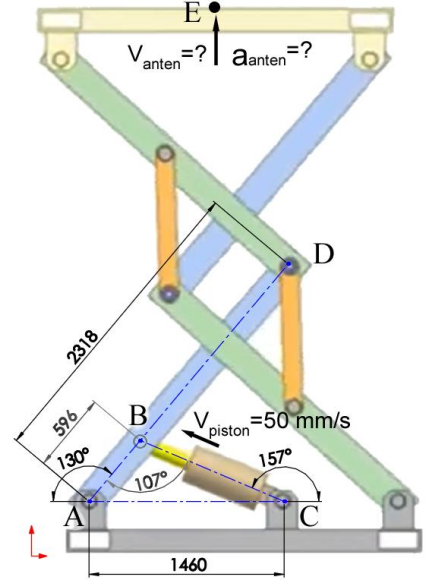
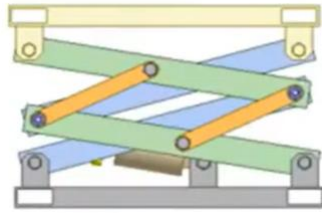


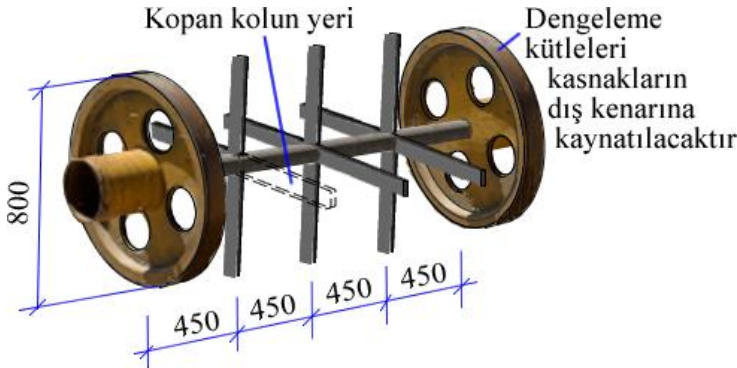

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ, MÜH.FAK, MEKATRONİK BÖL, MAKİNE DİNAMİĞİ BÜTÜNLEME SINAVI

1 sayfa önlü arkalı formül ve not alma kağıdı kullanabilirsiniz. Sınavda sıra numarası vardır. Birinizdeki hata bir başkasında çıkarsa ikisi de kopya işlemi görür. Kağıtlarınızı saklayın. Kağıtları verimli kullanın. SORULARDA SİZCE EKSİK BİR YER VAR İSE KENDİNİZ KARAR ALIP TAMAMLAYIN. Süre net 90.dk dir. Başarılar. İ.Çayıroğlu, 03.06.2025

1. (50 P) Aşağıdaki gibi Türkiye'nin ürettiği gelişmiş KORAL Elektronik Harp sisteminin Radar Antenin hassas yükseltme platformunu tasarlayacağız. Bunun için şekildeki gibi bir 6 kollu bir makas mekanizması kullanmak istiyoruz. Piston hızı 50 mm/s sabit hızdır. Bu esnada E noktasındaki Antenin **dikey Hız** ve **İvmesini** bulun (Not: D noktasının dikey hız ve ivmesini bulursanız bunun iki katı aldığınızda E noktasının hızını ve ivmesini bulmuş olursunuz).

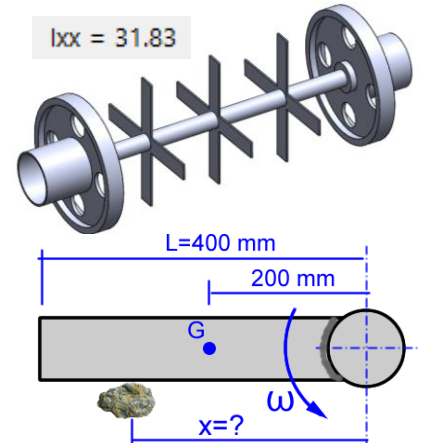


2. (20 P) Şekildeki gibi Patos denilen (ekinleri parçalayan) tarım aletinin içerisinde aşağıdakine benzer kırıcı kollar vardır. Bu kollardan bir tanesi yerinden kopmuştur. Bu durum makinanın dengesizlik nedeniyle sarsılmasına yol açmaktadır. Kanadı o esnada içeriden yerine kaynatma imkanı yoktur. Dıştaki Kasnaklara geçici olarak kütle kaynatarak dengelemek istiyoruz. Kasnakların dış kısmına hangi açıda kaç kg ağırlığında iki tane kütle kaynatırsak bu mili dengeleyebiliriz hesaplayın. (Düşen kolun kütlesi 5 kg dır. Boyu da eksenenden 400 mm dir. Ağırlık merkezi ortasındadır.)(Deviri kendiniz alın)(ölçüler mm dir).



3. a) (15 p) Yukarıdaki makinanın kırıcı mili ve yanlardaki Volanların toplam Kütle Atalet Momenti Solidworks'te çizilerek $I_m = 31.83 \text{ kgm}^2$ olarak bulunmuştur. Makine boşta çalışırken mil 1200 devir/dak ile dönmektedir. İçerisine sap (ekinler) atıldığı zaman 2 saniye içinde deviri 1000 d/d ya düşmektedir. Bu esnada ekinleri parçalamak için ne kadar **enerji harcanır**? Bu süre boyunca (2 saniyede) **Ortalama güç** ne olur? (Not:Güç ve enerjiyi daha iyi anlamak şöyle düşünün. Enerjiyi bir yakıt gibi düşünersek, 2 saniye boyunca harcanan yakıt enerjiyi=işi temsil eder. 1 saniyede (anlık) harcadığı yakıtta gücü temsil eder.)

- b) (15 p) Patos makinasına ekinleri atarken yanlışlıkla araya bir tane yumruk büyüklüğünde taş karışmıştır. Bu taşın kolu dip kısmından kırmaması için eksenden hangi uzaklıktan çarpmasını tercih ederiz ($x=?$)(dip kısma kuvvet gelmemesi için çarpma noktası neresi olmalıdır). Kolun kütlesi $m=5 \text{ kg}$. Çubuğun dönme eksenine göre kütle atalet momentini $I_m = \frac{1}{3}mL^2$ formülü ile hesaplanıyor.

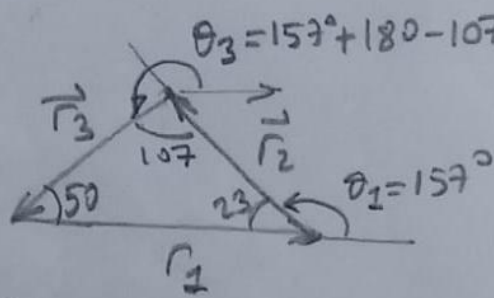


Not: Patos'a taş ve saplar (ekinleri) atıldığında hızı 2 saniyede 1200 d/d dan 1000 d/d ya düşüyor.

GÖZÜMLER

1

① a) Konum Denklemleri ve Konum Tablosu.



$$\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 = 0$$

$$r_1 \vec{\mu}(\theta_1) + r_2 \vec{\mu}(\theta_2) + r_3 \vec{\mu}(\theta_3) = 0$$

Konum denklemleri

	$\vec{r}_1$	$\vec{r}_2$	$\vec{r}_3$
r	1460 mm	1169	596 mm
θ	0	157°	230°

r_2 Boyunu bulalım.
Cos teoremi:

$$r_2 = \sqrt{r_1^2 + r_3^2 - 2 \cdot r_1 \cdot r_3 \cos 50}$$

$$r_2 = \sqrt{(1460)^2 + (596)^2 - 2 \cdot 1460 \cdot 596 \cdot \cos 50}$$

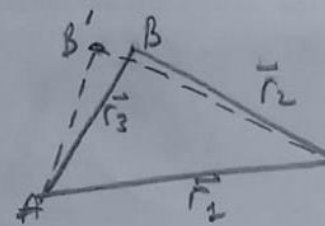
$$r_2 = 1169 \text{ mm}$$

b) Hız Denklemleri ve Hız tablosu

1. Değişken Tablosu

	$\vec{r}_1$	$\vec{r}_2$	$\vec{r}_3$
r	S	D	S
θ	S	D	D

3 tane.



Hız Tablosu

	$\vec{r}_1$	$\vec{r}_2$	$\vec{r}_3$
$\dot{r}$	0	50 mm/s	0
$\dot{\theta}$	0	?	?

$\dot{\theta}_2 = 0,013 \text{ rad/s}$
 $\dot{\theta}_3 = 0,027 \text{ rad/s}$

$$\frac{r_1}{s} \vec{\mu}(\frac{\theta_1}{s}) + \frac{r_2}{D} \vec{\mu}(\frac{\theta_2}{D}) + \frac{r_3}{s} \vec{\mu}(\frac{\theta_3}{D}) = 0$$

$$0 + \left[\dot{r}_2 \vec{\mu}(\theta_2) + r_2 \dot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) + r_3 \cdot \dot{\theta}_3 \vec{r}(\theta_3) \right] = 0$$

Hız Denklemleri

$$\vec{\mu}(\theta_3) / \dot{r}_2 \vec{\mu}(\theta_2) \cdot \vec{\mu}(\theta_3) + r_2 \dot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) \cdot \vec{\mu}(\theta_3) + r_3 \cdot \dot{\theta}_3 \vec{r}(\theta_3) \cdot \vec{\mu}(\theta_3) = 0$$

$\cos(\theta_2 - \theta_3)$ $\sin(\theta_3 - \theta_2)$ $= 0$

$$\dot{\theta}_2 = - \frac{\dot{r}_2 \cos(\theta_2 - \theta_3)}{r_2 \sin(\theta_3 - \theta_2)} = - \frac{50 \cdot \cos(157^\circ - 230^\circ)}{1169 \cdot \sin(230^\circ - 157^\circ)} = 0,013 \text{ rad/s}$$

$[\frac{1}{s} = \frac{r^d}{s}]$

$$\dot{\theta}_2 = \omega_2 = 0,013 \text{ rad/s} \rightarrow \text{Saatin tersi yönde}$$

Şimdi $\ddot{\theta}_2$ yok edip $\ddot{\theta}_3$ bulalım.

2

$$\cancel{r_1 \ddot{\theta}_1} + r_2 \underbrace{\ddot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) \cdot \vec{m}(\theta_2)}_1 + r_2 \ddot{\theta}_2 \underbrace{\vec{r}(\theta_2) \cdot \vec{m}(\theta_2)}_0 + r_3 \cdot \ddot{\theta}_3 \underbrace{\vec{r}(\theta_3) \cdot \vec{m}(\theta_2)}_{\sin(\theta_2 - \theta_3)} = 0$$

$$\ddot{\theta}_3 = \frac{-r_2}{r_3 \sin(\theta_2 - \theta_3)} = \frac{-50 \text{ mm/s}}{596 \text{ mm} \cdot \sin(157^\circ - 230^\circ)}$$

$$\ddot{\theta}_3 = \omega_3 = 0,0877 \text{ rd/s} \quad \leftarrow \text{Vektör yönü Saatin tersi yönde}$$

c) İvme denklemleri ve İvme Tablosu

2. değişken tablosu (Hız değişimleri)

	$\vec{r}_1$	$\vec{r}_2$	$\vec{r}_3$
$\dot{r}$	S	S	S
$\dot{\theta}$	S	D	D

$$\underbrace{\frac{\dot{r}_2}{S}}_D \underbrace{\vec{m}(\theta_2)}_D + \underbrace{\frac{r_2}{D}}_{D \text{ thz}} \underbrace{\frac{\dot{\theta}_2}{D}}_{D \text{ denklemleri}} \underbrace{\vec{r}(\theta_2)}_D + \underbrace{\frac{r_3}{S}}_D \underbrace{\frac{\dot{\theta}_3}{D}}_D \underbrace{\vec{r}(\theta_3)}_D = 0$$

$$r_2 \ddot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) + r_2 \ddot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) + r_2 \ddot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) + r_2 \ddot{\theta}_2^2 \vec{m}(\theta_2) + r_3 \ddot{\theta}_3 \vec{r}(\theta_3) - r_3 \ddot{\theta}_3^2 \vec{m}(\theta_3) = 0$$

$\ddot{\theta}_2$ yok edip $\ddot{\theta}_3$ yi bulalım.

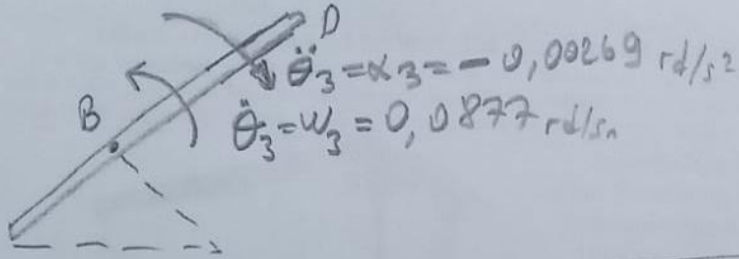
$$\cancel{r_1 \ddot{\theta}_1} + 2 \cdot r_2 \ddot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) \cdot \vec{m}(\theta_2) + r_2 \ddot{\theta}_2 \vec{r}(\theta_2) \cdot \vec{m}(\theta_2) - r_2 \ddot{\theta}_2^2 \vec{m}(\theta_2) \cdot \vec{m}(\theta_2) + r_3 \ddot{\theta}_3 \vec{r}(\theta_3) \cdot \vec{m}(\theta_2) - r_3 \ddot{\theta}_3^2 \vec{m}(\theta_3) \cdot \vec{m}(\theta_2) = 0$$

$$\ddot{\theta}_3 = \frac{r_2 \ddot{\theta}_2^2 + r_3 \cdot \ddot{\theta}_3^2 \cos(\theta_3 - \theta_2)}{r_3 \cdot \sin(\theta_2 - \theta_3)} = \frac{1169 \cdot 0,013 + 596 \cdot 0,0877^2 \cos(230^\circ - 157^\circ)}{596 \cdot \sin(157^\circ - 230^\circ)}$$

$$\ddot{\theta}_3 = \alpha_3 = -0,00269 \text{ rd/s}^2 \quad \leftarrow \text{Vektör yönü Saatin yönünde}$$

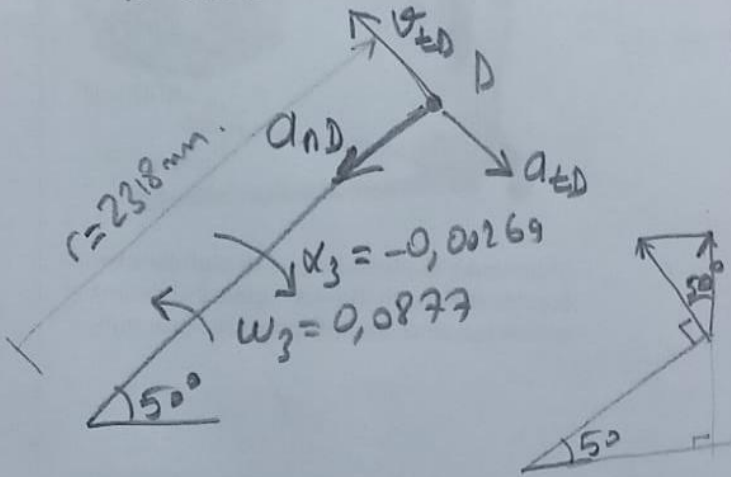
3 numaralı kolun Ağırlık hız ve ivmesi bakalım

3



Kol sola doğru dönerken hız ve ivme z.t. yönde olduğundan yavaşlama yapmaktadır.

D noktasının hız ve ivmesini bulalım



$$v_{tD} = r \cdot \omega$$

$$= 2318 \cdot 0,0877 \text{ rad/s}$$

$$v_{tD} = 203 \text{ mm/s}$$

$$v_{D \text{ dikey}} = 203 \cdot \cos 50$$

$$= 130,67 \text{ mm/s}$$

D noktasının ivmesini bulalım

$$a_{tD} = r \cdot \alpha = 2318 \cdot 0,00269$$

$$a_{tD} = 6,235 \text{ mm/s}^2$$

← ekstremiteleri gösteriyor

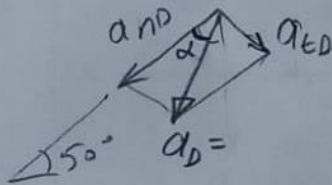
$$a_{nD} = r \cdot \omega^2 = 2318 \cdot 0,0877^2$$

$$= 17,828 \text{ mm/s}^2$$

$$a_D = \sqrt{a_{tD}^2 + a_{nD}^2}$$

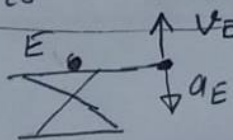
$$= \sqrt{6,235^2 + 17,828^2}$$

$$a_D = 18,886 \text{ mm/s}^2$$



$$\tan \alpha = \frac{a_{tD}}{a_{nD}} = \frac{6,235}{17,828} = 0,34978$$

$$\alpha = 19,27^\circ$$

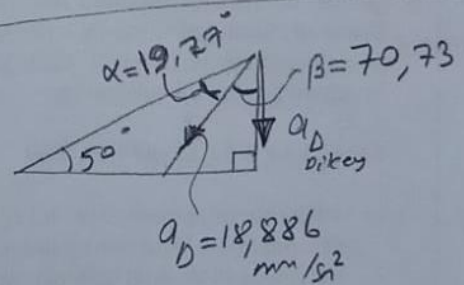


$$v_E = 130,67 \cdot 2$$

Anten tıbbi

$$= 261,34 \text{ mm/s}$$

Anten sanıyede 261 mm yükseliyor. Hız değişkenidir. İvmesi de olacaktır.



$$a_{D \text{ dikey}} = a_D \cdot \cos \beta$$

$$= 18,886 \cdot \cos 70,73$$

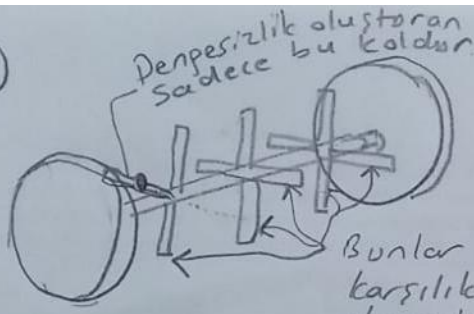
$$= 6,232 \text{ mm/s}^2$$

$$a_E = 6,232 \cdot 2$$

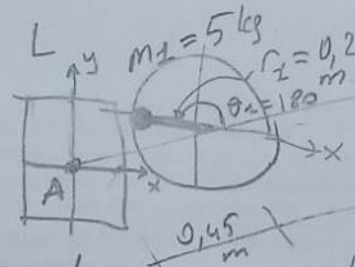
$$= 12,465 \text{ mm/s}^2$$

E noktasının dikey hızı yukarı, ivmesi aşağı olduğundan yukarı doğru yavaşlıyor.

2



Bunlar hep karşılıklı dengeli olduğundan Bunları yale sayabiliriz.



Kasnapın dışına kaynatılacak

$$\sum M_{AX} = 0$$

$$m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 + m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R = 0$$

$$5 \cdot 0,2 \cdot \cos 180^\circ + m_R \cdot 0,4 \cdot \cos \theta_R = 0$$

$$m_R \cos \theta_R = 0,625 \quad \text{--- (1)}$$

$$\theta_1 = 180^\circ$$

$$m_1 = 5 \text{ kg}$$

$$r_1 = 0,2 \text{ m}$$

$$r_L = 0,4 \text{ m}$$

$$r_R = 0,4 \text{ m}$$

$$\theta_L = ?$$

$$\theta_R = ?$$

$$m_L = ?$$

$$m_R = ?$$

$$\frac{m_R \sin \theta_R}{m_R \cos \theta_R} = \frac{+0}{+0,625} \quad 1 \text{ Bölge}$$

$$\sum M_{Ay} = 0 \Rightarrow m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 + m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R = 0$$

$$5 \cdot 0,2 \cdot \sin 180^\circ + m_R \cdot 0,4 \cdot \sin \theta_R = 0$$

$$m_R \sin \theta_R = \frac{0}{0,72} = 0 \quad \text{--- (2)}$$

$$\tan \theta_R = 0 \Rightarrow \theta_R = 0$$

$$m_R \cos 0 = 0,625$$

$$m_R = 0,625 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow m_L \cdot r_L \cdot \cos \theta_L + m_1 \cdot r_1 \cdot \cos \theta_1 + m_R \cdot r_R \cdot \cos \theta_R = 0$$

$$m_L \cdot 0,4 \cdot \cos \theta_L + 5 \cdot 0,2 \cdot \cos 180^\circ + 0,625 \cdot 0,4 \cdot \cos 0 = 0$$

$$m_L \cos \theta_L = \frac{+1 - 0,25}{0,4} = 1,875 \quad \text{--- (3)}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow m_L \cdot r_L \cdot \sin \theta_L + m_1 \cdot r_1 \cdot \sin \theta_1 + m_R \cdot r_R \cdot \sin \theta_R = 0$$

$$m_L \cdot 0,4 \cdot \sin \theta_L + 5 \cdot 0,2 \cdot \sin 180^\circ + 0,625 \cdot 0,4 \cdot \sin 0 = 0$$

$$m_L \sin \theta_L = \frac{0}{0,4} = 0 \quad \text{--- (4)}$$

(3) ve (4) den

$$\frac{m_L \sin \theta_L}{m_L \cos \theta_L} = \frac{+0}{+1,875} \Rightarrow \tan \theta_L = 0 \Rightarrow \theta_L = 0$$

$$m_L \cos \theta_L = 1,875$$

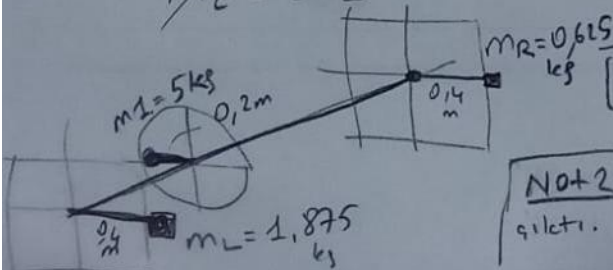
$$m_L = 1,875 \text{ kg}$$

1 bölge

Not 1: Açılar 0 çıkınca denklemlerin çözümü zorlaşır

Kütle negatif çıkamaz.

İki çözüme çıkan denklemlerde kütlelerin pozitif olanı doğru kabul etmek gerekir.



Not 2: Tan $\theta_L = \frac{+0}{+1,875}$ ifadesinde $\theta_L = 0$ ve 1 bölge çıktı. Eğer Tan $\theta_L = \frac{+0}{-1,875}$ olsaydı 2. bölge olurdu. Bu durumda $\theta_L = 180^\circ$ olmalı.

formülde daha uzun yollar aynı sonucu verir.

Not: $\Delta E = I_m \cdot C_s \cdot \omega_{ist}^2$

3.5) Dönen bir cismin enerjisi $E = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2$ formülü ile bulunur. 1200 d/d dönerken yüksek bir enerjiye sahiptir. Etkiler atıldıktan sonra enerjinin bir kısmı onları parçalama harcanacak ve kalan enerjisi düşecektir. Bize harcanan enerji sorulduğuna göre iki devir arasındaki enerjiyi hesaplamalıyız.

$$\omega_1 = \frac{2\pi n}{60} \sim \frac{1200 \text{ d/d}}{60} = 125,66 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \Rightarrow E_1 = \frac{1}{2} I \omega_1^2 = 251304 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi \cdot 1000}{60} = 104,71 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \Rightarrow E_2 = \frac{1}{2} \cdot 31,83 \cdot 104,71^2 = 174.527 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 251304 - 174527 = 76.777 \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \right) = [\text{Joule}] = [\text{Nm}]$$

$$F = m \cdot a \quad N = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow \text{kg} = \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}} \quad \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{Nm} = \text{Joule}$$

$$GS_s = \left(\frac{\text{İş} = \text{Enerji}}{\text{Zaman}} \right) = \frac{76.777 \text{ Nm}}{2 \text{ sn}} = 38.388 \text{ W} = 38,388 \text{ kW}$$

$$[1 \text{ kW} = 1,36 \text{ BG}] = 52,2 \text{ BG}$$

Beygir gücü
(HP = Horse Power)

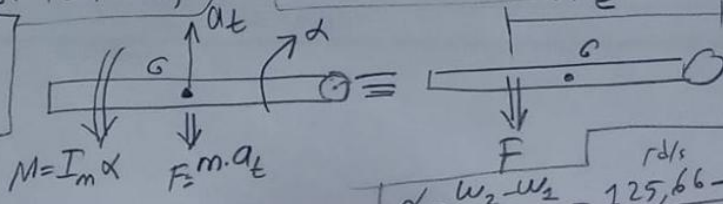
3.6

Döner bir cisme çarpan uzun nesnelerin dip kısmında kuvvet oluşmaması için, çarpma noktası tam atalet dairesinin geçtiği yerden olmalıdır. Atalet daresi ağırlık merkezinin dönme ekseninden uzak olduğu cisimler ortaya çıkar. Urumu esnasında yavaşlama olmadan dönmeye devam eder. Buradan açısal ivme (α) ortaya çıkacaktır. Burada aniden durma yok, etkilerin atılmasından dolayı bir yavaşlama söz konusu bu nedenle bir açısal ivme oluşuyor. İki tane ivme varsa atalet dairesini hesaplayabiliriz. Bunlar a_g ve α dir. (Detay için 8 notlara bakın).

$$\text{Atalet daresi: Formülü; } a_g = a_t = r \cdot \alpha = 0,2 \cdot 10,47 = 2,094 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad I_m = \frac{1}{3} M L^2$$

$$e = \frac{I_m \alpha}{m a_g}$$

$$e = 1,16 \text{ m}$$



$$I_m = 0,266 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = \frac{125,66 - 104,71}{2 \text{ sn}} = 10,47 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$