

เครื่องยนต์ เครื่องกล และอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงานล้ง

อุปกรณ์ที่เป็นเครื่องมืออันช่วยลดความล้ง และช่วยผ่อนแรงด้วย มีหลายอย่าง ตัวอย่างเช่น รัช , คัน , พ้นเอียง เราเรียก - อุปกรณ์เหล่านี้ว่า เครื่องกล ซึ่งเครื่องกลแต่ละชนิด ก็มีหลักการการทำงานที่แตกต่างกันไป

เครื่องกล (Machine) คืออุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรง หรือช่วยต้านทานตามล้งในการทำงาน โดยหลัก ๆ แล้ว เครื่องกล - มี 6 ชนิด คือ รัช (pulley) คัน (Lever) พ้นเอียง (inclined plane) ล้ง (wedge) ล้ง (screw) และ ล้อและเพลา (wheel and axle)

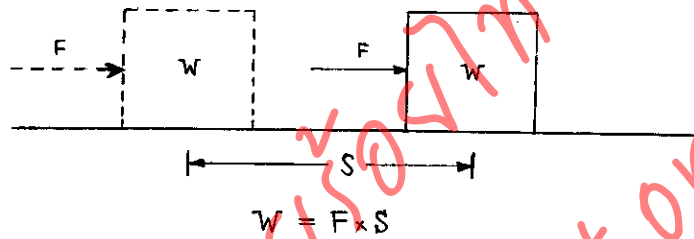
งานที่ใช้กับเครื่องกลทุกชนิด ใช้ หลักของงาน (principle of work)

งาน (work) หมายถึง ผลคูณระหว่างแรง กับ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง

ให้ W คือ งาน (work) มีหน่วยเป็น N.m หรือ จูล (Joule : J)

F คือ แรง (Force) มีหน่วยเป็น N (นิวตัน หรือ $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$)

S คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง มีหน่วยเป็น m (เมตร)



แรงในเครื่องกลมี 2 ชนิดคือ

- แรงแมชาน (Effort = E) คือแรงที่ให้กับเครื่องกล มีหน่วยเป็น N (นิวตัน)
- แรงต้านทาน (Resistance = W) คือแรงที่เกิดจากน้ำหนักวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

ผลของแรง

- เมื่อทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ตามแนวแรง จะเกิด งาน
- เมื่อแรงทำให้วัตถุหมุนรอบจุด ๆ หนึ่ง จะเกิด โมเมนต์

การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical Advantages, M.A.)

การได้เปรียบเชิงกล คือ อัตราส่วนระหว่างแรงต้านทาน (W) กับแรงแมชาน (E)

$$\text{การได้เปรียบเชิงกล} = \frac{\text{แรงต้านทาน (W)}}{\text{แรงแมชาน (E)}}$$

$$\boxed{\text{M.A.} = \frac{W}{E}}$$

ถ้า $\text{M.A.} = 1$ แสดงว่า เครื่องกลไม่ผ่อนแรง $\therefore W = E$

$\text{M.A.} > 1$ แสดงว่า เครื่องกลช่วยผ่อนแรง (ได้เปรียบเชิงกล) $\therefore W > E$

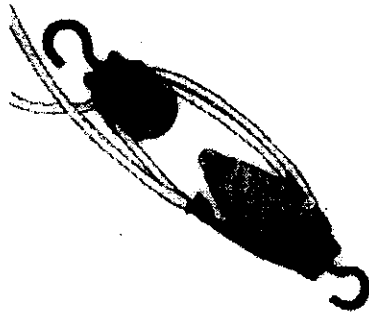
$\text{M.A.} < 1$ แสดงว่า เครื่องกลไม่ช่วยผ่อนแรง (เสียเปรียบเชิงกล) $\therefore W < E$

ประสิทธิภาพของเครื่องกล (Efficiency of Machine) คืออัตราส่วนระหว่างงานที่ได้จากเครื่องกล ต่องานที่ให้เครื่องกล คิดเป็นร้อยละ

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{งานที่ได้จากเครื่องกล}}{\text{งานที่ให้แก่เครื่องกล}} \times 100$$

รอก (pulley) มีทั้งรอกเดี่ยว และรอกนวม

รอกเดี่ยว แบ่งเป็นรอกเดี่ยวตายตัว และรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ โดยที่ รอกเดี่ยวตายตัว ไม่เคลื่อนที่ แต่อำนวยความสะดวก ส่วนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ช่วยผ่อนแรง เพราะออกแรงยกของเพียงครึ่งเดียว ของน้ำหนักวัตถุที่แขวน ดังนั้น



รอกเดี่ยวตายตัวไม่ผ่อนแรง เพราะ เมื่อ E คือแรงยกของที่จะยกน้ำหนัก , W คือแรงต้านทาน

$$\therefore E = W \quad \text{และ} \quad M.A. = \frac{W}{E} = 1$$

รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ผ่อนแรงเพราะ $2E = W$

$$E = \frac{W}{2} \quad \text{และ} \quad M.A. = \frac{W}{E} = 2$$

ตัวอย่างที่ 9 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้น้ำหนัก 2 kg ยกน้ำหนัก 150 kg จะต้องออกแรงเท่าใด

วิธีทำ

จากสูตร $2E = W$

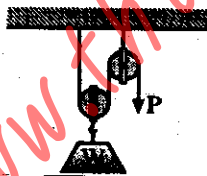
$$2E = (\text{น้ำหนักรอก} + \text{น้ำหนักที่จะยก})$$

$$= 2 + 150 = 152 \text{ kg}$$

$$E = \frac{152}{2} = 76 \text{ kg}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 10 รูปรอกเดี่ยวตายตัวและรอกเดี่ยวเคลื่อนที่



รอกชุดนี้ มีการผ่อนแรงหรือไม่ อย่างไร และต้องออกแรงดึงเท่าใด ถ้ารอกแต่ละอันหนัก 5 นิวตัน

วิธีทำ

จากรูปข้างต้น รอกตัวบนเป็นรอกเดี่ยวตายตัว ซึ่งไม่ผ่อนแรงแต่อำนวยความสะดวก

ตั้งที่ผ่อนแรงคือ รอกตัวล่าง แรงดึงจะดึงน้ำหนัก 2 ส่วน คือ น้ำหนัก 100 N และ

- น้ำหนักของรอกตัวล่าง คือ 5 นิวตัน

จากสูตร

$$2E = W$$

$$= \text{น้ำหนัก } 100 \text{ N} + \text{น้ำหนักรอกตัวล่าง } 5 \text{ N}$$

$$= 100 + 5 = 105 \text{ N}$$

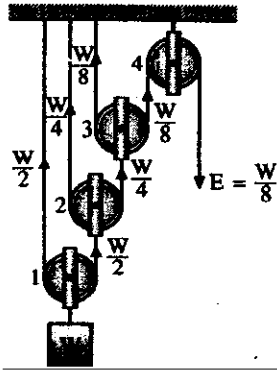
$$E = \frac{105}{2} = 52.5 \text{ N}$$

รอกชุดนี้ผ่อนแรงเฉพาะตัวล่าง & ต้องใช้แรงดึง 52.5 N

ตอบ

รอกนาง ประกอบด้วยรอกเดี่ยวจำนวนรวม 2 ตัวขึ้นไป และต้องมีรอกอย่างน้อย 1 ตัวที่เคลื่อนที่ได้ ถ้าไม่มีรอกเคลื่อนที่ได้ จะไม่ถือว่าเป็นรอกนาง รอกนางมี 3 ระบบคือ

1. รอกนางระบบที่ 1 ประกอบด้วยรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้หลายตัวมาต่อกัน

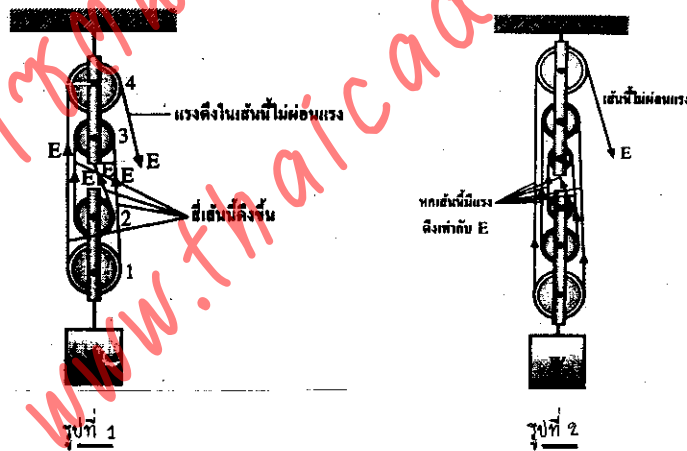


รอกนางระบบนี้ ประกอบด้วยรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้ 3 ตัว คือหมายเลข 1, 2 และ 3 ดังนั้นเส้นเชือกแต่ละเส้น - จะผ่อนแรงลงไปครึ่งหนึ่ง ส่วนรอกตัวที่ 4 เป็นรอกเดี่ยวยกตัว จึงไม่ผ่อนแรง ดังนั้น ออกแรงดึงที่ รอกตัวที่ 4 เท่ากับ $\frac{W}{8}$

สรุปได้ว่า $E = \frac{W}{8}$ ดังสูตร $E = \frac{W}{2^n}$ เมื่อ n เป็นจำนวนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้ และไม่ได้คานน้ำหนักตัวรอก

M.A = $\frac{W}{E} = 2^n$

2. รอกนางระบบที่สอง (รอกดับ) ประกอบด้วยรอก 2 ตัว ทั้งบนเป็นรอกเดี่ยวยกตัว ตัปล่างเป็นรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้ ถูกยึดไว้



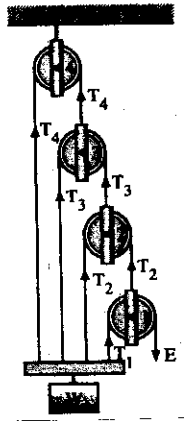
รูปที่ 1 รอกหมายเลข 1, 2 หรือรอกตัปล่าง เป็นรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้ และรอกหมายเลข 3, 4 หรือรอกด้านบน เป็นรอกเดี่ยวยกตัว เชือกที่คล้องรอกทั้งหมดเป็นเชือกเส้นเดียวกัน ดังนั้นแรงดึงในเส้นเชือกที่รับน้ำหนักทุกเส้นจึงมีค่าเท่ากัน ยกเว้นเชือกที่ผ่านรอกตัวที่ 4 ลงมา

ดังนั้น $W = E + E + E + E$
หรือ $W = 4E$
 $E = \frac{W}{4}$

รูปที่ 2 รอกบนเป็นรอกเดี่ยวยกตัว 3 ตัว (รอกดับบน) และรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้ 3 ตัว (รอกตัปล่าง) จะเห็นว่าแรงดึงเชือกขึ้นมี 6 เส้น รับน้ำหนักเท่าๆกัน ดังนั้น

$6E = W$
 $E = \frac{W}{6}$ ดังสูตร $E = \frac{W}{n}$ เมื่อ n เป็นจำนวนเส้นเชือกที่คล้องผ่านรอกตัปล่าง (รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ได้)

3. รอกนวมระบบที่ 3 ประกอบด้วยรอกเดี่ยวยกยตัวมาต่อรวมกัน



รอกทั้ง 4 ตัวเป็นรอกเดี่ยวยกยตัว เมื่อรวมแรงดึงในเชือกแต่ละเส้นแล้วเท่ากับน้ำหนักที่จะยก นั่นคือ

$$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = W$$

สำหรับ รอกตัวที่ 1

$$T_1 = E$$

รอกตัวที่ 2

$$T_2 = 2T_1 = 2E$$

รอกตัวที่ 3

$$T_3 = 2T_2 = 4T_1 = 4E$$

รอกตัวที่ 4

$$T_4 = 2T_3 = 8T_1 = 8E$$

แทนค่า T_1, T_2, T_3, T_4

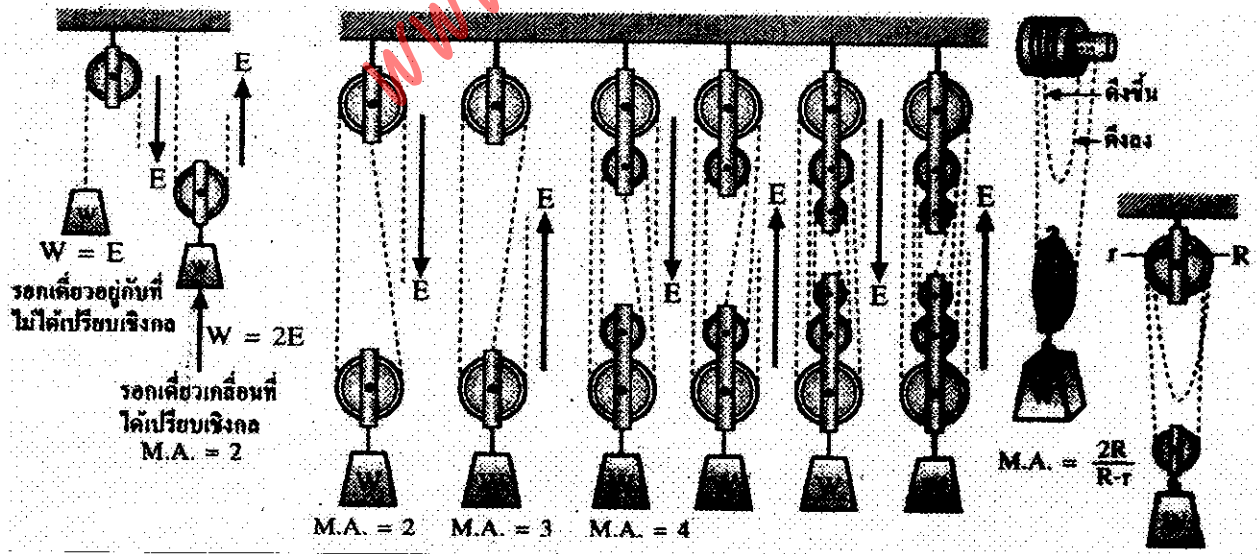
$$E + 2E + 4E + 8E = 15E = W$$

$$E = \frac{W}{15}$$

หรือคิดเป็นสูตรที่รอก n ตัวมาต่อกันเป็นรอกนวมระบบที่ 3 ได้

$$E = \frac{W}{2^n - 1}$$

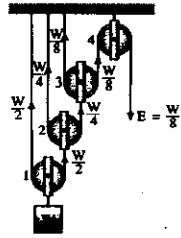
เมื่อ n คือจำนวนรอก และไม่คิดถึงความฝืดของรอก



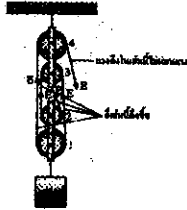
ตัวอย่างรอกนวม

ตัวอย่างที่ 11 ถ้านำรอกลิ้น และไม้ค้ำน้ำหนักรอก จำนวน 4 ตัว มาต่อรวมกันเป็นรอกนวง ระบบที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จงคำนวณว่า จะต้องออกแรงเท่าใดในการขูดรตหนัก 2 ตัน ให้ลอยขึ้นจากพื้น แล้วเปรียบเทียบกับ รอกแบบที่ใช้แรงจุดน้อยที่สุด

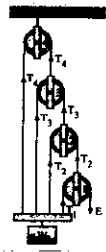
วิธีทำ



• รอกนวงระบบที่ 1 มีรอกเคลื่อนที่ 3 ตัว รอกเดี่ยวยกตัว 1 ตัว
ใช้สูตรการคำนวณ $E = \frac{W}{2^n}$ เมื่อ $n = 3$, $W = 2,000 \text{ kg}$
 $= \frac{2,000}{2^3} = \frac{2,000}{8} = 250 \text{ kg}$



• รอกนวงระบบที่ 2 ใช้สูตร
 $E = \frac{W}{n}$ เมื่อ $W = 2,000 \text{ kg}$, $n = 4$
 $= \frac{2,000}{4} = 500 \text{ kg}$

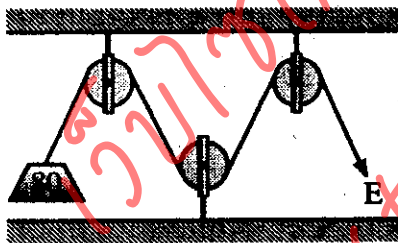


• รอกนวงระบบที่ 3 ใช้สูตร
 $E = \frac{W}{(2^n - 1)}$ เมื่อ $W = 2,000 \text{ kg}$, $n = 4$
 $= \frac{2,000}{2^4 - 1} = \frac{2,000}{15} = 133.3 \text{ kg}$

จะเห็นว่า รอกนวงระบบที่สาม ใช้แรงมากที่สุด และรอกนวงระบบที่สอง ใช้แรงน้อยที่สุด ตอบ

ตัวอย่างที่ 12

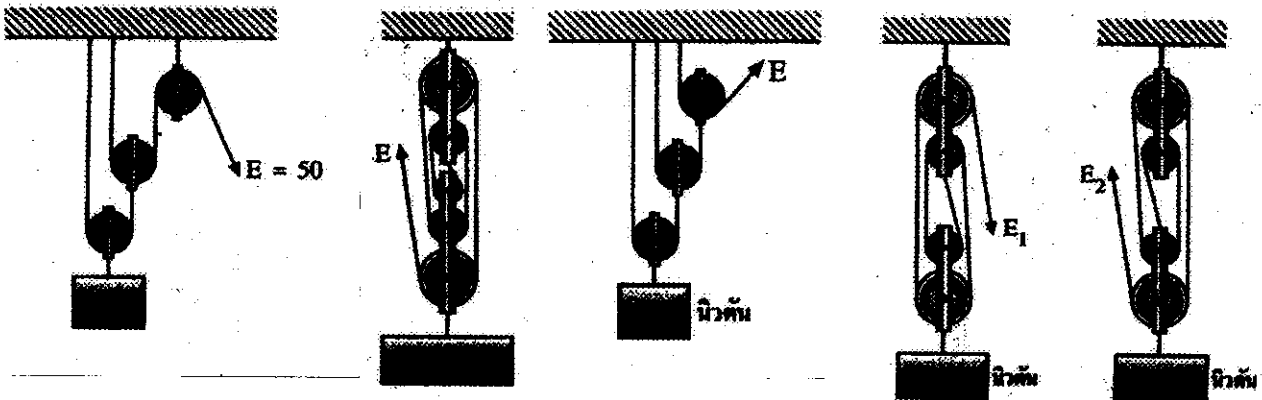
จากรูป แรง E มีค่าเท่าใด



วิธีทำ เพราะรอกทุกตัว เป็นรอกเดี่ยวยกตัว
ดังนั้น ต้องออกแรงถึงเท่ากับ น้ำหนักของวัตถุ คือ 80 นิวตัน

ตอบ

ตัวอย่างรอกแบบต่างๆ ที่ต้องศึกษา



คาน (Beam)

ในชีวิตประจำวัน เรามักพบเห็นการใช้อุปกรณ์ของชนิด พื้นการตาของ การถอนตะปู การใช้ใช้แรงงัดของ ด้ามคีมตัดเหล็ก อุปกรณ์เหล่านี้ มีพื้นฐานมาจาก คาน โดยใช้นหลักการของโมเมนต์

โมเมนต์ หมายถึง ผลรวมแรงโตแรงหนึ่งที่ทำกับวัตถุ เพื่อให้วัตถุ หมุนรอบจุดคงที่จุดหนึ่ง เรียกจุดคงที่นี้ว่า จุดนำเคลื่อน (fulcrum)

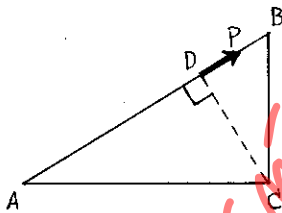
- ค่า หรือขนาดของโมเมนต์ของแรงโต ๑ จุด ได้จากผลคูณของแรงที่กระทำกับวัตถุ กับระยะทางที่วัดจากจุดนำเคลื่อนมาตั้งฉากกับ - แรงแรง หรือสรุปได้ว่า

โมเมนต์	=	แรง × ระยะทางจากจุดหมุนถึงแนวแรง
หรือ M	=	F × S

- จากการที่คานอยู่ในสภาวะสมดุลย์ ผลรวมของโมเมนต์ทงซ้ายมีรอบจุดหมุน เท่ากับผลรวมของโมเมนต์ทงขวามีรอบจุดหมุน
- หลักการของโมเมนต์ ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ ต่อไปนี้
 - การเล่นกระดานหก
 - การหาของด้วยไม้คาน
 - การตอกตะปู
 - การใช้คีมตัดของ
- ถ้ารับการเอียงแรง เราสามารถใช้หลักการของโมเมนต์ เพื่อแยกของหนัก ด้วยแรงน้อยได้

ตัวอย่างที่ 13 จงคำนวณหาโมเมนต์ของแรง P รอบจุด C

วิธีทำ



โมเมนต์ของแรง P รอบจุด C
 = แรง P × ระยะทางตั้งฉาก จากจุดหมุน ถึงแนวแรง
 = P × CD หน่วย

ตอบ

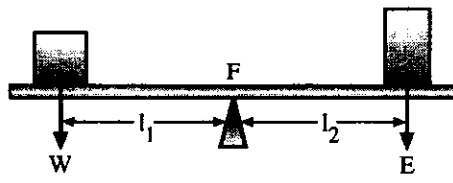
ตัวอย่างที่ 14 จงคำนวณหาโมเมนต์ของแรง 25 นิวตัน รอบจุด O

วิธีทำ



โมเมนต์ของแรง 25 นิวตัน รอบจุด O หาได้จาก
 แรง 25 นิวตัน × ระยะทางตั้งฉาก จากจุดหมุนถึงแนวแรง 25 นิวตัน
 = 25 นิวตัน × 8 เมตร
 = 200 นิวตันเมตร จงทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา

เครื่องเอียงแรงที่ใช้หลักการของโมเมนต์ ใช้ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ คาน (Beam)

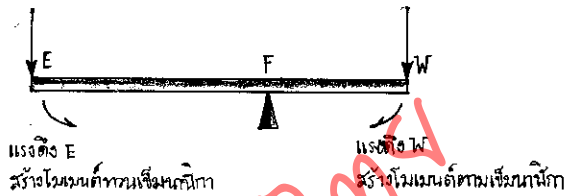


- W เป็นน้ำหนักหรือความต้านทาน ซึ่งเป็นแรงกดคานลงไปในแนวตั้ง
- E เป็นแรงที่ใช้หรือแรงความพยายาม ที่จะใช้แรงในการทำงานในแนวตั้ง
- F คือจุดหมุน หรือ จุด fulcrum คานหมุนได้รอบจุดนี้
- l_1 คือระยะทางจากน้ำหนัก W ถึงจุด fulcrum
- l_2 คือระยะทางจาก E ถึงจุด fulcrum

ถ้าคานานี้อยู่ในสภาวะสมดุล โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา เท่ากับ โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

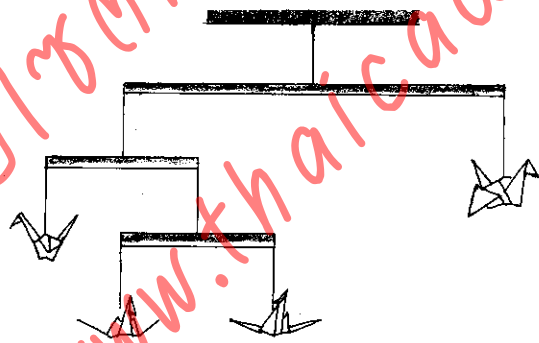
หรือ $Wl_1 = El_2$

ถ้า W มีค่าเท่าเดิม และอยู่ที่เดิม เมื่อเลื่อน F ไปทางขวามือ ต้องเพิ่มค่า E ให้มากขึ้น คานจึงจะอยู่ในสภาวะสมดุล ในทางตรงข้าม F ไปทางซ้ายมือ ต้องลดค่า E ลง คานจึงอยู่ในสภาวะสมดุล เนื่องจากโมเมนต์เป็นปริมาณเวกเตอร์เช่นเดียวกับแรง จึงต้องมีการกำหนดขนาดและทิศทาง โดยให้โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา \oplus เป็นบวก และโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา \ominus เป็นลบ



การคำนวณเกี่ยวกับคาน

1. ถ้าโจทย์ ไม่กำหนดน้ำหนักคาน ไม่ต้องคิด ถ้าโจทย์บอก ให้ลมน้ำหนักคาน ออกที่จุดกึ่งกลางคาน
2. เมื่อคานอยู่ในสภาวะสมดุล โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา เท่ากับ โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา
3. หากมีโมเมนต์ย่อย ๆ จะต้องคิดผลรวมของ โมเมนต์ย่อยแต่ละชนิด
4. ในการคำนวณ หากคิดว่ามี แรงกระทำที่จุดหมุน ค่าของโมเมนต์ ที่เกิดจากแรงนั้นย่อมมีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจาก ระยะทางเป็นศูนย์ เช่นรูปโมบายล์แขวนบนเพดาน



การได้เปรียบเชิงกลของคาน = $\frac{\text{แรงต้านทาน}}{\text{แรงพยายาม}}$

หรือ $M.A = \frac{W}{E}$

แต่ $W \times l_1 = E \times l_2$

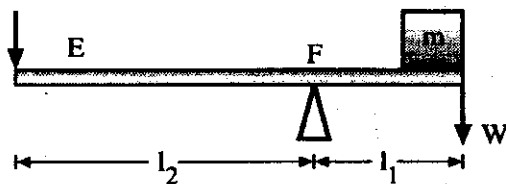
ดังนั้น $\frac{W}{E} = \frac{l_2}{l_1}$

$M.A = \frac{W}{E} = \frac{l_2}{l_1}$

- ถ้า $M.A < 1$ หมายถึงออกแรงมากกว่าแรงต้าน เสียเปรียบเชิงกล
- $M.A = 1$ ไม่ผ่อนแรง
- $M.A > 1$ ผ่อนแรง

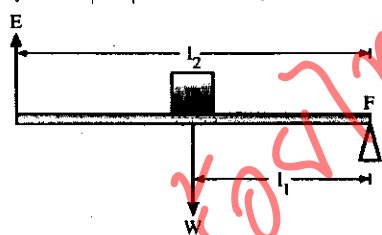
คานถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. คานอันดับหนึ่ง มีจุดหมุนอยู่ระหว่าง แรงขยายกับแรงต้านทาน



ตัวอย่างได้แก่ ไขควง ส้อมคีตลวด กรรไกรตัดผ้า สอนอนตะปู กรรเจียงเรือ คางจันทน์ ไม้กระดก โดยทั่วไป คานอันดับหนึ่ง จะช่วยผ่อนแรง

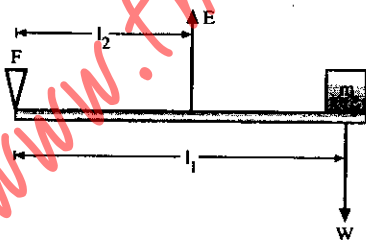
2. คานอันดับสอง มีแรงต้านทานอยู่ระหว่างจุดหมุนกับแรงขยาย



ตัวอย่างได้แก่ มีดตัดกระดาษ ที่เปิดกรรไกรงนม ที่หนึ่งกล้วยปิ้ง ที่เปิดขวดน้ำอัดลม ที่หนึ่งหมาก โดยทั่วไป คานอันดับสองจะผ่อนแรงในการทำงาน เพราะ $l_2 > l_1$

จากสูตร $M.A. = \frac{W}{E} = \frac{l_2}{l_1} > 1$

3. คานอันดับสาม แรงขยายอยู่ระหว่าง จุดหมุนกับแรงต้าน



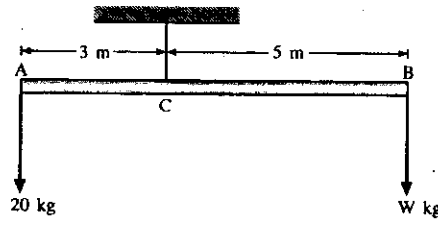
ตัวอย่างเช่น แขนงอนหนวด ไม้กวาด ตะเกียบ รัดกระดูก ส้อมคีตลวด ส้อมคีตน้ำแข็ง คานอันดับสามจะไม่ผ่อนแรง เพราะ $l_1 > l_2$

เมื่อ $M.A. = \frac{W}{E} = \frac{l_2}{l_1} < 1$

แม้จะไม่ผ่อนแรง แต่ได้รับความสะดวกในการทำงาน

ตัวอย่างที่ 15 คนสี่มีเส้นมอยาว 8 เมตร ดังรูป หากถ่วงน้ำหนักที่ไกลจุดแวน 20 กิโลกรัม ต้องถ่วงน้ำหนักอีกข้างหนึ่งเท่าใด คนจึงจะอยู่ในสภาวะสมดุล

วิธีทำ



คิดโมเมนต์รอบจุด C เมื่อคนสมดุล

โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

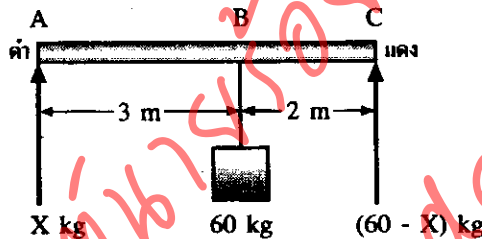
$$20 \times 3 = W \times 5$$

$$W = \frac{20 \times 3}{5} = 12 \text{ กิโลกรัม}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 16 A และ B ใช้คนยาว 5 เมตร ขาไปถึงน้ำหนัก 60 กิโลกรัม โดยหยาปลายคนคนละข้าง ถัดถึงน้ำหนักจาก B อยู่ 2 เมตร แล้ว A ต้องออกแรงเท่าใด ถ้าไม่คิดน้ำหนักของคน

วิธีทำ



A และ B ต้องออกแรงแบคน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 60 กิโลกรัม ส่วนที่ A ออกแรง x กิโลกรัม ดังนั้น B ต้องออกแรง

$60 - x$ กิโลกรัม คิด C เป็นจุดหมุน

โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

$$(60 - x)(2) = x(3)$$

$$120 - 2x = 3x$$

$$5x = 120$$

$$x = \frac{120}{5} = 24 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น A ต้องออกแรง 24 กิโลกรัม ในขณะที่ B ต้องออกแรง $60 - 24$ หรือ 36 กิโลกรัม

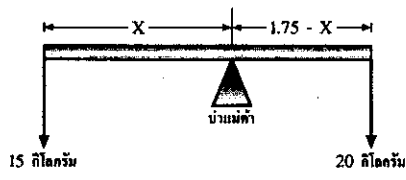
* สังเกตว่า ถ้าใครหยาตำแหน่งที่ใกล้กับจุดที่น้ำหนักตก ต้องรับภาระมากกว่า

ตอบ

ตัวอย่างที่ 17

แม่ค้าขายสินค้าโดยใช้คน ขาเดินค้า 2 กระจาด ถ้าสินค้ากระจาดหนัก 15 กิโลกรัม สินค้ากระจาดหนัก 20 กิโลกรัม คนที่ใช้หยา ยาว 1.75 เมตร แม่ค้าต้องวางไม้คานบนน้ำหนักจุดใด คนจึงจะสมดุล

วิธีทำ



กำหนดให้ ใช้ขาแบกห่างจากน้ำหนัก 15 กิโลกรัม เป็นระยะ x เมตร

ดังนั้น น้ำหนัก 20 กิโลกรัม ต้องอยู่ห่างจากขา $1.75 - x$ เมตร

ใช้ขาเป็นจุดหมุน จะได้ว่า

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$20 \times (1.75 - x) = 15(x)$$

$$35 - 20x = 15x$$

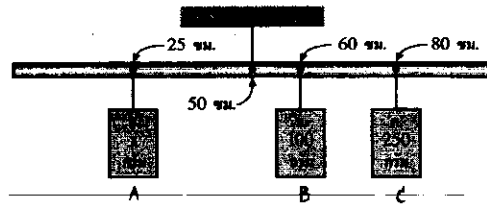
$$35x = 35$$

ดังนั้น ต้องวางไม้คานบนขาห่างจากน้ำหนัก 15 kg เป็นระยะ 1 เมตร

$$\leftarrow x = \frac{35}{35} = 1 \text{ เมตร} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 18 ไม้เมตรสามเหลี่ยมอันหนึ่ง ถูกแขวนตรงตำแหน่งกึ่งกลาง มีน้ำหนัก A, B, C แขวนไว้ดังรูป ถ้า B และ C มีน้ำหนัก 100 และ 250 กรัมตามลำดับ จงหาว่า A ต้องมีน้ำหนักเท่าใด คนจึงจะอยู่ในสภาวะสมดุล

วิธีทำ นิยามารูปคนดังนี้



สมมติให้ A มีน้ำหนัก x กรัม ใช้จุดกึ่งกลางคนเป็นจุดหมุน จะได้

ผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = ผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$(100 \times 10) + (250 \times 30) = x(25)$$

$$1,000 + 7,500 = 25x$$

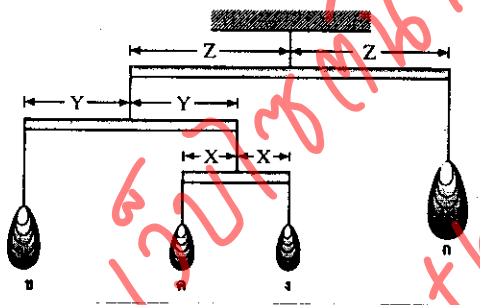
$$25x = 8,500$$

$$x = \frac{8,500}{25} = 340 \text{ กรัม}$$

หมายความว่า ต้องใช้น้ำหนัก 340 กรัม ห่างที่จุด 25 เซนติเมตร คนจึงจะอยู่ในสภาวะสมดุล ตอบ

ตัวอย่างที่ 19 เข็มไม้หนึ่ง ห้อยตั้งสาม จงเปรียบเทียบกับน้ำหนัก ถ้าระบบอยู่ในสภาวะสมดุล

วิธีทำ



สมมติให้ ห้อย a มีมวล m กรัม

• M ที่เกิดจากห้อย a เท่ากับ M ที่เกิดจากห้อย c

แต่แขนที่ห้อยจากจุดกึ่งกลาง มีระยะ x เท่ากัน

$$\therefore \text{น้ำหนักห้อย } a = \text{น้ำหนักห้อย } c = m \text{ กรัม}$$

• M ที่เกิดจากห้อย b เท่ากับ M ที่เกิดจากห้อย $d+e$

แต่แขนที่ห้อยห้อย b และห้อย $(d+e)$ มีระยะ Y เท่ากัน

$$\therefore \text{น้ำหนักห้อย } b = 2m$$

• M ที่เกิดจากห้อย e เท่ากับ M ที่เกิดจากห้อย $(a+b+c)$

แต่แขนที่ห้อยห้อย e และห้อย $(a+b+c)$ มีระยะ Z เท่ากัน

$$\therefore \text{น้ำหนักห้อย } e = 4m$$

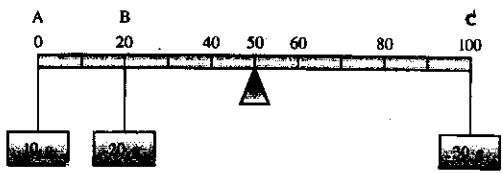
ดังนั้น น้ำหนักห้อย $a : b : c : d : e$ เท่ากับ $1 : 2 : 1 : 1 : 4$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 20 ไม้คนอันหนึ่งมีน้ำหนักสามเหลี่ยมยาว 1 เมตร วางอยู่บนที่รองรับตรงจุดกึ่งกลาง และมีน้ำหนัก 10, 20 และ 30 กรัม วางอยู่ที่จุด A, B และ C ตามลำดับ

ถ้าต้องการแขวนน้ำหนัก 16 กรัม และให้คนอยู่ในสภาวะสมดุล ต้องแขวนน้ำหนักนี้ที่ใด และมีวิธีใดบ้างที่จะทำให้คนอยู่ในแนวระดับโดยไม่ต้องแขวนน้ำหนัก

วิธีทำ



ผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = ผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$30 \times 50 = (10 \times 50) + (20 \times 30) + 16x$$

$$1,500 = 500 + 600 + 16x$$

$$16x = 400$$

$$x = \frac{400}{16} = 25 \text{ เซนติเมตร}$$

ต้องแขวนน้ำหนัก 16 กรัม ทางซ้ายของจุดหมุน ห่างออกไป 25 เซนติเมตร

ถ้าจะทำให้คนสมดุลโดยไม่ต้องแขวนน้ำหนัก ต้องย้ายน้ำหนัก 30 กรัม จากจุดจุดหมุน

สมมติให้ น้ำหนัก x กรัม อยู่ห่างจากจุดหมุน x เซนติเมตร แล้ว โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

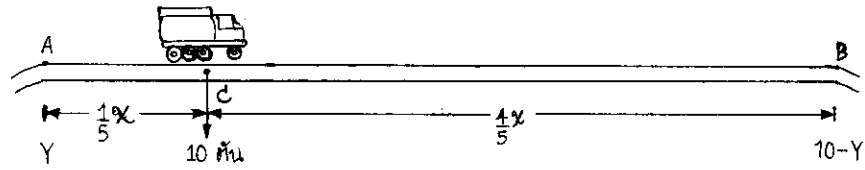
$$(50 \times 10) + (30 \times 20) = 30x$$

$$30x = 1,100$$

$$x = \frac{1,100}{30} = 36 \frac{2}{3} \text{ cm จากจุดจุดหมุน } \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 21 รถบรรทุกหนัก 10 ตัน จอดบนสะพานห่างจากปลายข้างหนึ่ง เป็นระยะ $\frac{1}{5}$ ของความยาวสะพาน จงหาว่าบริเวณใดบน สะพานแต่ละข้าง ต้องรับน้ำหนักรถคันนี้ไว้ข้างละเท่าใด

วิธีทำ



สมมติให้รถบรรทุก จอดที่จุด C ซึ่งห่างจากจุด A เป็นระยะ $\frac{x}{5}$ และห่างจากจุด B เป็นระยะ $\frac{4x}{5}$ ให้นำที่ปลายสะพาน A รับน้ำหนัก Y ตัน ดังนั้น ปลายสะพาน B จะรับน้ำหนัก $10 - Y$ ตัน โดยให้ C เป็นจุดหมุน

โมเมนต์ก่อนเริ่มหนัก = โมเมนต์ตามเริ่มหนัก

$$(10 - Y) \frac{4x}{5} = \frac{xY}{5}$$

$$4(10) - 4Y = Y$$

$$5Y = 40$$

$$Y = \frac{40}{5} = 8 \text{ ตัน}$$

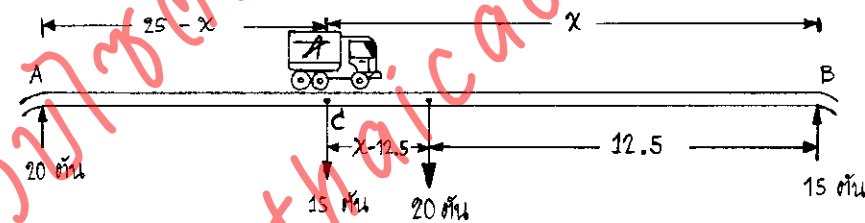
จุด A รับน้ำหนัก 8 ตัน ดังนั้น จุด B รับน้ำหนัก $10 - 8 = 2$ ตัน

ตอบ

ตัวอย่างที่ 22

สะพานหนึ่งมีปลายด้านหนึ่งชำรุด รับน้ำหนักได้ไม่เกิน 15 ตัน ถ้าสะพานนี้ยาว 25 เมตร และมีรถหนัก 15 ตัน จอดอยู่บนสะพาน รถต้องจอดห่างจากปลายสะพานที่ชำรุดนี้อย่างน้อยเท่าใด สะพานนี้จึงจะไม่พัง ถ้าสะพานนี้หนัก 20 ตัน

วิธีทำ



สมมติให้รถบรรทุก จอดอยู่ที่จุด C อยู่ห่างจากปลายสะพาน B ที่ชำรุด เป็นระยะ x เมตร

ให้ปลายสะพาน B รับน้ำหนัก 15 ตัน สะพานจึงจะไม่พัง ดังนั้น ปลายสะพาน A จะรับน้ำหนัก $(15 + 20) - 15 = 20$ ตัน

พิจารณาคให้ C เป็นจุดหมุน

โมเมนต์ก่อนเริ่มหนัก = โมเมนต์ตามเริ่มหนัก

$$15x = 20(x - 12.5) + 20(25 - x)$$

$$15x = 20x - 250 + 500 - 20x$$

$$15x = 250$$

$$x = \frac{250}{15} \approx 16.7 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น ต้องจอดรถบรรทุก ให้ห่างจากปลายที่ชำรุด มากกว่าหรือเท่ากับ 16.7 เมตร สะพานจึงจะไม่พัง

ตอบ

