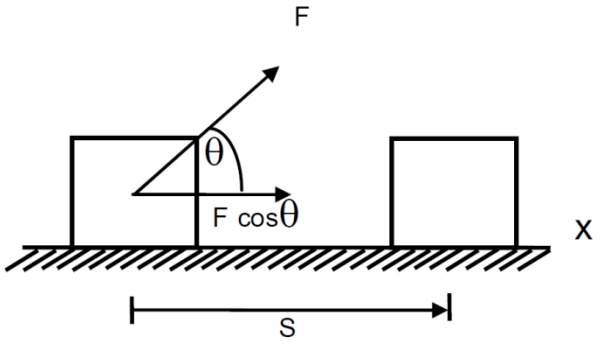
บทที่ 4
งานและพลังงาน

ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน เมื่อผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่เท่ากับศูนย์ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ หรือในทางฟิสิกส์เรียกว่าเกิดงาน และเมื่อมองในทางกลับกันในกระบวนการเกิดงานจะมีพลังงานเพื่อทำให้เกิดงาน เกิดขึ้นเสมอ ในบทนี้จะศึกษา รูปแบบของงาน ที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำ และพลังงานที่สัมพันธ์กับงาน

งานเนื่องจากแรงคงที่

งาน คือผลของแรงที่กระทำบนวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง

งานเนื่องจากแรงคงที่ คือ แรงคงตัวที่กระทำบนวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง



รูปที่ 4.1 แรงกระทำบนวัตถุแล้วทำให้เกิดงาน

$$W = F \times S$$

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

งานเป็นปริมาณ สเกลาร์นั้นคือไม่ต้องคำนึงถึงทิศทาง แต่งานก็มีเครื่องหมายเป็นบวกและลบได้ นั้นคือ

งานเป็นบวก(+) หมายความว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุอยู่ในทิศเดียวกับระยะการเคลื่อนที่

งานเป็นลบ (-) หมายความว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศตรงกันข้ามกับระยะการเคลื่อนที่

งานเป็นศูนย์ หมายความว่า แรงกับระยะเคลื่อนที่ทำมุมฉากกันกัน

ตัวอย่างที่ 4.1 จงหางานเนื่องจากแรง 12 นิวตัน ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงได้ระยะทาง 7 เมตร โดยแรงกระทำในทิศ

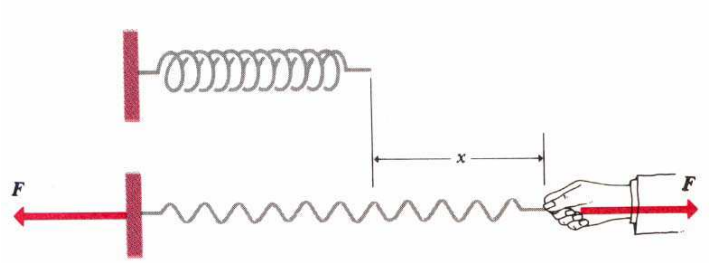
ก. 0 องศา ข. 60 องศา ค. 90 องศา กับระยะทาง

ตัวอย่างที่ 4.2 วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ในระนาบ xy ด้วยการกระจัด $s = 2i + 3j$ เมตร โดยมีแรงกระทำ $F = 5i + 2j$ นิวตัน จงหา

1. ปริมาณการกระจัด ขนาดของแรงและมุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง
2. งานที่กระทำโดยแรง F

งานเนื่องจากแรงไม่คงที่

ในบางกรณีวัตถุถูกกระทำด้วยแรงขนาดไม่คงที่ เช่น ออกแรงดึงสปริงให้ยืดออก



รูปที่ 4.2 แรงกระทำบนสปริงแล้วทำให้สปริงยืดออก (เกิดงาน)

แรงที่ใช้ดึงสปริงให้สปิงยืดออก (F) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ระยะยืด (x) ดังสมการ

$$F = kx$$

โดยที่ k คือค่านิจสปริง

งานที่เกิดขึ้น จะมีค่าเท่ากับ

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

ตัวอย่างที่ 4.3 หญิงคนหนึ่งหนัก 600 N ยืนบนเครื่องชั่ง ปรากฏว่าสปริงของเครื่องชั่งถูกกดลงไปเป็นระยะ 1 ซม. จงหาค่านิจของสปริงและงาน

พลังงาน

ในหัวข้อนี้จะศึกษาพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ เช่น การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของความเร็วและความเร่ง ซึ่งกฎการคงตัวของพลังงานใช้ได้เป็นอย่างดี ยกเว้นถ้ามีแรงเสียดทานในระบบเท่านั้นที่จะทำให้มีการสูญเสียพลังงานออกนอกระบบไป

พลังงานจลน์ เป็นพลังงานที่สะสมในวัตถุ ขณะวัตถุมีความเร็ว หรือหาได้จาก ผลคูณระหว่างครึ่งหนึ่งของมวลกับกำลังสองของอัตราเร็วของวัตถุ

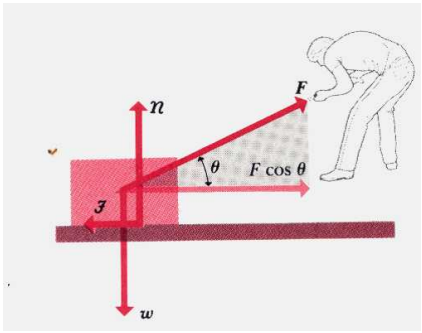
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ผลต่างของพลังงานจลน์มีค่าเท่ากับ

$$W = \Delta E_k = E_{k1} - E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

ตามสมการข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า งานของแรงคงตัวซึ่งกระทำต่อวัตถุทำให้เกิดการเคลื่อนที่จะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงจลน์ของวัตถุนั้น

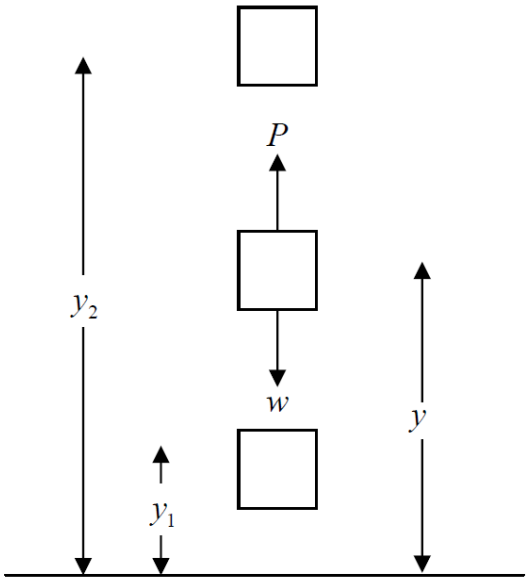
ตัวอย่างที่ 4.4 ลากกล่องบนพื้นฟิดระดับด้วยแรง F ทำให้เกิดงานทั้งหมดที่กระทำบนกล่องเท่ากับ 500 จูล ถ้ากล่องมีความเร็วต้น v_1 เท่ากับ 4 m/s ให้กล่องมีมวล 10 kg จงหาความเร็วสุดท้ายของกล่อง



ตัวอย่างที่ 4.5 แท่งวัตถุหนึ่งหนัก 3.63 kg เลื่อนไถลไปบนพื้นเรียบด้วยอัตราเร็ว 1.22 m/s ภายหลังชนกับสปริงซึ่งขวางทางอยู่จึงหยุดนิ่ง จงหาระยะการอัดของสปริงซึ่งมีค่าคงตัวของสปริง เท่ากับ 3.67 N/m

พลังงานศักย์โน้มถ่วง

พลังงานงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้อง ตำแหน่ง (Position) ของวัตถุ



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนตำแหน่งของกล่องทำให้เกิดพลังงานศักย์

งานที่ทำโดยน้ำหนัก W ระหว่างที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง จาก y_1 ไป y_2 หาได้จาก

$$W_{\text{โน้มถ่วง}} = Fs$$

$$W_{\text{โน้มถ่วง}} = -w(y_2 - y_1)$$

$$W_{\text{โน้มถ่วง}} = -(mgy_2 - mgy_1)$$

ถ้า y_1- y_2 คือระยะที่เคลื่อนที่ได้ซึ่งแทนด้วย y จะได้

$$W_{\text{โน้มถ่วง}} = -mgy$$

ตัวอย่างที่ 4.7 ชายคนหนึ่งโยนลูกหินมวล 0.5 ขึ้นไปในอากาศ จงหาพลังงานเมื่อลูกหินขึ้นไปสูง 5 m

กฎการคงตัวของพลังงาน

$$\Delta E_k + \Delta E_p = 0$$

$$E_{k,i} + \Delta E_{p,i} = E_{k,f} + \Delta E_{p,f}$$

จากสมการข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์รวมกันเท่ากับศูนย์ หรือผลรวมของพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์ก่อน และผลรวมของพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์หลังมีค่าคงที่ เรียกความสัมพันธ์ข้างต้นว่า “กฎการคงตัวของพลังงานเชิงกล”

ตัวอย่างที่ 4.8 วัตถุมวล 2 kg ถูกยิงขึ้นไปในแนวดิ่งจากชายคาตึกด้วยความเร็วต้น 12 m/s จงหาพลังงาน จงหาพลังงานศักย์ที่เปลี่ยนไปของระบบซึ่งประกอบด้วยโลกและวัตถุ และอัตราเร็วของวัตถุ เมื่อ

1. วัตถุลอยอยู่เหนือตึกขึ้นไป 5 m
2. วัตถุตกลงไปต่ำกว่าหลังคาตึก 5 m

กำลัง

กำลังคือ อัตราการทำงานของวัตถุ มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที ($\frac{j}{s}$) หรือ วัตต์ (Watt)

$$\text{กำลังเฉลี่ย} = \frac{\text{งาน}}{\text{ช่วงเวลาที่ทำงาน}}$$

$$P_{av} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

แทน $\Delta W = F\Delta s$ จะได้

$$P_{av} = F\frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$P_{av} = Fv$$

<u>หน่วยของกำลัง</u>

1 W = 1 $\frac{j}{s}$

1 kW/hr = (10^3 W) (3600 s) = 3.6×10^6 J

ตัวอย่างที่ 4.9 เครื่องบินไอพ่นให้แรงขับดันออกมา 15,000 N ขณะบินด้วยความเร็ว 300 m/s กำลังของเครื่องยนต์เป็นเท่าไร

ตัวอย่างที่ 4.10 รถยนต์มวล 50 kg วิ่งไปบนทางลาดสูงจากระดับน้ำทะเล 443 m ในเวลา 15 วินาที กำลังเฉลี่ยจะเป็นเท่าไร

ตัวอย่างที่ 4.11 รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 800 kg และมีประสิทธิภาพร้อยละ 14 จงหาปริมาณน้ำมันที่ต้องใช้ในการเร่งเครื่องยนต์ให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 27 m/s จากการจอดนิ่งอยู่กับที่ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากน้ำมัน 1 ลิตร เท่ากับ 3.43×10^{7} J

แบบฝึกหัดประจำบทที่ 4

1. มวล 4 kg แขวนเข้ากับสปริงเบาทำให้สปริงยืดออก 2.5 cm
   1.1 ถ้าหากนำมวล 1.5 kg มาแขวนแทนจะทำให้สปริงยืดออกเท่าใด
   1.2 จงหางานที่กระทำให้สปริงยืดออกจากความยาวปรกติ 4 cm
2. วัตถุมวล 10 kg ถูกดึงไปในแนวดิ่งด้วยเชือก ซึ่งมีแรงตึงในเส้นเชือก 200 N เป็นระยะทาง 3.2 m จากตำแหน่งที่วัตถุหยุดนิ่งกับที่ จงหางานที่กระทำโดย
   2.1 แรงตึงในเส้นเชือก
   2.2 แรงโดยน้ำหนักของวัตถุ
   2.3 จงหางานสุทธิ
   2.4 จงหาความเร็วของวัตถุเมื่อขึ้นไปถึงจุดสูงสุดของระยะ 3.2 m
3. ถ้าหากต้องใช้งาน 4 J เพื่อทำให้สปริงยืดออก 10 cm จากความยาวปรกติ จงหางานที่จะต้องใช้เพื่อทำให้สปริงนี้ยืดออกไปอีก 10 cm
4. ชายคนหนึ่งเข็นรถยนต์มวล 2500 kg ออกจากที่จอดรถ จนกระทั่งรถมีอัตราเร็ว v โดยเขาทำงาน 5000 J ถ้าไม่คิดแรงเสียดทานใดๆ
   4.1 จงหาอัตราเร็ว v ในตอนสุดท้าย
   4.2 จงหาแรงกระทำต่อรถยนต์ในแนวราบ
5. วัตถุมวล 8 kg 2 ชิ้น ซึ่งเหมือนกันทุกประการเลื่อนไถลด้วยอัตราเร็ว 3 m/s ทั้งคู่ไปบนพื้นเรียบทิศทางสวนทางกันและพุ่งชนกันอย่างเต็มที่ โดยอาศัยสปริงความยาวปกติ 0.25 m และค่าคงตัวของสปริง k= 3.2×10^{4} N/m สำหรับเป็นเครื่องกันกระแทกระหว่างวัตถุทั้งสอง จงหาอัตราเร็วของแต่ละวัตถุในขณะที่สปริงถูกอัดจนมีความยาวเหลือเพียง 0.2 m
6. รถยนต์ขนาดเล็กมวล 900 kg มีประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ร้อยละ 15 (พลังงานที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิงร้อยละ 15 จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของรถยนต์)
   6.1 ถ้าพลังงานที่ได้จากน้ำมัน 1 ลิตร เท่ากับ 3.47×10^{7} จูล จงหาปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปในการเร่งเครื่องยนต์จากตำแหน่งหยุดนิ่ง จนมีอัตราเร็วเป็น 24.6 m/s
7. แท่งวัตถุมวล 6 kg ถูกลากไปบนพื้นเรียบด้วยแรงคงตัวในแนวระนาบ 12 N ทำให้วัตถุซึ่งอยู่นิ่งบนพื้นนั้นเคลื่อนที่ไปทางขวา เป็นระยะทาง 3 m จงหาอัตราเร็วของวัตถุนี้ในตอนสุดท้ายในกรณีดังนี้
   7.1 ไม่คิดแรงเสียดทาน (μ=0)
   7.2 พื้นขรุขระ (μ=0.15)