกับ**การกระจัด** ตามแนวแรง เช่น มีแรง F กระทำต่อวัตถุโดยทำมุม θ กับแนวระดับ แล้ววัตถุมีการเคลื่อนที่ตามแนวระดับ ได้ระยะทาง S ดังรูป



$$W = (F \cos \theta)S$$

$$W = FS \cos \theta$$

งานเป็นปริมาณสเกลาร์ เขียนเป็นแบบเวกเตอร์ได้ เป็นผลคูณสเกลาร์

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

มีหน่วยเป็น จูล (Joule)

จาก $W = FS \cos \theta$ พิจารณา มุมระหว่างแรงกับระยะกระจัด จะได้งานดังนี้

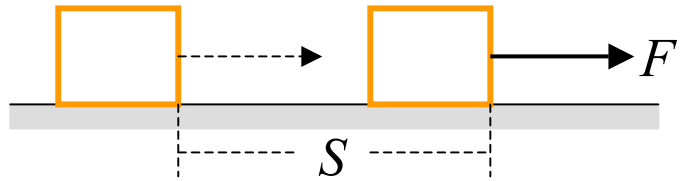
$$\theta = 0^\circ ; W = FS \cos 0^\circ = FS$$

ถ้ามุม $\theta = 90^\circ ; W = FS \cos 90^\circ = 0$

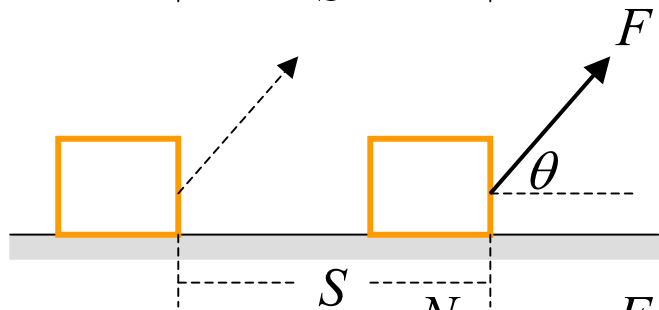
$$\theta = 180^\circ ; W = FS \cos 180^\circ = -FS$$

ผลของงานที่มีค่าติดลบนี้ เป็นเพราะแรงกับการเคลื่อนที่ไปคนละทางหรือ เป็นงานจากแรงต้านนั่นเอง

$$W = FS$$

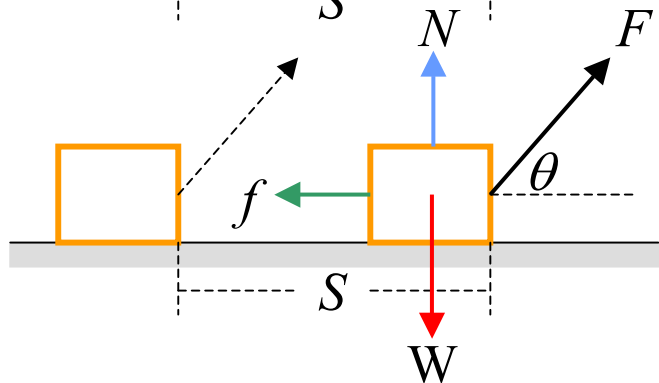


$$W = FS \cos \theta$$



$$W = (\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}) \cdot \vec{S}$$

$$W = (F \cos \theta - f)S$$



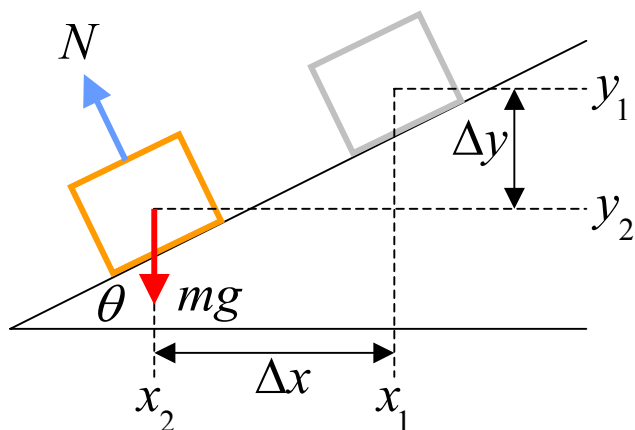
$$\vec{F} = N + m\vec{g}$$

$$m\vec{g} = -mg \hat{j}$$

$$\vec{S} = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_1 - y_2)\hat{j}$$

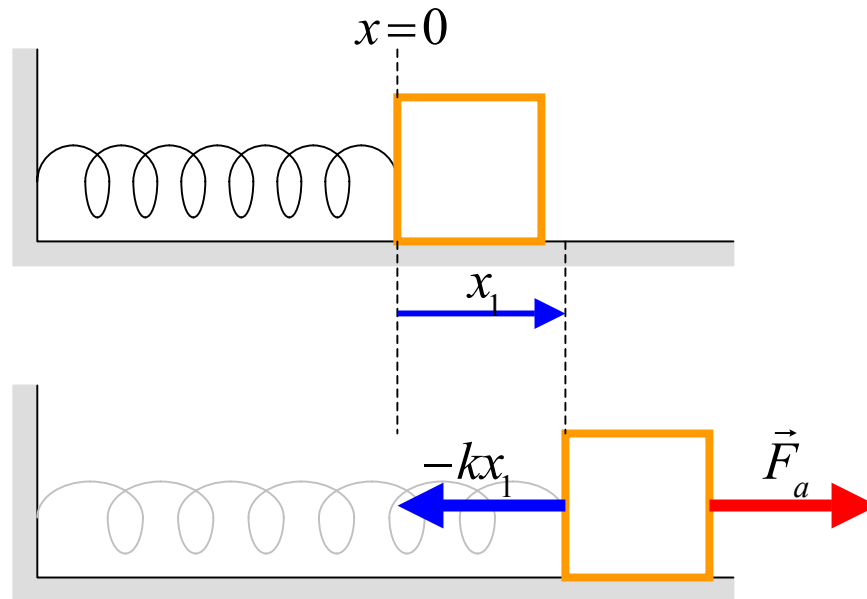
$$\vec{S} = \Delta x \hat{i} + \Delta y \hat{j}$$

$$W_g = \vec{F} \cdot \vec{S} = -mg\Delta y$$



2. งานเนื่องจากแรงแปรค่าได้

พิจารณาวัตถุมวล m ที่ติดอยู่กับปลายสปริงซึ่งมีค่าคงตัว k สปริงวางอยู่บนพื้นลื่น มีปลายหนึ่งตรึงอยู่กับผนัง ถ้าใช้แรง \vec{F}_a ดึงวัตถุทำให้สปริงยืดออกได้การกระจัด x จะเกิดแรงคืนตัวของสปริง(restoring force)เท่ากับ $-\vec{F}_a$



ความสัมพันธ์ ระหว่างแรงจากสปริงและระยะยืดหรือระยะหดของสปริง เป็นไปตามกฎของฮุก (Hooke's law) ซึ่งกล่าวว่าแรงคืนตัวของสปริงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการกระจัด หรือเขียนในรูปสัญลักษณ์เป็น

$$F = -kx$$

โดยที่ค่า k เรียกว่าค่าคงตัวของสปริง มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร ถ้าแรงจากสปริงทำให้เกิดการกระจัดเป็นระยะน้อย ๆ Δx งานซึ่งเกิดจากสปริงมีค่า

$$\Delta W = F \Delta x = -kx \Delta x$$

พิจารณาเมื่อการกระจัดค่าน้อย dx ทำให้เกิดงานค่า dW จะเขียนสมการได้

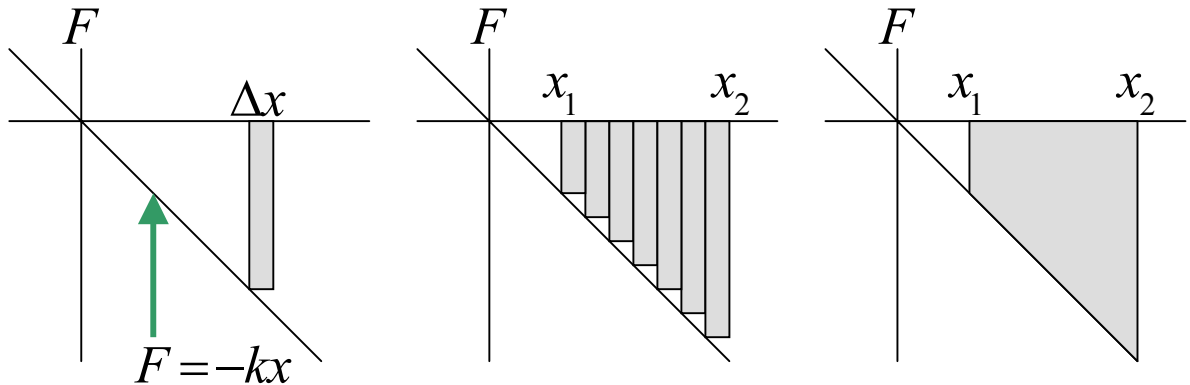
$$dW = F dx = -kx dx$$

อินทิเกรตสมการได้ว่า

$$\int_{W_1}^{W_2} dW = \int_{x_1}^{x_2} F dx = -k \int_{x_1}^{x_2} x dx$$

$$W = W_2 - W_1 = -\left(\frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2\right)$$

ค่างานเนื่องจากสปริงตามสมการ สามารถพิจารณาโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงแและการกระจัด



จะได้ค่าของงาน

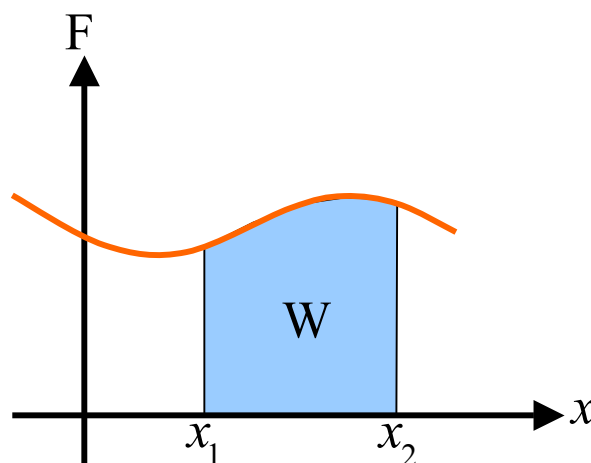
$$W = -\left(\frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2\right)$$

สำหรับแรงแปรค่าได้ ในหนึ่งมิติในกรณีทั่วไป จะได้งานน้อยยิ่ง

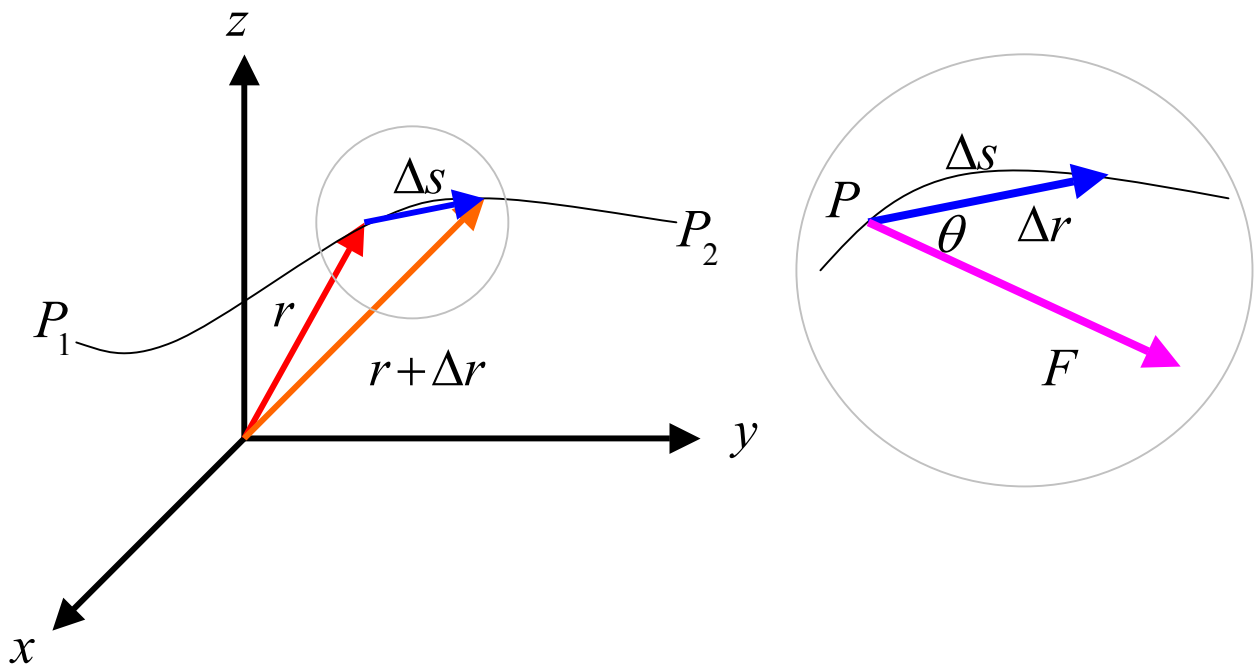
$$dW = F dx$$

$$W_2 - W_1 = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$

งานเท่ากับพื้นที่ที่กราฟความสัมพันธ์ ระหว่างแรงแและการกระจัด



3. งานเนื่องจากแรงสามมิติ



การเคลื่อนที่ของอนุภาคในสามมิติ งานเนื่องจากแรง \vec{F} กระทำให้ออนุภาคมีการกระจัด $\Delta\vec{r}$ นิยามโดย

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

ถ้าแรง \vec{F} ทำมุม θ กับการกระจัด $d\vec{r}$ ในขณะที่ลิมิตของเวลาเข้าใกล้ศูนย์ จะทำให้ $dr \sim ds$

$$dW = F \cos\theta ds$$

งานทั้งหมดเกิดจากแรงกระทำ คือ

$$W = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{s_1}^{s_2} F \cos\theta ds$$

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int (m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}) \cdot d\vec{r}$$

4. งานและพลังงานจลน์

ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

ถ้า F_T เป็นส่วนประกอบของแรง \vec{F} ในทิศเดียวกับความเร็ว \vec{v} จะได้

$$F_T = m \frac{dv}{dt}$$

งานในช่วงเวลาสั้นๆ

$$dW = F_T dr = m \frac{dv}{dt} dr = mv dv$$

งานทั้งหมดเมื่อวัตถุเคลื่อนที่จากจุด A ไปสู่จุด B คือ

$$dW = \int_{s(A)}^{s(B)} F_T ds = \int_{v_A}^{v_B} mv dv$$

$$W = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

ผลคูณระหว่าง $\frac{1}{2}$ ของมวลของวัตถุกับความเร็วกำลังสองนี้เรียกว่า พลังงานจลน์ (kinetic energy , K) ของวัตถุ

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

งานสุทธิ เท่ากับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

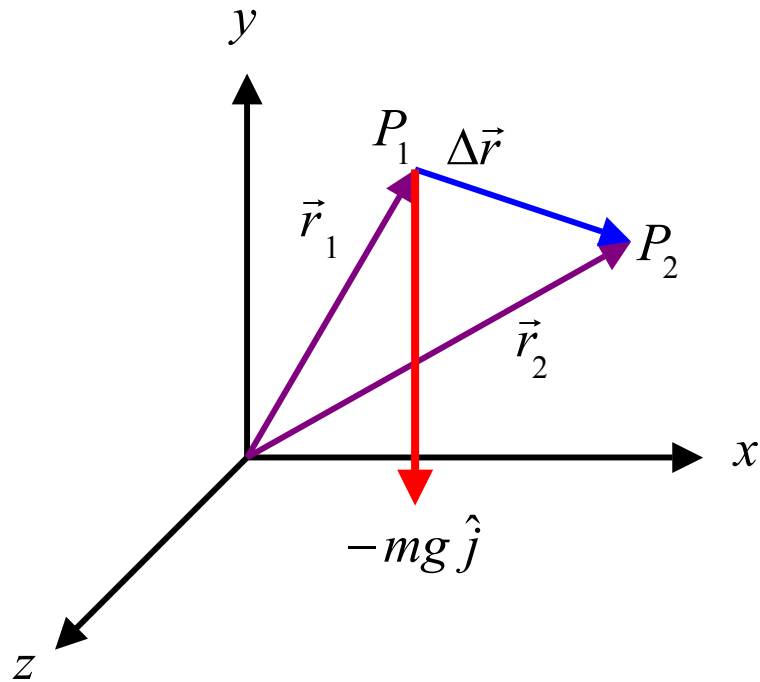
$$\Sigma W = K_B - K_A = \Delta K$$

เรียกข้อนี้ว่า **ทฤษฎีบทงาน-พลังงาน (Work-energy theorem)**

ถ้างานสุทธิเป็นศูนย์ แสดงว่า เคลื่อนที่ด้วยขนาดความเร็วคงที่

5. พลังงานศักย์โน้มถ่วง

พิจารณาวัตถุมวล m เคลื่อนที่จากจุด $P_1(x_1, y_1)$ ไปยังจุด $P_2(x_2, y_2)$
เวกเตอร์ตำแหน่งของจุดทั้งสองและพิกัดสัมพัทธ์คือ



$$\vec{r}_1 = x_1 \hat{i} + y_1 \hat{j} + z_1 \hat{k}$$

$$\vec{r}_2 = x_2 \hat{i} + y_2 \hat{j} + z_2 \hat{k}$$

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1) \hat{i} + (y_2 - y_1) \hat{j} + (z_2 - z_1) \hat{k}$$

แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อมวล m คือ $-mg \hat{j}$ มีค่าคงตัว จะได้งานของแรงโน้มถ่วงเป็น

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

$$W_g = -mg(y_2 - y_1)$$

ความสูงเพิ่มขึ้น งานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงจะเป็นลบ

แรงโน้มถ่วงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ลง ถ้ามีแรงภายนอกกระทำทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้น แรงนี้จะมีทิศสวนกับทิศของแรงโน้มถ่วง

งานที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วง เรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง (gravitational potential energy) เทียบกับตำแหน่ง พลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่า

$$U = mg(y - y_0)$$

เนื่องจาก $W_g = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$

$$W_g = -mg(y_2 - y_1)$$

ดังนั้นจะได้ว่า $W_g = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$

ถ้าให้ W' แทนงานที่ทำโดยแรงอื่น ๆ นอกเหนือไปจากแรงโน้มถ่วงตาม ทฤษฎีบทงาน-พลังงาน $\Sigma W = K_B - K_A = \Delta K$

จะได้ว่า $W' + W_g = K_2 - K_1$

$$W' - (mgy_2 - mgy_1) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$W' = (\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2) + (mgy_2 - mgy_1)$$

$$W' = (\frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2) - (\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1)$$

ผลบวกของพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์เรียกว่า พลังงานกลรวม (total mechanical energy) , E

$$W' = E_2 - E_1$$

งานของแรงทั้งหมดนอกเหนือไปจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับการเปลี่ยนแปลง พลังงานกลรวมของวัตถุ ถ้า $W' = 0$ จะได้ว่า

$$(\frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2) = (\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1)$$

พลังงานกลของวัตถุจะคงตัว คือหลักการอนุรักษ์พลังงานกล (principle of conservation of energy)

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วงไม่คงตัว เช่น จรวดเคลื่อนที่สูงขึ้นไป จากผิวโลกมาก ๆ กรณีนี้ \vec{g} มีค่าไม่คงตัว ทำให้แรงโน้มถ่วงและพลังงานศักย์โน้มถ่วงไม่คงตัวไปด้วย

แรงโน้มถ่วง \vec{F}_g ที่โลกซึ่งมีมวล M กระทำต่อวัตถุมวล m อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางโลก r

$$F_g = G \frac{mM}{r^2}$$

งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเมื่อวัตถุเคลื่อนที่สูงขึ้นจาก r_1 ไป r_2 คือ

$$W_g = -GmM \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2}$$

$$W_g = \frac{GmM}{r_2} - \frac{GmM}{r_1}$$

ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่เป็นแรงโน้มถ่วงเท่านั้น จากทฤษฎีบทงาน-พลังงาน งานเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ จะได้ว่า

$$\frac{GmM}{r_2} - \frac{GmM}{r_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

เมื่อ v_1 และ v_2 เป็นความเร็วของวัตถุที่ตำแหน่ง r_1 และ r_2 ตามลำดับ

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{GmM}{r_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{GmM}{r_2}$$

ปริมาณ $-\frac{GmM}{r}$ คือ พลังงานศักย์ของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่โลก

กระทำต่อวัตถุ เรียกว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง $U_g = -\frac{GmM}{r}$

ถ้าให้ E แทนพลังงานกลรวมของวัตถุ จะได้

$$E = K + U_g = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM}{r}$$

จะเห็นได้ว่า พลังงานศักย์ขึ้นกับตำแหน่ง เป็นพลังงานสัมพัทธ์กับตำแหน่ง

6. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

เมื่อสปริงยืดจากจุดสมดุลเป็นระยะ x งานเนื่องจากแรงคืนตัวของสปริงกระทำคือ

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

งานเนื่องจากแรงภายนอกกระทำต่อสปริงเรียกว่า พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง เท่ากับ

$$U = \int_0^x F_a dx = \frac{1}{2}kx^2$$

ถ้าสปริงยืดออกจากระยะ x_1 ถึง x_2 งานของแรงคืนตัวของสปริงคือ

$$W_{el} = \left(-\frac{1}{2}kx_2^2\right) - \left(-\frac{1}{2}kx_1^2\right)$$

$$W_{el} = (-U_2) - (-U_1) = \Delta U$$

ให้ W' เป็นงานของแรง F_a ที่กระทำต่อสปริง

จากทฤษฎีบทงาน-พลังงาน งานเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

$$W' + W_{el} = \Delta K$$

$$W' = \Delta K - W_{el} = \Delta K + \Delta U$$

$$W' = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}kx_2^2\right) - \left(\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}kx_1^2\right)$$

ถ้า W' เป็นศูนย์ พลังงานกลจะคงตัว นั่นคือ

$$\left(\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}kx_1^2\right) = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}kx_2^2\right)$$

7. แรงอนุรักษ์

แรงอนุรักษ์ (conservative force) คือ แรงที่มีสมบัติดังนี้

1. ทำให้เกิดงานไม่ขึ้นกับวิถีทาง แต่ขึ้นกับตำแหน่งเริ่มต้นกับตำแหน่งสุดท้ายเท่านั้น งานของแรงอนุรักษ์เมื่อกระทำต่อวัตถุจนเคลื่อนที่ครบรอบจึงเป็นศูนย์

$$\oint \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0$$

2. งานเท่ากับผลต่างของพลังงานศักย์ ที่ตำแหน่งเริ่มต้นกับตำแหน่งสุดท้าย

3. พลังงานกลที่ตำแหน่งต่าง ๆ คงตัว

แรงที่ไม่มีสมบัติดังที่กล่าวมา เรียกว่า แรงไม่อนุรักษ์

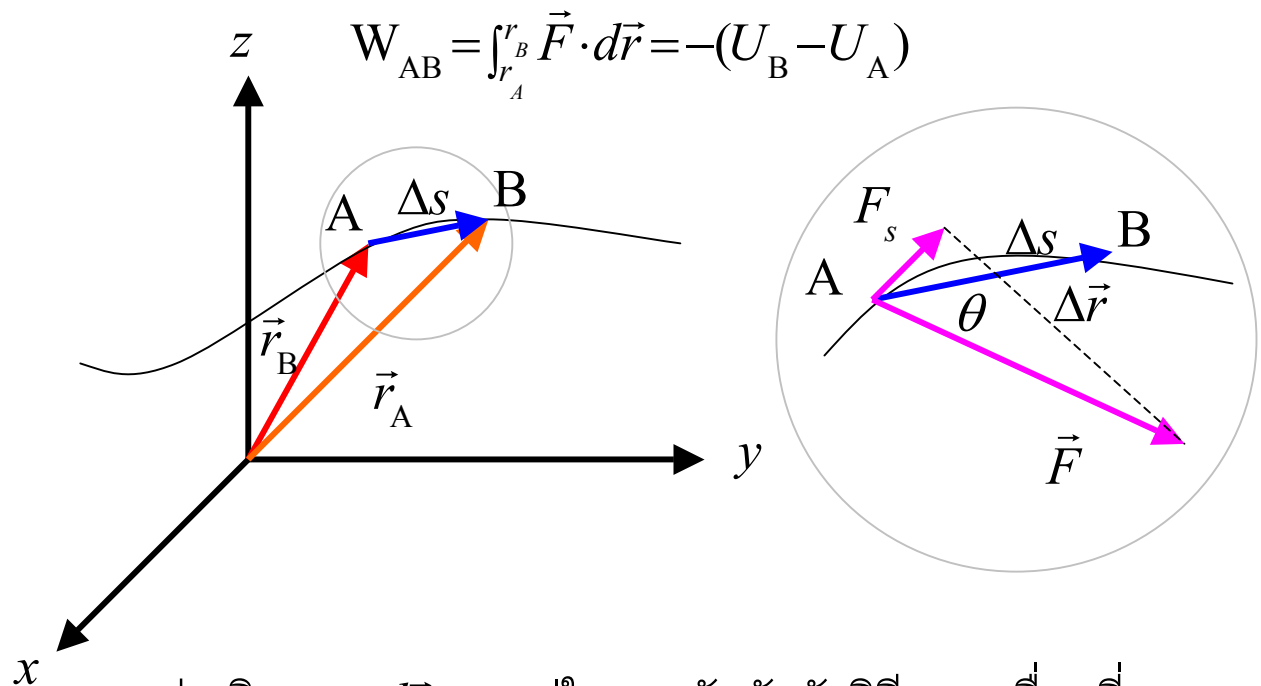
เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปสู่จุดหนึ่ง ภายใต้สนามโน้มถ่วงโดยได้รับแรงกระทำเป็นแรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว งานที่วัตถุทำขึ้นกับพลังงานศักย์ที่ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย ของการเคลื่อนที่ ไม่ขึ้นกับวิถีทางเคลื่อนที่ของวัตถุ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่สูงขึ้น พลังงานจลน์ลดลงแต่พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ต่ำลงมา พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น แต่พลังงานศักย์ลดลง ดังนั้นเป็นการ **เปลี่ยนกลับไปกลับมาระหว่างพลังงานจลน์และพลังงานศักย์** แรงโน้มถ่วงทำให้พลังงานกลของวัตถุคงที่ จึงเรียกรวมกันว่า **แรงอนุรักษ์**

แรงสปริงพิจารณาเฉพาะจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายดังนั้นเป็นแรงอนุรักษ์

แรงเสียดทาน ก่อเกิดงานที่เป็นลบ สวนทางกับการเคลื่อนที่ เมื่อเกิดการเคลื่อนที่ครบรอบ งานของแรงเสียดทานไม่เป็นศูนย์ ดังนั้น **แรงเสียดทานเป็นแรงไม่อนุรักษ์**

8. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอนุรักษ์กับพลังงานศักย์

ถ้า \vec{F} เป็นแรงอนุรักษ์ทำให้อัตถุเคลื่อนที่จากจุด A ไปยัง B ได้งาน



ตามรูป ทิศของ $d\vec{r}$ จะอยู่ในแนวสัมผัสกับวิถีการเคลื่อนที่ ขนาดของ $d\vec{r}$ เท่ากับ ds ถ้า F_s เป็นส่วนประกอบของ \vec{F} ในทิศเดียวกับการกระจัด $d\vec{r}$ จะได้

$$\vec{F} \cdot d\vec{r} = F_s ds = -dU$$

$$F_s = -\frac{dU}{ds}$$

แสดงว่าส่วนประกอบของแรงอนุรักษ์ในทิศใด ๆ หาได้จากค่าลบของอนุพันธ์ของพลังงานศักย์เทียบกับตำแหน่งในทิศนั้น และสามารถเขียนสม

การในรูปของพิกัดฉากสามมิติเป็น
$$\vec{F} = -\left[\frac{\partial U}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \hat{k} \right]$$

สามารถเขียนในรูปตัวดำเนินการเดล
$$\vec{F} = -\vec{\nabla} U$$

ถ้า พลังงานศักย์ $U(r)$ เป็นฟังก์ชันของรัศมี แรงจะอยู่ในทิศของรัศมี

ดังสมการ
$$F = -\frac{dU}{dr}$$

9. กำลัง (Power)

กำลัง คือ อัตราการทำงาน หรืองานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

ได้กำลังเฉลี่ย

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

กำลังขณะใดขณะหนึ่ง

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

หน่วยของกำลัง คือ จูลต่อวินาที (J/s) เรียกเป็นหน่วยใหม่ว่า วัตต์ (W) ในการบอกหน่วยของกำลังที่มาก มักนิยมใช้หน่วยกิโลวัตต์ (kW)

หน่วยของงาน อาจบอกเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง

งาน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เท่ากับงาน 3.6×10^6 Joule

หน่วยของกำลัง ที่ไม่ใช่หน่วยเอสไอหน่วยหนึ่ง คือ กำลังม้า ค่าของหนึ่งกำลังม้าเท่ากับ 764 วัตต์

ตามสมการ ค่าของงาน $\Delta W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$ สามารถเขียนค่าของกำลังตามสมการได้ในรูป

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{F} \cdot \Delta \vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{F} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คดีปริศนา
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	

