

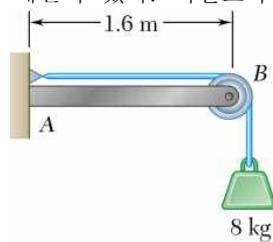
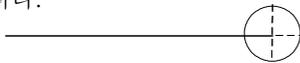
1.[2점] 다음 물음에 답하여라.

(a) 정지하고 있는 강체(rigid body)에 힘들이 작용하여 평형(equilibrium)을 이루고 있다면, ① 이는 어떤 상태인지를 식으로 표현하고, ② 그 결과는 무엇인지를 직선운동과 회전운동 관점에서 서술하여라.

(b) 우력(偶力, couple)의 사례를 5개 제시하여라.

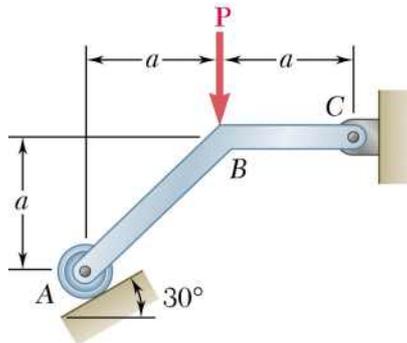
2.[1+4점] 외팔보(cantilever)  $AB$ 의 한 쪽 끝  $A$ 가 벽에 고정(fix)되어 있다. 외팔보의 다른 쪽 끝  $B$ 에는 반지름  $0.1\text{ m}$ 인 도르래에  $8\text{ kg}$  질량체가 매달려 있다. 외팔보와 도르래의 무게는 무시할 만하다.

(a) 외팔보  $AB$ 의 자유물체도(free-body diagram)를 아래에 그려라.

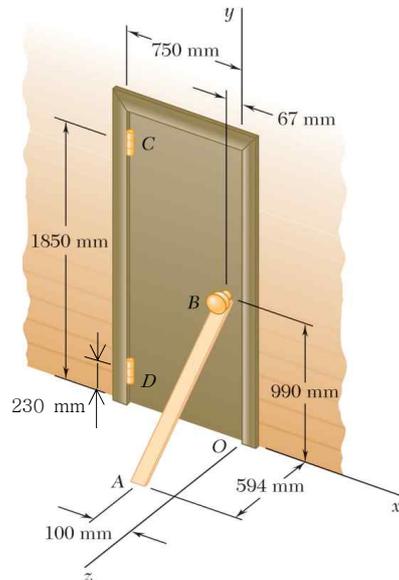


(b) 점  $A$ 에서의 반력(reaction)을 구하여라. (반력 중 힘은 크기와 방향으로 표현함.)

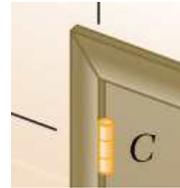
3.[6점] A bent rod  $ABC$  is supported by a roller at  $A$  and is hinged at  $C$ . A force  $P$  of magnitude  $200\text{ N}$  is applied at  $B$  as shown. The weight of the rod and roller is negligible. Determine the reactions at  $A$  and  $C$ . (반력 중 힘은 크기와 방향으로 표현함.)



4.[6점] 4.[1+4+1점] 문을 닫아놓기 위하여 나무막대를 바닥면과 문 손잡이 사이에 끼워놓았다. 막대는 점  $B$ 에  $AB$  방향으로  $350\text{ N}$ 의 힘을 가하고 있다.



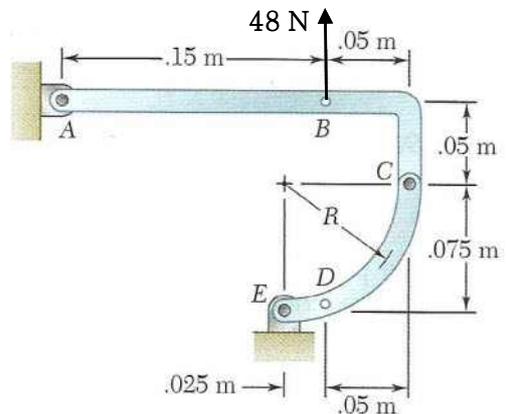
(a) 힌지(hinge)된 점  $C$ 에서의 3차원 반력을 좌표축 기준으로 도시하여라.



(b) 점  $B$ 에 가해지는 힘을 점  $D$ 에서 등가(equivalent)인 힘-우력(force-couple)계로 바꾸어라.

(c) 스칼라곱을 이용하여  $DC$ 축에 관한 모멘트  $M_{DC}$ 를 구하여라.

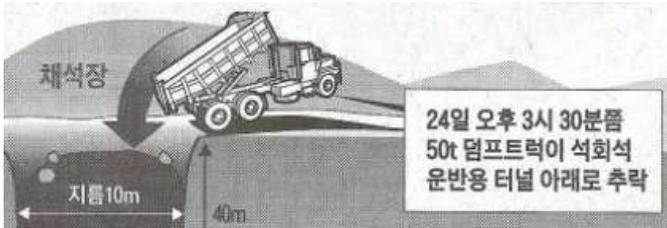
5.[6점] 그림과 같이 세 지점  $A, C, E$ 에서 힌지(hinge)된 구조물이 있다.  $B$  지점에서 수직 위 방향으로  $48\text{ N}$ 의 힘이 작용하고, 구조물의 무게는 무시할 만하다. 힘 삼각형(force triangle) 방법을 이용하여  $A$  지점과  $E$  지점의 반력을 구하여라. (반력 중 힘은 크기와 방향으로 표현함.)



1.[2점] 다음 물음에 답하여라.

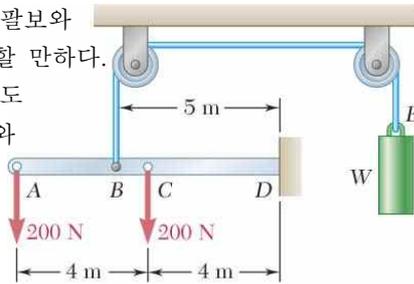
(a) 정지하고 있던 강체(rigid body)에 우력(偶力, couple)이 작용하고 있다면, ① 이는 어떤 상태인지를 식으로 표현하고, ② 그 결과는 무엇인지를 직선운동과 회전운동 관점에서 서술하여라.

(b) 지난 5월 24일에 채석장에서 덤프 트럭이 돌을 쏟아 내리던 중에 추락하는 사고가 있었다. 역학적인 사고 원인과 예방 방안을 서술하여라.



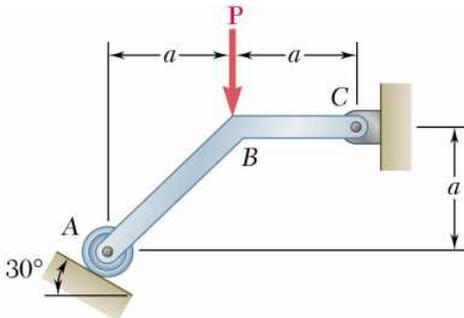
2.[1+4점] 외팔보(cantilever)  $AD$ 의 한 쪽 끝  $D$ 가 벽에 고정(fix)되어 있다. 외팔보와 도르래의 무게는 무시할 만하다.

(a) 외팔보의 자유물체도(free-body diagram)와 오른쪽 도르래의 자유물체도를 각각 아래에 그려라.

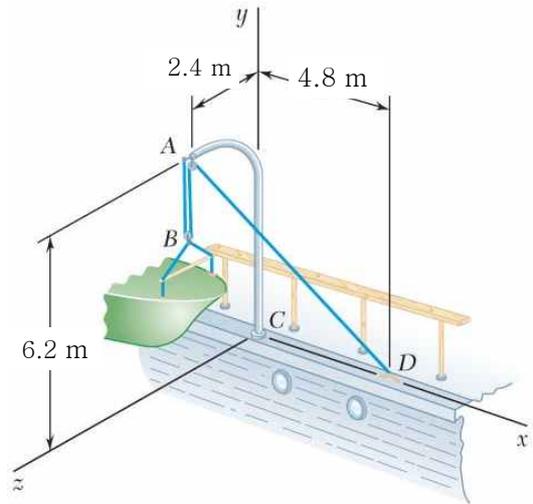


(b) 점  $D$ 에서의 우력 모멘트의 크기가 200 N·m를 넘지 않기 위한 무게  $W$ 의 범위를 구하여라.

3.[6점] A bent rod  $ABC$  is supported by a roller at  $A$  and is hinged at  $C$ . A force  $P$  of magnitude 300 N is applied at  $B$  as shown. The weight of the rod and roller is negligible. Determine the reactions at  $A$  and  $C$ . (반력 중 힘은 크기와 방향으로 표현함.)



4.[1+4+1점] 작은 배가 기둥(davit)에 매달려 있고, 그 중 일부가 그림에 보여 있다. 줄의 장력이 300 N이다.



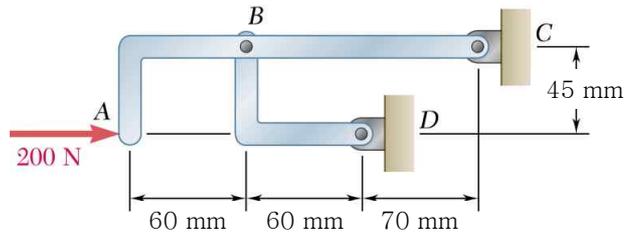
(a) 고정(fix)된 점  $C$ 에서의 3차원 반력을 좌표축 기준으로 도시하여라.



(b) 점  $A$ 에 가해지는 힘들의 합력(resultant)을 점  $C$ 에서 등가(equivalent)인 힘-우력(force-couple)계로 바꾸어라.

(c) 스칼라곱을 이용하여  $x$ 축에 관한 모멘트를 구하여라.

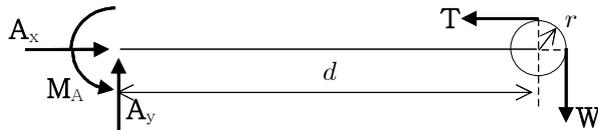
5.[6점] 그림과 같이 세 지점  $B, C, D$ 에서 힌지(hinge)된 구조물이 있다.  $A$  지점에서 오른쪽 방향으로 200 N의 힘이 작용하고, 구조물의 무게는 무시할 만하다. 힘 삼각형(force triangle) 방법을 이용하여  $C$  지점과  $D$  지점의 반력의 크기와 방향을 구하여라.



1. (a) ①  $\mathbf{R} = \Sigma \mathbf{F} = 0$ ,  $\mathbf{M}_O^R = \Sigma \mathbf{M}_O = \Sigma (\mathbf{r} \times \mathbf{F}) = 0$   
 ② 병진운동이나 회전운동을 시키지 않음

(b) lug nut wrench, 둥근 문손잡이, 나사 드라이버, 세그웨이 회전, 항공모함 tug boat, 매직 큐브, 병뚜껑 돌림, 자동차 핸들(steering wheel), 양쪽에서 미는 회전 문, 수도꼭지, 도시가스 밸브, 드릴, 팽이를 두 손으로 돌림, ...

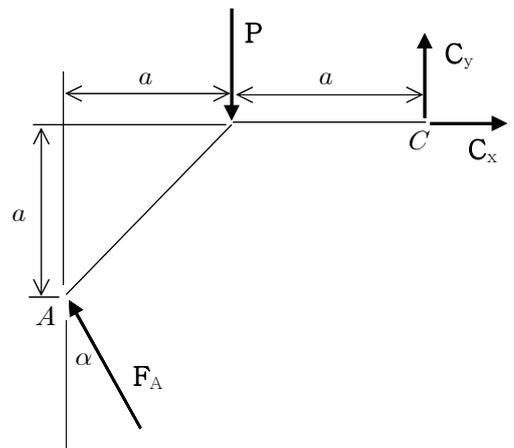
2. (a) 자유물체도



(b)  $T = W = mg = (8 \text{ kg})(9.806 \text{ m/s}^2) = 78.44 \text{ N}$   
 $\Sigma F_x = 0 : A_x - T = 0 \Rightarrow A_x = W = 78.44 \text{ N}$   
 $\Sigma F_y = 0 : A_y - W = 0 \Rightarrow A_y = W = 78.44 \text{ N}$   
 $\Rightarrow A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{(78.44 \text{ N})^2 + (78.44 \text{ N})^2} = 110.91 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{A} = 110.9 \text{ N } \angle 45.0^\circ$   
 $+ \uparrow \Sigma M_A = 0 : M_A + rT - (d+r)W = 0$   
 $\Rightarrow M_A = dW = (1.6 \text{ m})(78.44 \text{ N}) = 125.50 \text{ N}\cdot\text{m} \Rightarrow \mathbf{M}_A = 125.5 \text{ N}\cdot\text{m } \uparrow$

3.  $P = 200 \text{ N}$ ,  $\alpha = 30^\circ$

$+ \uparrow \Sigma M_C = 0 : aP - (2a)F_{Ay} - aF_{Ax} = 0$   
 $\Rightarrow aP - (2a)F_A \cos\alpha - aF_A \sin\alpha = 0$   
 $\Rightarrow F_A = \frac{P}{2 \cos\alpha + \sin\alpha} = \frac{200 \text{ N}}{2 \cos 30^\circ + \sin 30^\circ}$   
 $= 89.60 \text{ N}$   
 $\Rightarrow \mathbf{F}_A = 89.6 \text{ N } \angle 60.0^\circ$



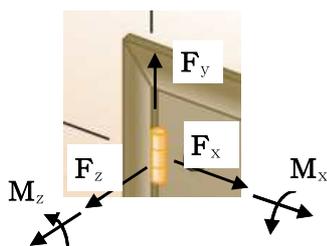
$\Sigma F_x = 0 : C_x - F_{Ax} = 0$   
 $\Rightarrow C_x = F_A \sin\alpha = (89.60 \text{ N}) \sin 30^\circ = 44.80 \text{ N}$   
 $\Sigma F_y = 0 : C_y - P + F_{Ay} = 0$   
 $\Rightarrow C_y = P - F_A \cos\alpha = (200 \text{ N}) - (89.60 \text{ N}) \cos 30^\circ = 122.40 \text{ N}$

$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = \sqrt{(44.80 \text{ N})^2 + (122.40 \text{ N})^2} = 130.34 \text{ N}$

$\tan\theta = \frac{C_y}{C_x} = \frac{122.40}{44.80} = 2.732 \Rightarrow \theta = \tan^{-1}(2.732) = 69.90^\circ$

$\Rightarrow \mathbf{C} = 130.3 \text{ N } \angle 69.9^\circ$

4. (a)



(b)  $F_{AB} = 350 \text{ N}$

$$d_{ABx} = (0.100 - 0.067) \text{ m} = 0.033 \text{ m}$$

$$d_{ABy} = 0.990 \text{ m}, \quad d_{ABz} = -0.594 \text{ m}$$

$$d_{AB} = \sqrt{d_{ABx}^2 + d_{ABy}^2 + d_{ABz}^2} = \sqrt{0.033^2 + 0.990^2 + (-0.594)^2} \text{ m} = 1.155 \text{ m}$$

$$\lambda_{AB} = \frac{1}{d_{AB}} (d_{ABx} \mathbf{i} + d_{ABy} \mathbf{j} + d_{ABz} \mathbf{k})$$

$$= \frac{1}{1.155} [0.033 \mathbf{i} + 0.990 \mathbf{j} + (-0.594) \mathbf{k}]$$

$$\mathbf{F}_{AB} = F_{AB} \lambda_{AB}$$

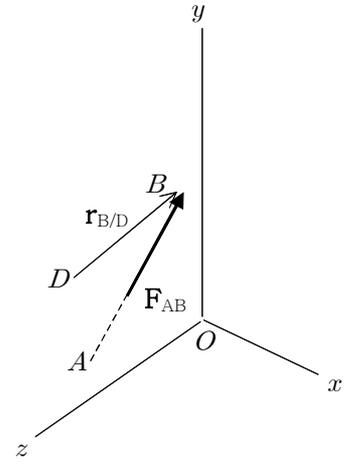
$$= \frac{350 \text{ N}}{1.155} [0.033 \mathbf{i} + 0.990 \mathbf{j} + (-0.594) \mathbf{k}] = 10.00 \mathbf{i} + 300.0 \mathbf{j} + (-180.0) \mathbf{k} \text{ (N)}$$

$$\mathbf{F}_D = \mathbf{F}_{AB} = (10.00 \text{ N}) \mathbf{i} + (300 \text{ N}) \mathbf{j} + (-180.0 \text{ N}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{B/D} = (0.750 - 0.067) \mathbf{i} + (0.990 - 0.230) \mathbf{j} \text{ (m)} = 0.683 \mathbf{i} + 0.760 \mathbf{j} \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_D &= \mathbf{r}_{B/D} \times \mathbf{F}_{AB} = [0.683 \mathbf{i} + 0.760 \mathbf{j} \text{ (m)}] \times [10.00 \mathbf{i} + 300 \mathbf{j} + (-180.0) \mathbf{k} \text{ (N)}] \\ &= [(0.760)(-180.0) + 0] \mathbf{i} + [0 - (0.683)(-180.0)] \mathbf{j} \\ &\quad + [(0.683)(300) - (0.760)(10.00)] \mathbf{k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \\ &= -136.8 \mathbf{i} + 122.9 \mathbf{j} + 197.3 \mathbf{k} \text{ (N}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

(c)  $M_{DC} = \lambda_{DC} \cdot \mathbf{M}_D = \mathbf{j} \cdot [-136.8 \mathbf{i} + 122.9 \mathbf{j} + 197.3 \mathbf{k} \text{ (N}\cdot\text{m)}] = 122.9 \text{ N}\cdot\text{m}$



5.  $P = 48 \text{ N}, \quad \beta = \phi = 45.0^\circ$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0.05 + 0.05}{0.15} = 33.69^\circ$$

$$\gamma = \alpha + \phi = 33.69^\circ + 45.0^\circ = 78.69^\circ$$

$$\theta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 33.69^\circ = 56.31^\circ$$

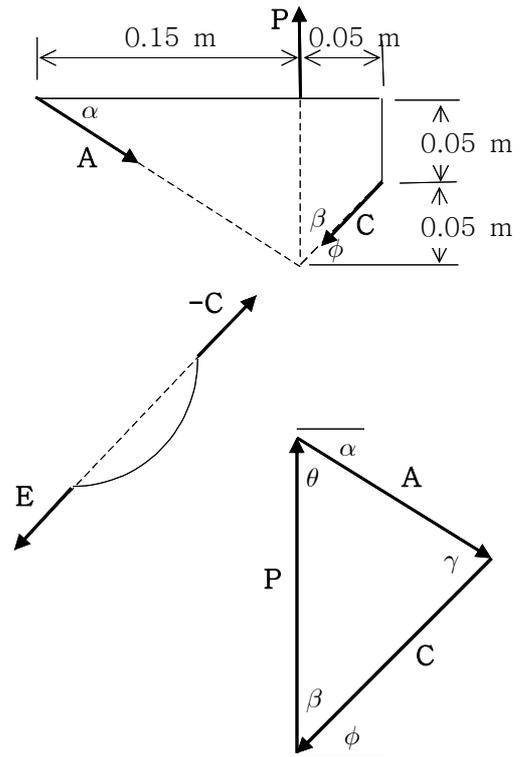
$$\frac{A}{\sin \beta} = \frac{C}{\sin \theta} = \frac{P}{\sin \gamma}$$

$$A = P \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = (48 \text{ N}) \frac{\sin 45.0^\circ}{\sin 78.69^\circ} = 34.61 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \mathbf{A} = 34.6 \text{ N} \searrow 33.7^\circ$$

$$C = P \frac{\sin \theta}{\sin \gamma} = (48 \text{ N}) \frac{\sin 56.31^\circ}{\sin 78.69^\circ} = 40.73 \text{ N}$$

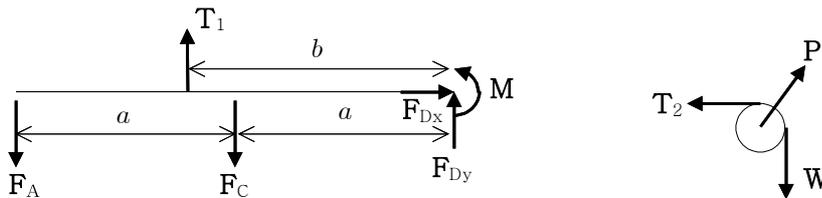
$$\Rightarrow \mathbf{E} = \mathbf{C} = 40.7 \text{ N} \nearrow 45.0^\circ$$



1. (a) ①  $\mathbf{R} = \Sigma \mathbf{F} = 0$ ,  $\mathbf{M}_O^R = \Sigma \mathbf{M}_O = \Sigma (\mathbf{r} \times \mathbf{F}) \neq 0$   
 ② 직선운동(병진운동)은 없고, 회전운동을 유발한다.

(b) 서술 (핵심어) 힘의 모멘트, 무게 중심

2. (a) 자유물체도



- (b)  $F_A = F_C = 200 \text{ N}$ ,  $a = 4 \text{ m}$ ,  $b = 5 \text{ m}$ ,  $T_1 = T_2 = W$

$$|M| \leq 200 \text{ N}\cdot\text{m} \Rightarrow -200 \text{ N}\cdot\text{m} \leq M \leq 200 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$+\uparrow \Sigma M_D = 0 : M + 2a F_A + a F_C - b T_1 = 0$$

$$\Rightarrow W = \frac{M + 2a F_A + a F_C}{b}$$

$$M = -200 \text{ N}\cdot\text{m} \text{ 일 때, } W = \frac{(-200 \text{ N}\cdot\text{m}) + 2(4 \text{ m})(200 \text{ N}) + (4 \text{ m})(200 \text{ N})}{5 \text{ m}} = 440 \text{ N}$$

$$M = 200 \text{ N}\cdot\text{m} \text{ 일 때, } W = \frac{(200 \text{ N}\cdot\text{m}) + 2(4 \text{ m})(200 \text{ N}) + (4 \text{ m})(200 \text{ N})}{5 \text{ m}} = 520 \text{ N}$$

$$\Rightarrow 440 \text{ N} \leq W \leq 520 \text{ N}$$

3.  $P = 300 \text{ N}$ ,  $\alpha = 30^\circ$

$$+\uparrow \Sigma M_C = 0 : a P - (2a) F_{Ay} + a F_{Ax} = 0$$

$$\Rightarrow a P - (2a) F_A \cos \alpha + a F_A \sin \alpha = 0$$

$$\Rightarrow F_A = \frac{P}{2 \cos \alpha - \sin \alpha} = \frac{300 \text{ N}}{2 \cos 30^\circ - \sin 30^\circ}$$

$$= 243.4 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \mathbf{F}_A = 243 \text{ N} \angle 60.0^\circ$$

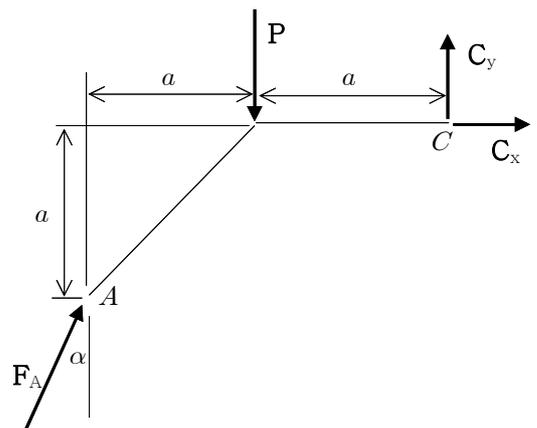
$$\Sigma F_x = 0 : C_x + F_{Ax} = 0$$

$$\Rightarrow C_x = -F_A \sin \alpha = -(243.4 \text{ N}) \sin 30^\circ$$

$$= -121.7 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 : C_y - P + F_{Ay} = 0$$

$$\Rightarrow C_y = P - F_A \cos \alpha = (300 \text{ N}) - (243.4 \text{ N}) \cos 30^\circ = 89.21 \text{ N}$$

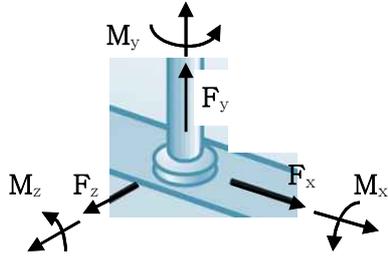


$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = \sqrt{(-121.7 \text{ N})^2 + (89.21 \text{ N})^2} = 150.90 \text{ N}$$

$$\tan \theta = \frac{C_y}{C_x} = \frac{89.21}{-121.7} = -0.733 \Rightarrow \theta = \tan^{-1}(-0.733) = -36.2^\circ$$

$$\Rightarrow \mathbf{C} = 150.9 \text{ N} \angle 36.2^\circ$$

4. (a)



(b)  $T = 300 \text{ N}$

$$\lambda_{AD} = \frac{(4.8 \text{ m})\mathbf{i} + (-6.2 \text{ m})\mathbf{j} + (-2.4 \text{ m})\mathbf{k}}{\sqrt{(4.8 \text{ m})^2 + (-6.2 \text{ m})^2 + (-2.4 \text{ m})^2}}$$

$$= 0.5854 \mathbf{i} - 0.7561 \mathbf{j} - 0.2927 \mathbf{k}$$

$$\mathbf{T}_{AD} = T \lambda_{AD} = T (0.5854 \mathbf{i} - 0.7561 \mathbf{j} - 0.2927 \mathbf{k})$$

$$\mathbf{R}_A = 2 \mathbf{T}_{AB} + \mathbf{T}_{AD}$$

$$= -2 T \mathbf{j} + T (0.5854 \mathbf{i} - 0.7561 \mathbf{j} - 0.2927 \mathbf{k})$$

$$= (300 \text{ N}) (0.5854 \mathbf{i} - 2.7561 \mathbf{j} - 0.2927 \mathbf{k}) = 175.62 \mathbf{i} - 826.8 \mathbf{j} - 87.81 \mathbf{k} \text{ (N)}$$

$$\mathbf{F}_C = \mathbf{R}_A = (175.6 \text{ N}) \mathbf{i} + (-827 \text{ N}) \mathbf{j} + (-87.8 \text{ N}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{A/C} = 6.2 \mathbf{j} + 2.4 \mathbf{k} \text{ (m)}$$

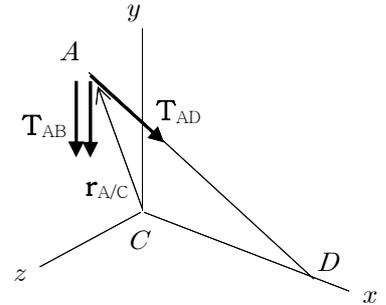
$$\mathbf{M}_C = \mathbf{r}_{A/C} \times \mathbf{R}_A$$

$$= [6.2 \mathbf{j} + 2.4 \mathbf{k} \text{ (m)}] \times [175.62 \mathbf{i} - 826.8 \mathbf{j} - 87.81 \mathbf{k} \text{ (N)}]$$

$$= [(6.2)(-87.81) - (2.4)(-826.8)] \mathbf{i}$$

$$+ [(2.4)(175.62)] \mathbf{j} + [-(6.2)(175.62)] \mathbf{k} \text{ (m)}$$

$$= (1,440 \text{ N}\cdot\text{m}) \mathbf{i} + (421 \text{ N}\cdot\text{m}) \mathbf{j} + (-1,089 \text{ N}\cdot\text{m}) \mathbf{k}$$



(c)  $M_x = \mathbf{i} \cdot \mathbf{M}_C = \mathbf{i} \cdot [(1,440) \mathbf{i} + (421) \mathbf{j} + (-1,089) \mathbf{k} \text{ (N}\cdot\text{m)}] = 1,440 \text{ N}\cdot\text{m}$

5.  $P = 200 \text{ N}$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{45}{70} = 32.73^\circ$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{45}{60} = 36.87^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - (32.73^\circ + 36.87^\circ) = 110.39^\circ$$

$$\frac{B}{\sin \alpha} = \frac{C}{\sin \beta} = \frac{P}{\sin \gamma}$$

$$C = P \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = (200 \text{ N}) \frac{\sin 36.87^\circ}{\sin 110.39^\circ}$$

$$= 128.02 \text{ N}$$

$$\Rightarrow C = 128.0 \text{ N} \nearrow 32.7^\circ$$

$$B = P \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = (200 \text{ N}) \frac{\sin 32.73^\circ}{\sin 110.39^\circ} = 115.36 \text{ N}$$

$$\Rightarrow D = B = 115.4 \text{ N} \searrow 36.9^\circ$$

