

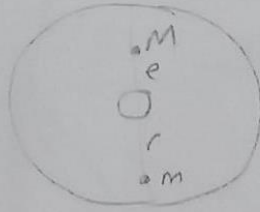
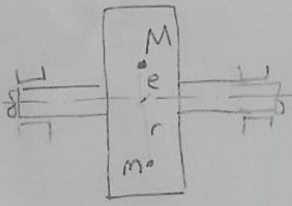
DÖNEL ROTORLARIN DENGELENMESİ.

①

Rotorlar, dânel kütlelerdir. Rotorun manyu eksenini dönmeye elverişlidir.

Statik dengeleme:

Dönmeye eksenini ile rotor kütle merkezinin üst üste getirilmesi. Bu tür dengeleme teke döndürme yapılır. Statik dengeleme kütle ilavesi veya çıkarılması ile yapılır.

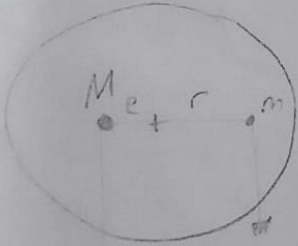


$$M \cdot e = m \cdot r$$

Rotor kütle: Dengeleme kütle

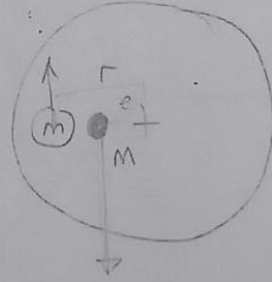


Eğer kütle ilavesiyle dengeleme yapılacaksa iki kütle merkezi tes teatta olmalı zannede. Kütle çıkarılması ile yapılacaksa, iki kütle merkezi aynı teatta olmalı zannede.



$$M \cdot e = m \cdot r$$

Kütle ilavesi



$$M \cdot e = m \cdot r$$

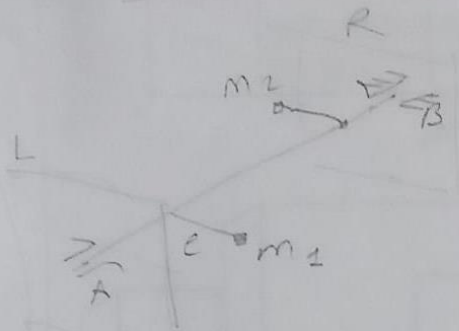
Kütle çıkarılması

~~Belelelelelelele~~
180° ile aynı farktır.

Statik dengeleme yapılacaksa dânel kütle eklenmesi ya da çıkarılması ile yapılır.

olar.

Dinamik Dengeleme

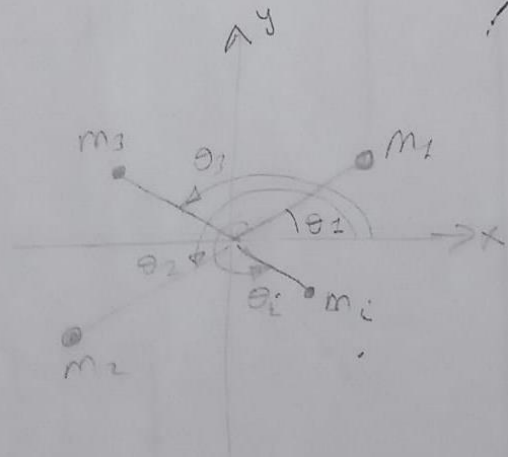
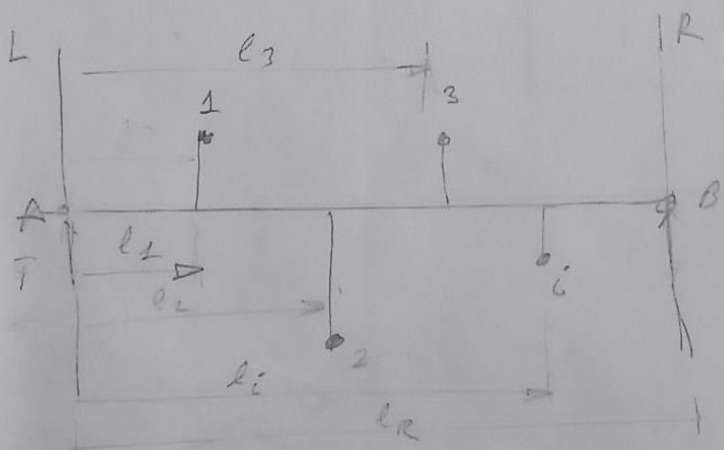


$m_1 = m_2$ olursa mil statik olarak dengelidir. Fakat dinamik olarak dengelendir.

Dinamik dengelene için ^(a) hem degenere kötlemler merkeziye kuvvetlerin toplamı sıfır yapılır, ^(b) böylece L ve R doğrularına göre momentlerin toplamı sıfır yapılır.

$\sum \vec{F}_i = 0$: Merkeziye kuvvetler toplamı.

$\sum \vec{M}_i = 0$: Momentler toplamı.



$\sum F_{ix} = 0$
 $\sum F_{iy} = 0$ } Merkeziye kuvvetlerin eksenlere göre dengelemesi iz dairesindeki

$F_1 = m_1 \cdot e_1 \cdot \omega^2$

$F_2 = m_2 \cdot e_2 \cdot \omega^2$

$F_3 = m_3 \cdot e_3 \cdot \omega^2$

Hesaplama

$\vec{a}_n = \vec{r} \cdot \omega^2$

$a_n = r \cdot \omega^2$ idi.

Aynı kuvvet

$F = m a_n \rightarrow m \cdot r \cdot \omega^2$

$\sum F_{ix} \Rightarrow, \sum F_{iy} \Rightarrow$

$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{ix} + F_{Rx} + F_{Lx} = 0 \quad (1)$

Sap ve sol tarafta bulunan kuvvetler burada olmasi gerekli dengeleyici kuvvetler.

$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{iy} + F_{Ry} + F_{Ly} = 0 \quad (2)$

$F_{1x} = F_1 \cdot \cos \theta_1 = m_1 \cdot r_1 \cdot \omega^2 \cdot \cos \theta_1$

$F_{1y} = F_1 \cdot \sin \theta_1 = m_1 \cdot r_1 \cdot \omega^2 \cdot \sin \theta_1$

Bu şekilde molar denge denklemlerinde etkileşim olmaz. Aynı dengeleyicilerde uygulan dengeleyiciler bulunur.

(1) ve (2) denklemlerinden ω leri kaldırabiliriz.

[Haber/beden - $w \cdot a + w \cdot b = 0 \Rightarrow w(a+b) = 0$
 $w \neq 0$
 $a+b=0$
yazulabilir.

Denklemler şu hali alır.

$m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 + m_2 \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 + \dots + m_i \cdot r_i \cdot \cos \theta_i + F_{Rx} + F_{Lx} = 0$

$m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 + m_2 \cdot r_2 \cdot \sin \theta_2 + \dots + m_i \cdot r_i \cdot \sin \theta_i + F_{Ry} + F_{Ly} = 0$

$\sum M_A = 0$

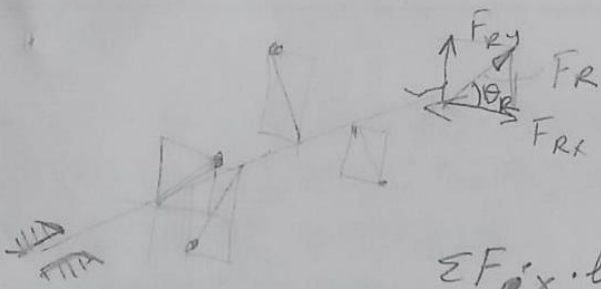
$F_{1x} \cdot l_1 + F_{2x} \cdot l_2 + \dots + F_{ix} \cdot l_i + F_{Rx} \cdot l_R = 0$

$F_{1y} \cdot l_1 + F_{2y} \cdot l_2 + \dots + F_{iy} \cdot l_i + F_{Ry} \cdot l_R = 0$

$\left. \begin{aligned} \sum F_{ix} \cdot l_i + F_{Rx} \cdot l_R &= 0 \\ \sum F_{iy} \cdot l_i + F_{Ry} \cdot l_R &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F_{Ry} \cdot l_R}{F_{Rx} \cdot l_R} = \frac{-\sum F_{iy} \cdot l_i}{-\sum F_{ix} \cdot l_i} \Rightarrow$

$\frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = \frac{\sum F_{iy} \cdot l_i}{\sum F_{ix} \cdot l_i} = \tan \theta_R$ Bununla θ_R bulunur.

(4)



$$\sum F_{ix} \cdot l_i + m_R \cdot F_R \cdot \cos \theta_R \cdot l_R = 0$$

Burada sağ taraftaki dönme kavulacak dengelenen kütle m_R olur ve bunun sağ taraftaki kuvvetin açısı θ_R olur.

Şimdi sol tarafta kavulacak dengelenen kütle ve açını bulalım.

$$\sum M_B = 0$$

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{ix} l_i + F_{Lx} \cdot l_L = 0 \\ \sum F_{iy} l_i + F_{Ly} \cdot l_L = 0 \end{aligned} \right\} \frac{F_{Ly} \cdot l_L}{F_{Lx} \cdot l_L} = \frac{-\sum F_{iy} \cdot l_i}{-\sum F_{ix} \cdot l_i}$$

$$\frac{F_{Ly}}{F_{Lx}} = \frac{\sum F_{iy} \cdot l_i}{\sum F_{ix} \cdot l_i} = \tan \theta_L \text{ olur. Buradan } \theta_L \text{ bulunur.}$$

$$\sum F_{ix} \cdot l_i + F_{Lx} \cdot l_L = 0$$

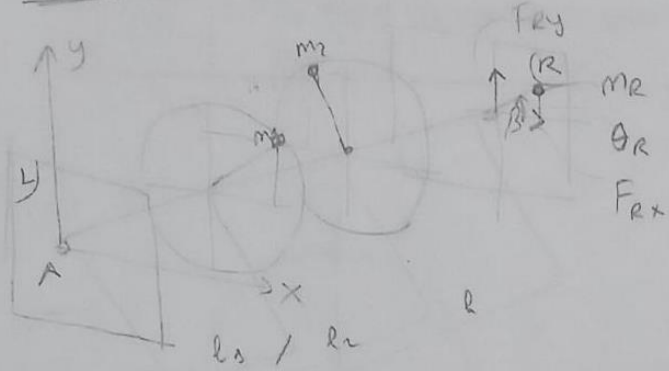
$$\sum F_{ix} \cdot l_i + m_L \cdot F_L \cdot \cos \theta_L \cdot l_L = 0$$

Buradan m_L bulunur.

DİNAMİK DENGELEME

(1)

Özet



merkez hız kuvveti:

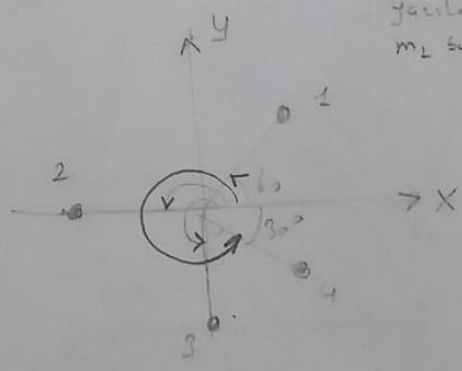
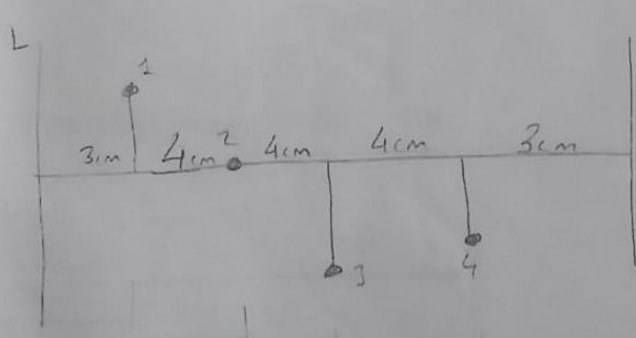
$$F_n = m a_n = m \cdot r \cdot \omega^2$$

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_i = 0 &\Rightarrow \begin{cases} \sum F_x = 0 \Rightarrow \sum F_{ix} + F_{Rx} + F_{Lx} = 0 & (1) \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow \sum F_{iy} + F_{Ry} + F_{Ly} = 0 & (2) \end{cases} \\ \sum M = 0 &\Rightarrow \begin{cases} \sum M_A = 0 \Rightarrow \sum M_{Ax} = 0 \Rightarrow \sum F_{iy} \cdot l_i + F_{Ry} \cdot l = 0 & (3) \\ \sum M_{Ay} = 0 \Rightarrow \sum M_{Ay} = 0 \Rightarrow \sum F_{ix} \cdot l_i + F_{Rx} \cdot l = 0 & (4) \\ \sum M_Bx = 0 \Rightarrow \sum F_{iy} (l_i) + F_{Ly} \cdot l = 0 & (5) \\ \sum M_By = 0 \Rightarrow \sum F_{ix} (l_i) + F_{Lx} \cdot l = 0 & (6) \end{cases} \end{aligned}$$

- θ_R bulunur.
- (3) de yine yazılır
- M_R bulunur
- Daha sonra
- (1) ve (2) de yerlerine yazılarak buradan θ_L bulunur.
- θ_L de (4) de yine yazılarak M_L bulunur.

Tüm denklemlerde ω lar kaldırılarak denetlenir.

Örnek



- Ölçüler:
- $m_1 = m_2 = 0,5 \text{ kg}$
 - $m_3 = m_4 = 0,6 \text{ kg}$
 - $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 4 \text{ cm}$
 - $r_R = r_L = 2 \text{ cm}$ (yarıçap)

Bu milin dinamik dengesi için L ve R desteklerine konulacak kütlemeler miktarlarını ve ağırlık konumlarını bulunuz.

$M_L = ?$ ve $M_R = ?$ $\theta_L = ?$ ve $\theta_R = ?$

$\sum M_{Ax} = 0 \quad F_{1x} \cdot l_{1A} + F_{2x} \cdot l_{2A} + F_{3x} \cdot l_{3A} + F_{4x} \cdot l_{4A} + F_R \cdot l = 0$

$m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 \cdot l + m_2 \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 \cdot l + m_3 \cdot r_3 \cdot \cos \theta_3 \cdot l + m_4 \cdot r_4 \cdot \cos \theta_4 \cdot l + m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R \cdot l = 0$

$0,5 \cdot 4 \cdot \cos 60 \cdot 3 + 0,5 \cdot 4 \cdot \cos 180 \cdot 7 + 0,6 \cdot 4 \cdot \cos 270 \cdot 11 + 0,6 \cdot 4 \cdot \cos 330 \cdot 15 + m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R \cdot l = 0$
 $20,176 + m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R \cdot l = 0 \quad \dots (1)$

$\sum M_{Ay} = 0 \quad F_{1y} \cdot l_{1A} + F_{2y} \cdot l_{2A} + F_{3y} \cdot l_{3A} + F_{4y} \cdot l_{4A} + F_{Ry} \cdot l = 0$

$m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot l + m_2 \cdot r_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot l + m_3 \cdot r_3 \cdot \sin \theta_3 \cdot l + m_4 \cdot r_4 \cdot \sin \theta_4 \cdot l + m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R \cdot l = 0$

$0,5 \cdot 4 \cdot \sin 60 \cdot 3 + 0,5 \cdot 4 \cdot \sin 180 \cdot 7 + 0,6 \cdot 4 \cdot \sin 270 \cdot 11 + 0,6 \cdot 4 \cdot \sin 330 \cdot 15 + m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R \cdot l = 0$
 $-39,203 + m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R \cdot l = 0$

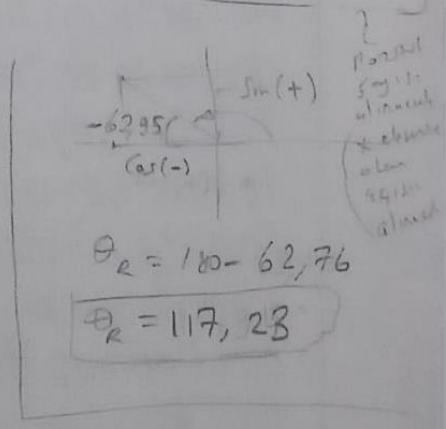
$\frac{m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R \cdot l}{m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R \cdot l} = \frac{39,203}{-20,176} \Rightarrow \tan \theta_R = -1,948 \Rightarrow \theta_R = -62,76$

(1) de göre yazalım.

$m_R \cdot 2 \cdot \cos 117,23 \cdot 18 = -1,8098$

$m_R = \frac{-20,176}{2 \cdot \cos 117,23 \cdot 18} = 1,224 \text{ kg}$

$m_R = 1,224 \text{ kg}$



2 ve 3 denklemlerde yerine yazalım.

$$\sum \vec{F}_x = 0 \text{ den } \sum F_{ix} + F_{Rx} + F_{Lx} = 0$$

$$\underbrace{m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 + m_2 \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 + m_3 \cdot r_3 \cdot \cos \theta_3 + m_4 \cdot r_4 \cdot \cos \theta_4}_{\sum F_{ix}} + \underbrace{m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R}_{F_{Rx}} + F_{Lx} = 0$$

$$1,0784 - 1,12 + F_{Lx} = 0 \Rightarrow F_{Lx} = +0,0417$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \text{ den } \sum F_{iy} + F_{Ry} + F_{Ly} = 0$$

$$\underbrace{m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 + m_2 \cdot r_2 \cdot \sin \theta_2 + m_3 \cdot r_3 \cdot \sin \theta_3 + m_4 \cdot r_4 \cdot \sin \theta_4}_{\sum F_{iy}} + \underbrace{m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R}_{F_{Ry}} + F_{Ly} = 0$$

$$-1,867 + 2,276 + F_{Ly} = 0 \Rightarrow F_{Ly} = -0,3097$$

$$\frac{F_{Ly}}{F_{Lx}} = \frac{m_L \cdot r_L \cdot \sin \theta_L}{m_L \cdot r_L \cdot \cos \theta_L} = \tan \theta_L = \frac{-0,3097}{0,0417} = -7,426$$

$$\Rightarrow \theta_L = -82,331$$

pozitif
sayisi
almadık
x-eksenine
olacak
almadık

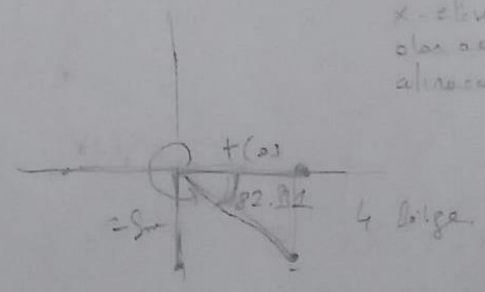
2'de yere koğulm

$$\sum F_{ix} \cdot r_i + F_{Rx} + F_{Lx} = 0$$

$$-0,0417 + m_L \cdot r_L \cdot \cos \theta_L = +0,0417$$

$$m_L \cdot 2 \cdot \cos(277,668) = +0,0417$$

$$m_L = \frac{-0,0417}{2 \cdot \cos(277,668)} = 0,156$$

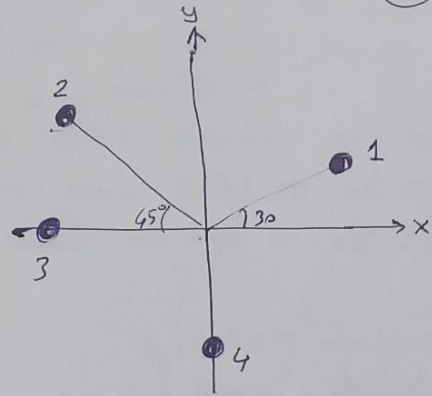
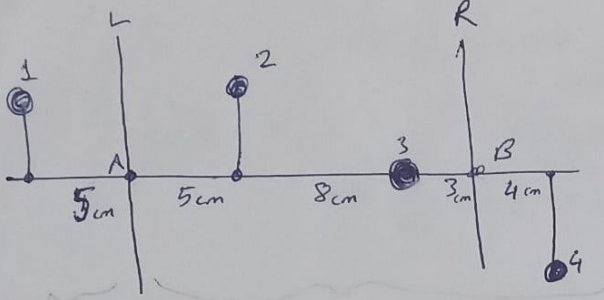


$$\theta_L = 360 - 82,331$$

$$\theta_L = 277,668$$

$$m_L = 0,156 \text{ kg}$$

Soru :



- | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| $m_1 = 1 \text{ kg.}$ | $r_1 = 3 \text{ cm.}$ | $r_R = 2,9 \text{ cm.}$ |
| $m_2 = 0,5 \text{ kg.}$ | $r_2 = 3 \text{ cm.}$ | $r_L = 2,5 \text{ cm.}$ |
| $m_3 = 0,8 \text{ kg.}$ | $r_3 = 2 \text{ cm.}$ | |
| $m_4 = 1,2 \text{ kg.}$ | $r_4 = 2 \text{ cm.}$ | |
| $\theta_1 = 30^\circ$ | $l_{1A} = 5 \text{ cm}$ | $b = 16$ |
| $\theta_2 = 135^\circ$ | $l_{2A} = 5 \text{ cm}$ | |
| $\theta_3 = 180^\circ$ | $l_{3A} = 13 \text{ cm.}$ | |
| $\theta_4 = 270^\circ$ | $l_{4A} = 20 \text{ cm.}$ | |

Sevkiyetler nite dehermek degelime ypanakizim L ve R diirlineleme konulacak kitleler esasel konumlarini bulunuz. Bu diirlineleme yataak oluyolu 2500 d/d da yataaklara ne kadar kuvvet kesir edicli.

$$\sum \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum F_x = 0 \Rightarrow \sum F_{ix} + F_{Rx} + F_{Lx} = 0 & (1) \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow \sum F_{iy} + F_{Ry} + F_{Ly} = 0 & (2) \end{cases}$$

$$\sum M_i = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum M_A = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum M_{Ax} = 0 \Rightarrow \sum F_{ix} \cdot l_{iA} + F_{Rx} \cdot l = 0 & (3) \\ \sum M_{Ay} = 0 \Rightarrow \sum F_{iy} \cdot l_{iA} + F_{Ry} \cdot l = 0 & (4) \end{cases} \\ \sum M_B = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum M_{Bx} = 0 \Rightarrow \sum F_{ix} \cdot l_{iB} + F_{Lx} \cdot l = 0 & (5) \\ \sum M_{By} = 0 \Rightarrow \sum F_{iy} \cdot l_{iB} + F_{Ly} \cdot l = 0 & (6) \end{cases} \end{cases}$$

(3) der. $\overset{+}{\sum} M_{AK} = 0$

(2)

$$\sum F_{ix} \cdot l_{iA} + F_{Rx} \cdot l = 0$$

$$-m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 \cdot l_{1A} + m_2 \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 \cdot l_{2A} + m_3 \cdot r_3 \cdot \cos \theta_3 \cdot l_{3A} + m_4 \cdot r_4 \cdot \cos \theta_4 \cdot l_{4A} + M_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R \cdot l = 0$$

$$-1 \cdot 3 \cdot \cos 30 \cdot 5 + 0,5 \cdot 3 \cdot \cos 135 \cdot 5 + 0,8 \cdot 2 \cdot \cos 180 \cdot 13 + 1,2 \cdot 2 \cdot \cos 270 \cdot 20 + m_R \cdot 2,5 \cdot \cos \theta_R \cdot 16 = 0$$

$$-39,09 + 40 \cdot m_R \cdot \cos \theta_R = 0$$

(4) der. $\overset{+}{\sum} M_{Ay} = 0$

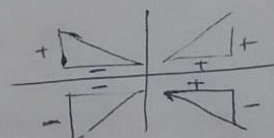
$$\sum F_{iy} \cdot l_{iA} + F_{Ry} \cdot l = 0$$

$$-m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot l_{1A} + m_2 \cdot r_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot l_{2A} + m_3 \cdot r_3 \cdot \sin \theta_3 \cdot l_{3A} + m_4 \cdot r_4 \cdot \sin \theta_4 \cdot l_{4A} + M_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R \cdot l = 0$$

$$-1 \cdot 3 \cdot \sin 30 \cdot 5 + 0,5 \cdot 3 \cdot \sin 135 \cdot 5 + 0,8 \cdot 2 \cdot \sin 180 \cdot 13 + 1,2 \cdot 2 \cdot \sin 270 \cdot 20 + m_R \cdot 2,5 \cdot \sin \theta_R \cdot 16 = 0$$

$$-50,19 + 40 \cdot m_R \cdot \sin \theta_R = 0$$

$$\frac{40 \cdot m_R \cdot \sin \theta_R}{40 \cdot m_R \cdot \cos \theta_R} = \frac{50,19}{39,09} \Rightarrow \tan \theta_R = 1,283 \Rightarrow \theta_R = 52^\circ$$



I. Böge
 $\theta_R = 52$

3

(3) de yene yardirsa.

$$-39,09 + 40 \cdot m_R \cdot \cos 52 = 0 \Rightarrow m_R = 1,587 \text{ kg.}$$

(1) ve (2) der.

$$\Sigma F_{Cx} + F_{Rx} + F_{Lx} = 0$$

$$m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 + m_2 \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 + m_3 \cdot r_3 \cdot \cos \theta_3 + m_4 \cdot r_4 \cdot \cos \theta_4 + m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R + m_L \cdot r_L \cdot \cos \theta_L = 0$$

$$1 \cdot 3 \cdot \cos 30 + 0,5 \cdot 3 \cdot \cos 135 + 0,8 \cdot 2 \cdot \cos 180 + 1,2 \cdot 2 \cdot \cos 270 + 1,587 \cdot 2,5 \cdot \cos 52 + m_L \cdot 2,5 \cdot \cos \theta_L = 0$$

$$2,38 + 2,5 \cdot m_L \cdot \cos \theta_L = 0$$

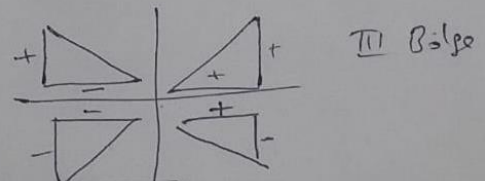
$$\Sigma F_{Cy} + F_{Ry} + F_{Ly} = 0$$

$$m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 + m_2 \cdot r_2 \cdot \sin \theta_2 + m_3 \cdot r_3 \cdot \sin \theta_3 + m_4 \cdot r_4 \cdot \sin \theta_4 + m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R + m_L \cdot r_L \cdot \sin \theta_L = 0$$

$$1 \cdot 3 \cdot \sin 30 + 0,5 \cdot 3 \cdot \sin 135 + 0,8 \cdot 2 \cdot \cos 180 + 1,2 \cdot 2 \cdot \cos 270 + 1,587 \cdot 2,5 \cdot \cos 52 + m_L \cdot 2,5 \cdot \sin \theta_L = 0$$

$$3,4 + 2,5 \cdot m_L \cdot \sin \theta_L = 0$$

$$\frac{2,5 \cdot m_L \cdot \sin \theta_L}{2,5 \cdot m_L \cdot \cos \theta_L} = \tan \theta_L = \frac{-3,4}{-2,38} = 1,429 \Rightarrow \theta_L = 55^\circ$$



(1) de yene yavalm

$$2,38 + 2,5 \cdot m_L \cdot \cos 235 = 0$$

$$m_L = 1,659$$

L ve R de yatabil olsaydı.

$$F_R = m_R \cdot r_R \cdot \omega^2 = 1,587 \cdot 2,5 \cdot 10^2 \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 2500}{30}\right)^2$$

$$F_L = m_L \cdot r_L \cdot \omega^2 = 1,659 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{2\pi \cdot 2500}{30}\right)^2$$

$$\theta_L = 55 + 180$$

$$\theta_L = 235^\circ$$