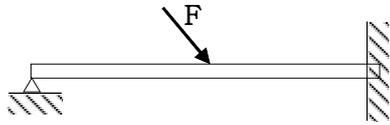


1.[4점] 다음 물음에 서술형으로 답하여라.

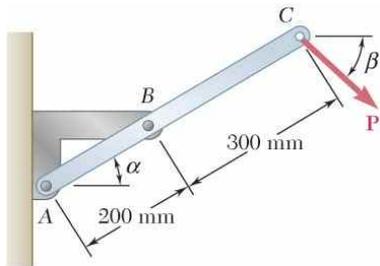
(a) 미국에서 개발된 segway(2륜차)와 한국에서 개발된 triway(3륜차)의 조향(steering) 방식의 차이점은 무엇인가? (용어 ‘우력(짝힘, couple)’을 사용해야 함, 2~3 문장)



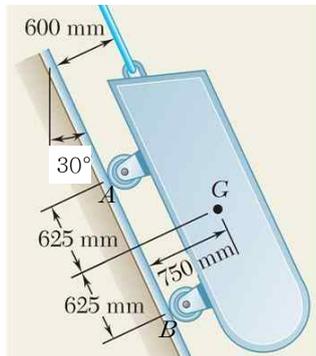
(b) 힘  $F$ 가 그림과 같이 보(beam)에 가해진다. 이 보는 한 쪽이 힌지(hinge)되고 다른 쪽은 벽에 고정되어 있다. 정정(靜定, statically determinate)반력에 어긋나는 이유는 무엇인가? (반력 표시 및 2~3 문장 서술)



2.[3점] The force  $P$  has a magnitude of 250 N and is applied at the end  $C$  of a 500 mm rod  $AC$  attached to a bracket at  $A$  and  $B$ . Assuming  $\alpha = 30^\circ$  and  $\beta = 60^\circ$ , replace  $P$  with an equivalent force-couple system at  $B$ .

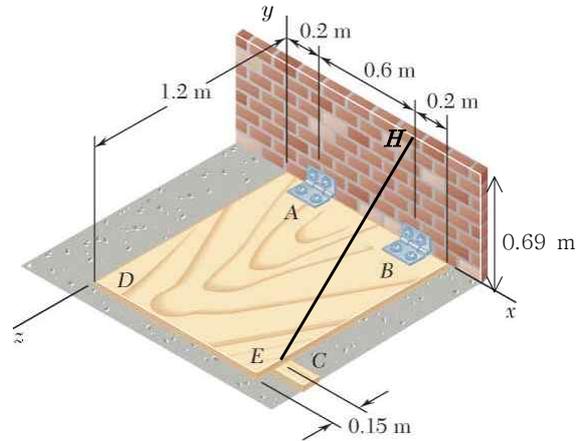


3.[6점] 그림과 같이, 수직면과  $30^\circ$ 를 이루는 궤도에 짐차가 정지해 있다. 짐차의 무게를 모르고, 무게중심 위치는  $G$ 이다. 짐차를 지지하는 케이블의 장력은 20.0 kN이다.

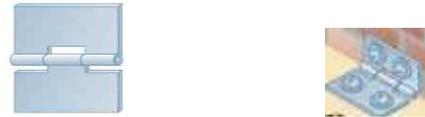


(a) 짐차의 자유물체도(free-body diagram)를 그림 오른쪽 여백에 그려라.  
 (b) 짐차의 무게는 몇 kN 인가?  
 (c) 뒷바퀴  $B$ 에서의 반력 힘의 크기와 방향을 구하여라.

4.[8점] 그림과 같이 직사각형 평판이 수평을 유지하고 있다.  $A$ 와  $B$ 에서 힌지(hinge)되어 있고,  $C$ 에서 나무 블록을 얹었고 줄  $CH$ 로 지탱한다. 줄  $CH$ 의 장력이 280 N이다.

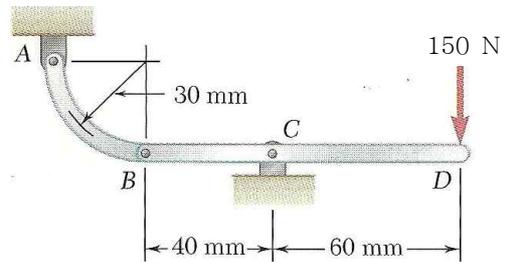


(a)  $A$ 와  $B$ 의 힌지는 아래 왼쪽 그림과 같은 구조로서, 출입문의 경첩과 같은 기능을 한다. 3차원 구조물에서 힌지  $B$ 의 모든 반력(reacton)들을 오른쪽 그림에 나타내어라.



(b) 줄  $CH$ 가 평판의  $C$ 지점에 가하는 힘 벡터  $T_{CH}$ 를 직각 성분 방식으로 표현하여라.  
 (c) 줄  $CH$ 가 평판의  $C$ 지점에 가하는 힘  $T_{CH}$ 의 점  $A$ 에 관한 모멘트 벡터  $M_A$ 를 구하여라.  
 (d) 줄  $CH$ 가 평판의  $C$ 지점에 가하는 힘  $T_{CH}$ 의  $x$ 축에 관한 모멘트  $M_x$ 의 크기와 부호를 구하여라.

5.[4점] 그림과 같이 두 개의 링크  $AB$ 와  $BCD$ 가  $B$ 에서 핀으로 연결된 구조물이  $A$ 와  $C$ 에서 핀으로 지지되어 있고  $D$ 에서 150 N의 힘을 받으며 평형을 유지하고 있다.



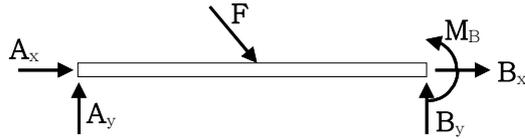
(a) 링크  $AB$ 와  $BCD$ 를 분리하여 각각의 자유물체도(free-body diagram)를 그려라. 각 링크에 작용하는 반력 힘은 평형을 유지하는 방향으로 표시하여야 함.



(b) 힘 삼각형(force triangle) 방법을 사용하여, 링크  $BCD$ 의  $C$ 에서의 반력 힘의 크기와 방향을 구하여라.

1. (a) segway는 두 바퀴가 지면에 가하는 마찰력을 다르게 하여 회전할 수 있고, 두 마찰력이 크기가 같고 방향이 반대인 경우 우력(짜힘, couple) 모멘트를 작용시켜 제자리에서 회전할 수도 있다. triway는 뒷바퀴가 지면에 가하는 마찰력으로 추진을 하고 앞바퀴의 방향에 따라 회전을 하므로, 회전반경이 존재하며 제자리에서 회전할 수 없다.

(b)



힌지(hinge)된 쪽에는 미지수가 2개인 반력(수평 힘, 수직 힘)이 가해지고, 고정된 쪽에는 미지수가 3개인 반력(수평 힘, 수직 힘, 모멘트)이 가해진다. 2차원 평형 문제에서 평형 식은 3개인데 미지수가 5개이므로, 반력이 정역학적으로(statically) 결정(determinate)되지 못한다.

2.  $\alpha = 30^\circ, \beta = 60^\circ, l_{BC} = 0.300 \text{ m}, P = 250 \text{ N} \searrow 60^\circ$

$\alpha + \beta = 90^\circ$

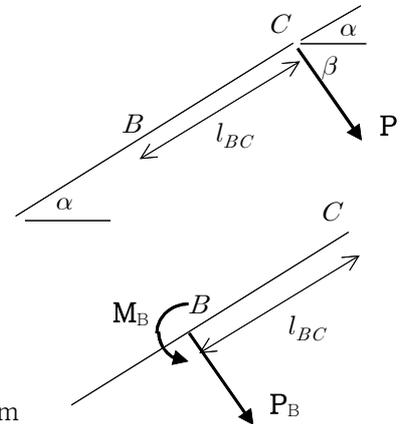
$\Sigma F: P_B = P = 250 \text{ N} \Rightarrow P_B = 250 \text{ N} \searrow 60^\circ$

<방법 1>

$\uparrow \Sigma M_B: M_B = -l_{BC} P$   
 $= -(0.300 \text{ m})(250 \text{ N}) = -75.0 \text{ N}\cdot\text{m}$   
 $\Rightarrow M_B = 75.0 \text{ N}\cdot\text{m} \uparrow$

<방법 2>

$\uparrow \Sigma M_C: 0 = M_B + l_{BC} P$   
 $\Rightarrow M_B = -l_{BC} P = -(0.300 \text{ m})(250 \text{ N}) = -75.0 \text{ N}\cdot\text{m}$   
 $\Rightarrow M_B = 75.0 \text{ N}\cdot\text{m} \uparrow$



3.  $T = 20.0 \text{ kN}, \theta = 30^\circ, l_A = l_B = 0.625 \text{ m}$

$d = 0.750 - 0.600 \text{ m} = 0.150 \text{ m}$

(b)  $\searrow \Sigma F_x = 0;$

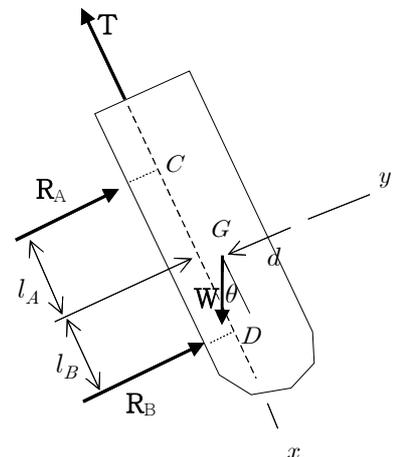
$W \cos\theta - T = 0$   
 $\Rightarrow W = \frac{T}{\cos\theta} = \frac{20.0 \text{ kN}}{\cos 30^\circ} = 23.09 \text{ kN}$   
 $\Rightarrow W = 23.1 \text{ kN}$

(c)  $W_x = W \cos\theta, W_y = -W \sin\theta$

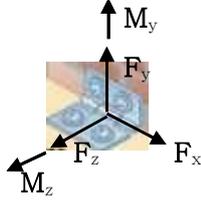
$\uparrow \Sigma M_C = 0;$

$(l_A + l_B) R_B - l_A (W \sin\theta) - d (W \cos\theta) = 0$   
 $\Rightarrow R_B = \frac{l_A \sin\theta + d \cos\theta}{l_A + l_B} W$   
 $= \frac{(0.625 \text{ m}) \sin 30^\circ + (0.150 \text{ m}) \cos 30^\circ}{(0.625 + 0.625 \text{ m})} (23.09 \text{ kN})$   
 $= 8.172 \text{ kN} \Rightarrow R_B = 8.17 \text{ kN} \angle 30^\circ$

(a)



4. (a)



(b)  $T_{CH} = 280 \text{ N}$

$$d_{CH} = \sqrt{(-0.2 \text{ m})^2 + (0.69 \text{ m})^2 + (-1.05 \text{ m})^2} = 1.2722 \text{ m}$$

$$\lambda_{CH} = \frac{1}{1.2722}(-0.2 \text{ i} + 0.69 \text{ j} - 1.05 \text{ k}) = -0.1572 \text{ i} + 0.5423 \text{ j} - 0.8253 \text{ k}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{T}_{CH} &= T_{CH} \lambda_{CH} = (280 \text{ N})(-0.1572 \text{ i} + 0.5423 \text{ j} - 0.8253 \text{ k}) \\ &= (-44.0 \text{ N}) \text{ i} + (151.8 \text{ N}) \text{ j} - (231 \text{ N}) \text{ k} = -44.0 \text{ i} + 151.8 \text{ j} - 231 \text{ k} \text{ (N)} \end{aligned}$$

(c) <방법1>

$$\mathbf{r}_{C/A} = 0.8 \text{ i} + 0 \text{ j} + 1.05 \text{ k} \text{ (m)} = 0.8 \text{ i} + 1.05 \text{ k} \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_A &= \mathbf{r}_{C/A} \times \mathbf{T}_{CH} = [0.8 \text{ i} + 1.05 \text{ k} \text{ (m)}] \times [-44.0 \text{ i} + 151.8 \text{ j} - 231 \text{ k} \text{ (N)}] \\ &= [0 - (1.05)(151.8)] \text{ i} + [(1.05)(-44.0) - (0.8)(-231)] \text{ j} + [(0.8)(151.8) - 0] \text{ k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \\ &= -159.4 \text{ i} + 138.6 \text{ j} + 121.4 \text{ k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

<방법2>

$$\mathbf{r}_{H/A} = 0.6 \text{ i} + 0.69 \text{ j} + 0 \text{ k} \text{ (m)} = 0.6 \text{ i} + 0.69 \text{ j} \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_A &= \mathbf{r}_{H/A} \times \mathbf{T}_{CH} = [0.6 \text{ i} + 0.69 \text{ j} \text{ (m)}] \times [-44.0 \text{ i} + 151.8 \text{ j} - 231 \text{ k} \text{ (N)}] \\ &= [(0.69)(-231) - 0] \text{ i} + [0 - (0.6)(-231)] \text{ j} + [(0.6)(151.8) - (0.69)(-44.0)] \text{ k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \\ &= -159.4 \text{ i} + 138.6 \text{ j} + 121.4 \text{ k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

(d)  $\lambda_x = \mathbf{i}$

$$\begin{aligned} M_x &= \lambda_x \cdot \mathbf{M}_A = \mathbf{i} \cdot \mathbf{M}_A \\ &= \mathbf{i} \cdot [-159.4 \text{ i} + 138.6 \text{ j} + 121.4 \text{ k} \text{ (N}\cdot\text{m)}] \\ &= -159.4 \text{ (N}\cdot\text{m)} \quad \Rightarrow \quad M_x = -159.4 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

5.

(b)  $\tan \theta = \frac{60 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 0.60$

$$\Rightarrow \theta = \tan^{-1}(0.60) = 30.96^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ - \theta = 45^\circ - 30.96^\circ = 14.04^\circ$$

sine 공식  $\frac{150 \text{ N}}{\sin \alpha} = \frac{C}{\sin 135^\circ}$

$$\Rightarrow C = \frac{\sin 135^\circ}{\sin \alpha} (150 \text{ N})$$

$$= \frac{\sin 135^\circ}{\sin 14.04^\circ} (150 \text{ N}) = 437.2 \text{ N}$$

$$45^\circ + 14.04^\circ = 59.04^\circ$$

$$\Rightarrow C = 437 \text{ N} \angle 59.0^\circ$$

(a)

