

บรรยาย 3 งานเชิงกล พลังงาน
และการอนุรักษ์พลังงาน
ทพชท122 วิชาฟิสิกส์ ภาคต้น ปีการศึกษา 2564

อุดม รอบคอบ
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล

19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

หัวข้อบรรยาย

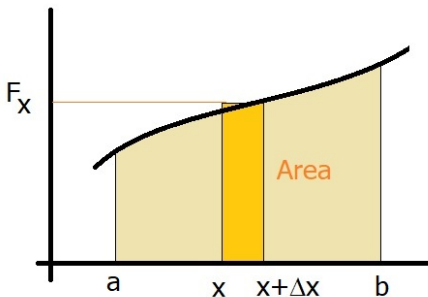
- ▶ งานเชิงกล
- ▶ กำลังงาน
- ▶ พลังงานจลน์
- ▶ พลังงานศักย์
- ▶ การอนุรักษ์พลังงาน

งานเชิงกล

- ▶ งานเชิงกล ถูกนิยามจากกระทำของแรง ดังนี้

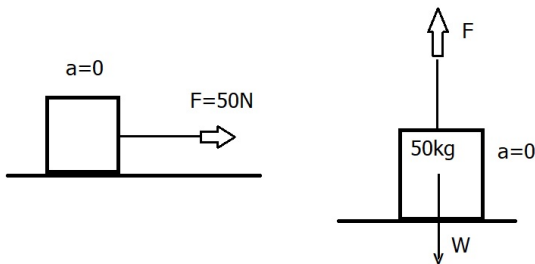
$$\Delta W_x = F_x \Delta x, \quad [N \cdot m = \text{Joule} : J]$$

$$W_{x,ab} = \sum_{a \rightarrow b} \Delta W_x = \sum_{a \rightarrow b} F_x \Delta x = \int_a^b F(x) dx = \text{Area}$$



- ▶ กรณีตัวอย่าง 1 ออกแรงขนาด 50N ในแนวราบ เลื่อนวัตถุอย่างสม่ำเสมอในระยะทาง 100m ในแนวเดียวกัน ปริมาณงานที่กระทำโดยแรงนี้ มีค่าเท่ากับ

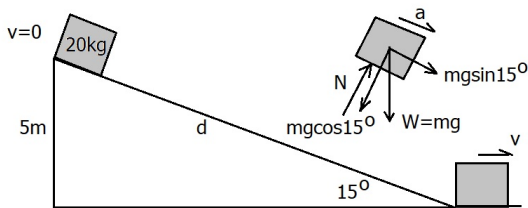
$$W = 50 \times 100 = 5000J = 5kJ$$



- ▶ กรณีตัวอย่าง 2 ออกแรงยกวัตถุมวล 50 kg เป็นระยะในแนวตั้ง 20m อย่างสม่ำเสมอ งานที่กระทำโดยแรงยกนี้ มีค่าเท่ากับ

$$W = 50 \times 10 \times 20 = 10000J = 10kJ$$

- กรณีตัวอย่าง 3 งานที่กระทำโดยแรงในแนวพื้นเอียงมีค่าเท่าใด?



$$F = mg \sin 15^\circ = 20 \times 10 \times 0.26 = 51.8 N$$

$$d = \frac{5}{\sin 15^\circ} = \frac{5}{0.26} = 19.3 m$$

$$\rightarrow W = 51.8 \times 19.3 = 1000.7 J \simeq 1 kJ$$

$$v^2 = 2d \underbrace{g \sin 15^\circ}_{a=2.6 m/s^2} = 2 \times 19.3 \times 2.6 \simeq 100 \rightarrow v \simeq 10 m/s$$

$$v = at \rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{10}{2.6} = 3.85 s$$

กำลังงาน

- ▶ กำลังงาน (power) ถูกนิยามให้เท่ากับอัตราการทำงานต่อหน่วยเวลา

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} [J/s = \text{watt} : W]$$

- ▶ กรณีตัวอย่าง 1 วัตถุมวล 20kg ตกจากที่สูง 50m อัตราเร็วและระยะเวลาที่วัตถุตกถึงพื้นมีค่าเท่าใด? งานที่กระทำโดยน้ำหนักของวัตถุมีค่าเท่าใด? และกำลังงานที่ความโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุมีค่าเท่าใด?

$$v^2 = 2gh = 2 \times 10 \times 50 = 100 \rightarrow v = 31.6 m/s$$

$$v = gt \rightarrow t = \frac{v}{g} = \frac{31.6}{10} = 3.16 s$$

$$W = mgh = 20 \times 10 \times 50 = 10000 J = 10 kJ$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{10000}{3.16} = 3165 W = 3.17 kW$$

พลังงานจลน์ของวัตถุ

- ▶ เมื่อวิเคราะห์งานเชิงกลจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ พบว่า

$$\Delta W = F\Delta x = ma\Delta x = m\frac{\Delta v}{\Delta t}\Delta x = m\Delta v\frac{\Delta x}{\Delta t} = mv\Delta v$$

$$\Delta W = \Delta \left(\frac{1}{2}mv^2 \right) \rightarrow W_{a \rightarrow b} = \frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2$$

คำนวณงานเชิงกลได้จากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad [J]$$

พลังงานจลน์ของวัตถุ

- ▶ เมื่อวิเคราะห์งานเชิงกลจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ พบว่า

$$\Delta W = F\Delta x = ma\Delta x \quad m\frac{\Delta v}{\Delta t}\Delta x = m\Delta v\frac{\Delta x}{\Delta t} = mv\Delta v$$

$$\Delta W = \Delta \left(\frac{1}{2}mv^2 \right) \rightarrow W_{a \rightarrow b} = \frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2$$

คำนวณงานเชิงกลได้จากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad [J]$$

- ▶ กรณีตัวอย่าง ลูกบอลมวล $m = 1.5 \text{ kg}$ วิ่งด้วยความเร็ว $v = 50 \text{ m/s}$ จะมีพลังงานจลน์เท่ากับ

$$K = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 50^2 = 1875 J$$

พลังงานศักย์ของแรง

- ▶ และเมื่อวิเคราะห์งานเชิงกลจากแรงที่กระทำ พบว่า

$$\Delta W = F \Delta x, \quad F = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \rightarrow \Delta W = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \Delta x = -\Delta U$$

$$\rightarrow W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b$$

$U = U(x)$ คือพลังงานศักย์ของแรง สังเกตว่า $U_a > U_b$ หมายถึงแรงกระทำในทิศทางที่พลังงานศักย์ลดลง

พลังงานศักย์ของแรง

- ▶ และเมื่อวิเคราะห์งานเชิงกลจากแรงที่กระทำ พบว่า

$$\Delta W = F \Delta x, \quad F = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \rightarrow \Delta W = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \Delta x = -\Delta U$$
$$\rightarrow W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b$$

$U = U(x)$ คือพลังงานศักย์ของแรง สังเกตว่า $U_a > U_b$ หมายถึงแรงกระทำในทิศทางที่พลังงานศักย์ลดลง

- ▶ กรณีตัวอย่าง 1 พลังงานศักย์แรงโน้มถ่วง

$$F_y = -mg \rightarrow U(y) = mgy$$
$$-\Delta U(y) = -mg \Delta y \rightarrow -\frac{\Delta U(y)}{\Delta y} = -mg = F_y$$

พลังงานศักย์ของแรง

- ▶ และเมื่อวิเคราะห์งานเชิงกลจากแรงที่กระทำ พบว่า

$$\Delta W = F\Delta x, \quad F = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \rightarrow \Delta W = -\frac{\Delta U}{\Delta x}\Delta x = -\Delta U$$
$$\rightarrow W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b$$

$U = U(x)$ คือพลังงานศักย์ของแรง สังเกตว่า $U_a > U_b$ หมายถึงแรงกระทำในทิศทางที่พลังงานศักย์ลดลง

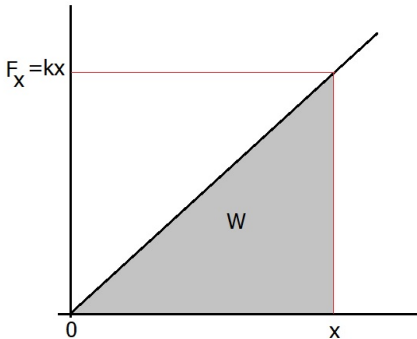
- ▶ กรณีตัวอย่าง 1 พลังงานศักย์แรงโน้มถ่วง

$$F_y = -mg \rightarrow U(y) = mgy$$

$$-\Delta U(y) = -mg\Delta y \rightarrow -\frac{\Delta U(y)}{\Delta y} = -mg = F_y$$

ลูกบอลมวล $m=2\text{kg}$ วางอยู่บนยอดตึกสูง 50m จะมีพลังงานโน้มถ่วงเท่ากับ $U = 2 \times 10 \times 50 = 1000\text{J}$

- ▶ กรณีตัวอย่าง 2 พลังงานศักย์จากแรงเชิงเส้น $F_x = kx$ เมื่อ k คือค่าคงตัว



$$W_{0 \rightarrow x} = \frac{1}{2} kx^2 = U(0) - U(x) \rightarrow U(x) = -\frac{1}{2} kx^2$$

ในกรณี $F_x = -kx \rightarrow U(x) = \frac{1}{2} kx^2$ เรียกว่า พลังงานศักย์ฮาร์มอนิก

- ▶ พลังงานศักย์ของแรงคงตัว F_{0x} จะมีค่าเท่ากับ $U(x) = -F_{0x}x$

การอนุรักษ์พลังงาน

- ▶ ย้อนกลับไปวิเคราะห์งานเชิงกล จากการเคลื่อนที่ และจากแรง พร้อมกัน พบว่า

$$W_{ab} = K_b - K_a = U_a - U_b \rightarrow K_a + U_a = K_b + U_b$$

เราพบการอนุรักษ์พลังงานรวม

$$E = K + U \rightarrow \Delta E = 0$$

การอนุรักษ์พลังงาน

- ▶ ย้อนกลับไปวิเคราะห์งานเชิงกล จากการเคลื่อนที่ และจากแรง พร้อมกัน พบว่า

$$W_{ab} = K_b - K_a = U_a - U_b \rightarrow K_a + U_a = K_b + U_b$$

เราพบการอนุรักษ์พลังงานรวม

$$E = K + U \rightarrow \Delta E = 0$$

- ▶ เราใช้ประโยชน์จากการอนุรักษ์พลังงานในการบรรยายการเคลื่อนที่ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบระหว่าง 2 ตำแหน่ง

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

- กรณีตัวอย่าง การตกอิสระของวัตถุมวล m จากหยุดนิ่ง ที่ระยะสูง h ลงสู่พื้น อัตราเร็วขณะตกสัมผัสพื้น คือ

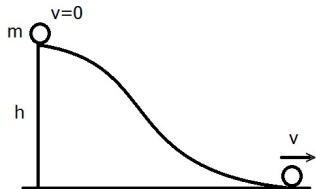
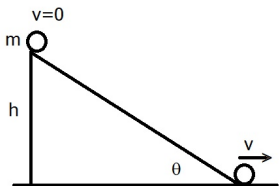
$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0 \rightarrow v^2 = 2hg \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

- กรณีตัวอย่าง การตกอิสระของวัตถุมวล m จากหยุดนิ่ง ที่ระยะสูง h ลงสู่พื้น อัตราเร็วขณะตกสัมผัสพื้น คือ

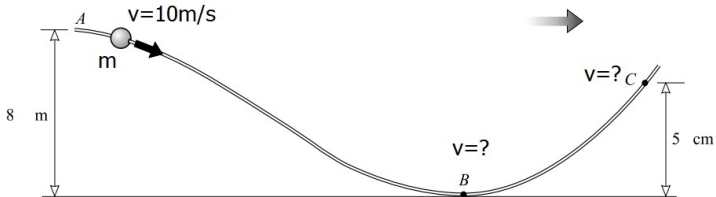
$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0 \rightarrow v^2 = 2gh \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

- วัตถุมวล m สิ้นไกลจากหยุดนิ่ง ลงจากพื้นเอียง(ลื่น) ที่ระยะสูง h อัตราเร็วที่วัตถุตกถึงพื้นคือ

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0 \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

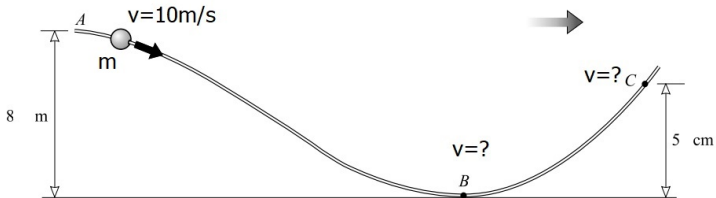


► กรณีตัวอย่าง



$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \rightarrow \frac{1}{2} \times 10^2 + 10 \times 8 = 130 = \frac{1}{2}v_B^2 + 0$$
$$\rightarrow v_B = \sqrt{260} = 16.1 \text{ m/s}$$

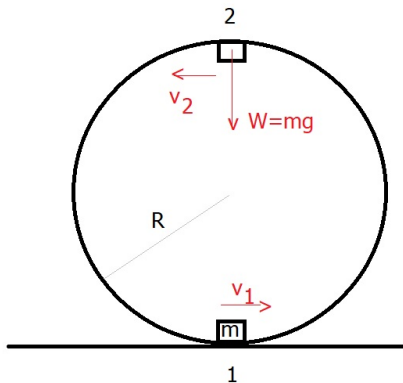
► กรณีตัวอย่าง



$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \rightarrow \frac{1}{2} \times 10^2 + 10 \times 8 = 130 = \frac{1}{2}v_B^2 + 0$$
$$\rightarrow v_B = \sqrt{260} = 16.1 \text{ m/s}$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgh_C$$
$$\rightarrow 130 = \frac{1}{2}v_C^2 + 10 \times 5 \rightarrow v_C^2 = 160, v_C = 12.6 \text{ m/s}$$

- กรณีตัวอย่าง จากรูป ให้วิเคราะห์ v_{1min} ณ ตำแหน่ง 1 ที่ไม่ทำให้วัตถุหลุดจาก กรอบวงกลม ณ ตำแหน่ง 2



$$\text{At 2 : } mg = m \frac{v_2^2}{R} \rightarrow v_2^2 = gR$$

$$\frac{1}{2}mv_{1min}^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mg2R \rightarrow v_{1min}^2 = gR + 4gR = 5gR$$

พลังงานจากการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

▶ พลังงานจลน์

$$v = r\omega \rightarrow K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mr^2\omega^2 = \frac{1}{2}I\omega^2$$