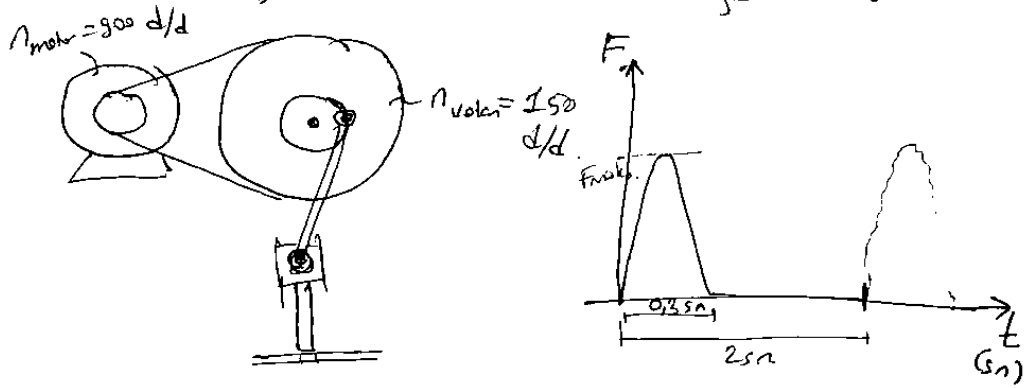


MAKİNE DİNAMİĞİ (12. Hafta)**VOLAN HESABI-2****GİRİŞ DÜZGÜN, ÇIKIŞI DALGALI OLAN SİSTEMDE VOLAN İHTİYACININ BELİRLENMESİ**

Soru 1 Şekildeki gibi bir eksantrik Pres ①
kullanarak $\varnothing 8$ mm kalınlığında 32 mm çapında
Pulları kesmek istiyoruz. Pul malzemesinin Kesme
gerilmes. $\tau_{kesme} = 350$ MPa dir. (Kesilmelerden
gerekli olan gerilme).

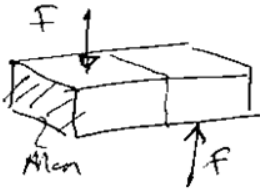


- Volan kullanmadan gerekli olacak motor gücünü hesaplayın.
- Volan bağlanıpimında teorik olarak en düşük gerekli olacak motor gücü ne olur? (Yani hız düzensizliği katsayısı %0 yerine olacak olursa).
- Volan bağlandıktan sonra hız düzensizliği katsayısı %5 olursa gerekli olan Volan'ın atalet momenti ne olur?
- Bu ataleti sağlayacak Volanı 80 mm çapında dörpün bir silindirik çelik teker ile sağlamale istiyoruz. Volan tekerin kalınlığı ne olur. (Denim yapalım)
- Volanı kütle ataleti daha yüksek olan I_{D2} şekli yerine I profil şeklinde tasarlayın. Yani aynı ataletti verecek şekilde daha az kütleli olacak şekilde tasarlayın. Böylece malzemeden ve ağırlıktan kazançlı olur. $\rightarrow D, d, h$

2

9) Motor için kesme için maksimum kuvveti saptanabilir. 0,3 sn'de kesmeye geçiş için enerjiyi bulabilirsek gerekli olan motor gücünü hesaplarız.

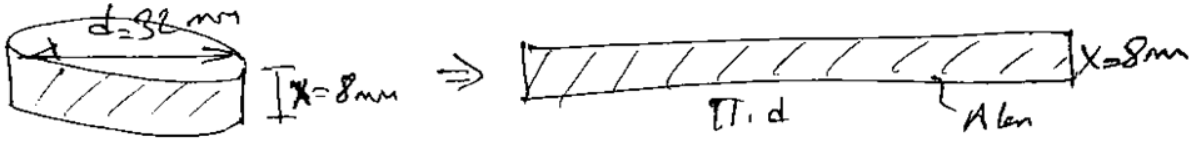
Önce kuvveti bulalım.



Bu makineyi kesme için kaynağı kesilmesi için gerekli kuvvet uygulamasıdır.

Yani: $\tau_{kayna} = \frac{F}{A}$ dir.

Buna benzetirsek



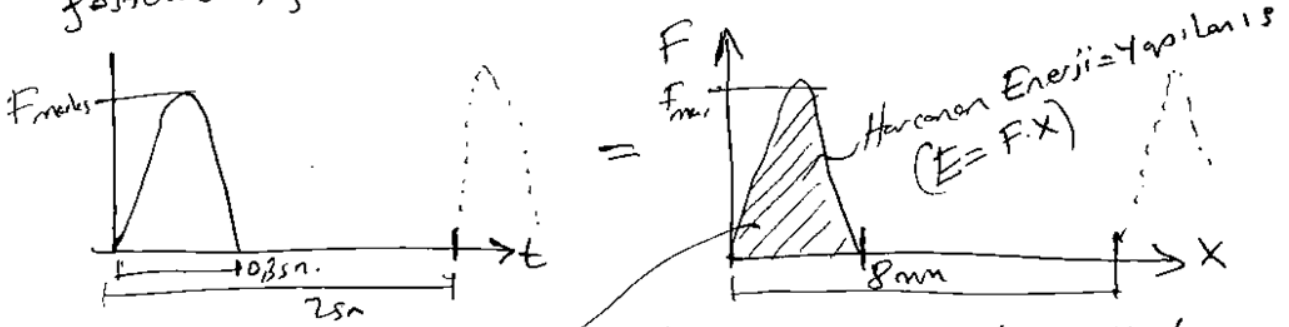
$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \tau \cdot A = 350 \text{ MPa} \cdot \pi \cdot d \cdot x$$

$$F = 350.000.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \pi \cdot 0,032 \cdot 0,008 \text{ m}$$

$$F = 281.486 \text{ N} \approx 28 \text{ ton}$$

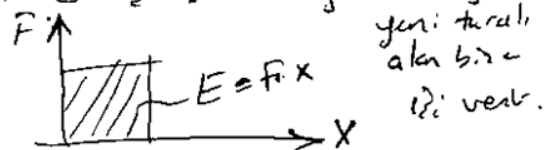
1 pulu kesilebilir için 28 ton kuvvet gerekir.

Kuvvetin uygulama grafiğini yatay olarak göstersek, grafikten harcanan enerjiyi bulabiliriz.



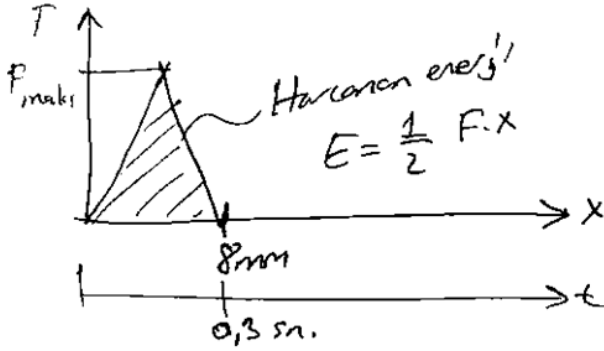
Burada sabit iş yapma göstermektedir. İş hesaplayabilmek için ya fonksiyonun grafiği ve zamanla integralle taralı alan bulabiliriz. Ya da basit şekilde iş yapma olarak düşünebiliriz.

İş Formülümüz ya da E = F · x olan Enerji Formülümüz $E = F \cdot x$ dir. Fakat bu şu şekilde grafikte gösterilir



(5)

Kuvvet - Yol grafiğimizi basitleştirip kesmek için gerekli enerjiyi bulalım



Üçgen alan formülünden

$$E = \frac{1}{2} F \cdot x$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 281486 \text{ N} \cdot 0,008 \text{ m}$$

$$E = 1126 \text{ J (Nm)}$$

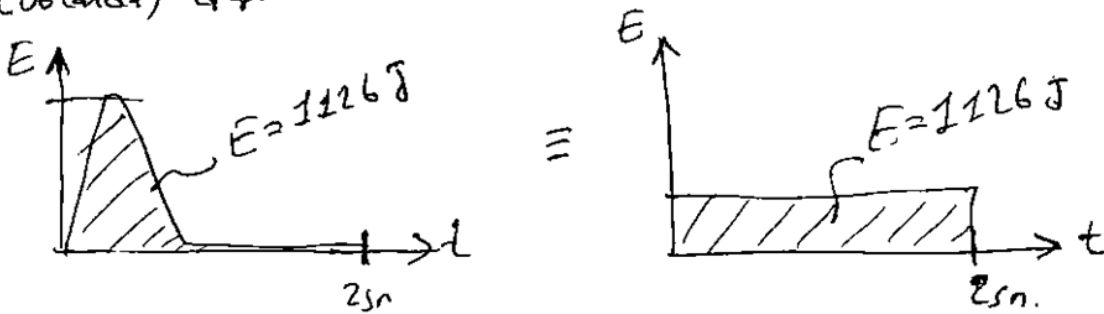
(1 pulu kesmek için gerekli enerji)

Enerjiyi ve Zamanı biliyorsak gerekli güçü bulabiliriz.

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1126 \text{ Nm}}{0,3 \text{ sn}} = 3753 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} (\text{W}) = 3,75 \text{ kW}$$

Bu güçte bir motor bağlarsak her vurmada pulu keseriz. Fakat boş zaman periodlarında bu güç boşa gidecektir. O nedenle böyle şarjlı zamanları Volanla depolayıp iş zamanında oradan harcayarak daha küçük motor kullanmamızı sağlayacaktır.

b) Yarı anlık olarak gerekli enerjiyi doğru boyunca yayarak ortalama gerekli enerjiyi bulmuş oluruz. Teorik olarak Volan bağladığımızda bu şekilde ortalama enerjiyi sisteme (Volanda) depolamış oluruz. Bu da şu şekilde gösterilebilir.



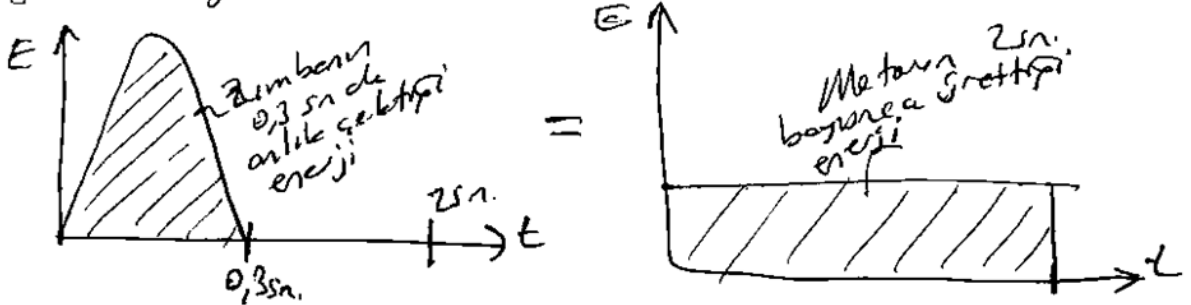
2sn boyunca Volanı besleyecek minimum motor gücü de bu ikinci grafikten bulunabilir.

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1126 \text{ J}}{2 \text{ sn}} = 563 \text{ W}$$

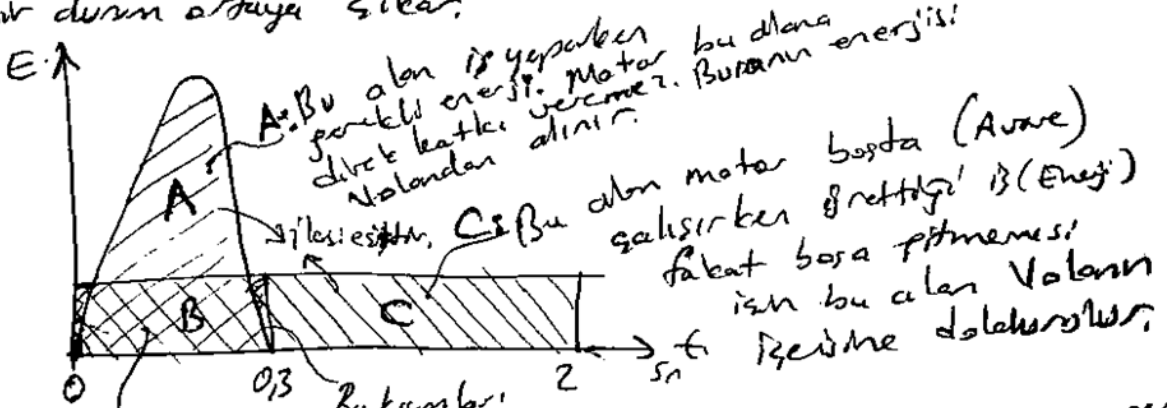
Volan bağlarsak bile bundan daha küçük bir motorla kesme yapabiliriz.

(4)

c) Zimbana anlık çektiği enerji, motorun periyot boyunca ürettiği enerjiye eşit olacaktır. Bunu grafikte göstermek şu şekilde olur.



Bu iki grafiği üst üste çakıştırıldığında şöyle bir durum ortaya çıkar.



B: Bu alan motorun iş yaparken direkt zimbana verdiği enerjidir.

Bu kısımları thermal vedelerin yalıtılmasıyla saklayabiliriz dire kabul ediyoruz

A + B: alanlar iş gerektiren enerjilerdir

B + C: motorun tam periyot boyunca ürettiği iş enerjisi

A = C: Motorun başta çalışırken ürettiği enerji A ya iş enerjisinde destek verir.

Volan Formülümüzü şu

şekilde bulmaktak. Burada ΔE

$$\Delta E = I_m C_s \cdot \omega_{ort}^2$$

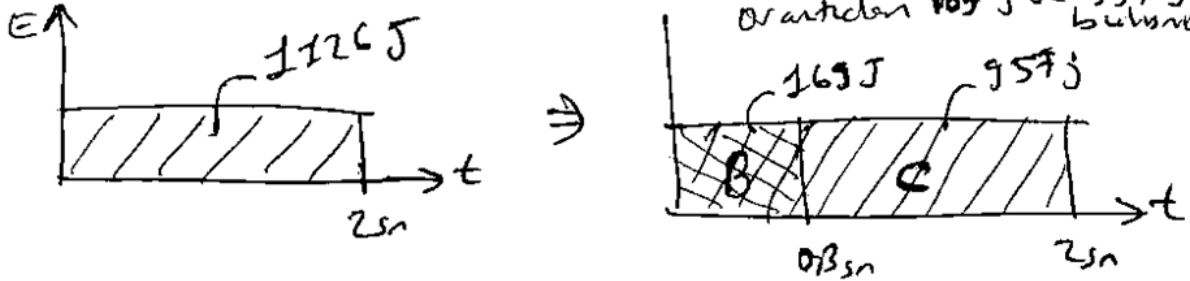
volanların enerjilerinin deyişimdir.

Yeni Volanda depolanan enerjidir. Bu durumda

C alanı ΔE volanda depolanan enerji olur. B alanındaki enerji volanda durmaz. Direkt motordan alıp işe harandığı için volanda durmaz.

5

2 sn boyunca motorun ~~brüt~~ ^{gerekli} toplam enerjisi bulunuyor. 1126 J idi. Yani 1 pulu beslemek için gerekli enerji idi. Bunun 0,3 sn lik ve 1,7 sn lik kısımları B ve C alanları olur orantılardan 169 J ve 957 J bulunur.



Buna göre Volanda depolanan 2 sn 1126 J enerji: $\Delta E = 957 \text{ J}$ olur.

Volan formüllerinde depolanan enerji yerine I_m kütle atalet momentini bulalım.

$$\Delta E = I_m \cdot C_s \cdot \omega_{ort}^2$$

$$957 \text{ J} = I_m \cdot 0,05 \cdot 15,7^2 \text{ rd/s}^2$$

$$I_m = \frac{957 \text{ Nm}}{0,05 \cdot 15,7^2 \text{ rd/s}^2}$$

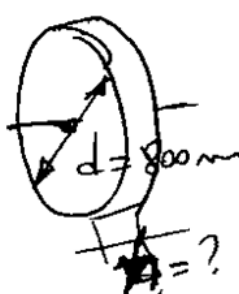
$$I_m = 77,65 \text{ Nms}^2$$

$$\omega_{ort} = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 150}{60}$$

$$\omega_{ort} = 15,7 \text{ rd/s}$$

$$C_s = 0,05 = 0,05 \text{ rd}$$

d) $I_m = 77,65$ kütle ataletine sahip 3r devirlik 800 mm olursa kütlelerini bulabiliriz



$$I_m = \frac{1}{2} m r^2 = 77,65 \text{ Nms}^2 \text{ [kgm}^2\text{]}$$

$$m = 970 \frac{\text{N/s}^2}{\text{m}} = \text{kg olur}$$

$$\left[\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ N &= \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ \text{kg} &= \frac{\text{N/s}^2}{\text{m}} \end{aligned} \right]$$

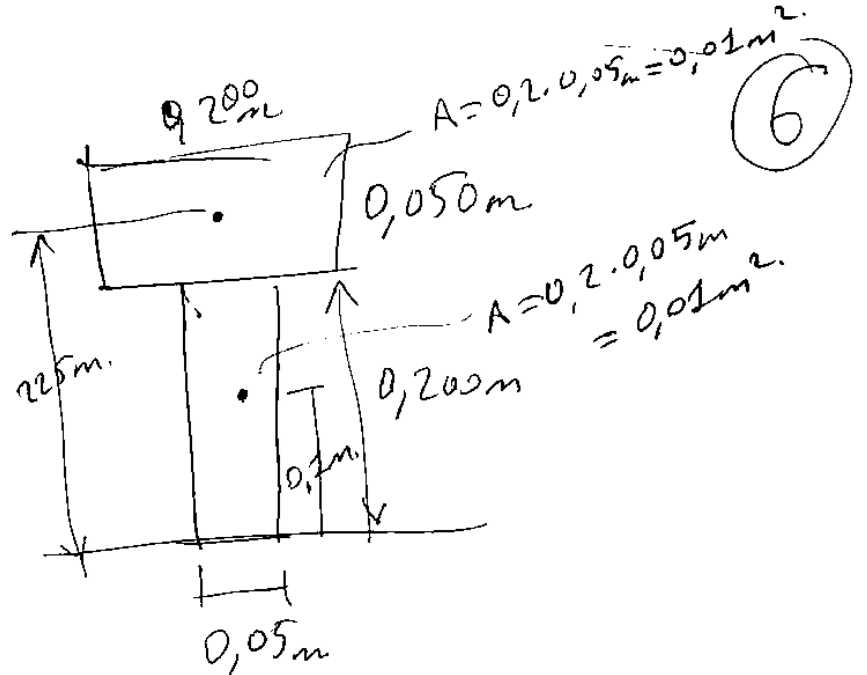
kütle hacim ve yoğunluktan kütlesi bulalım

$$m = V \cdot \rho$$

$$970 \text{ kg} = \pi \cdot 0,4^2 \cdot h \cdot \rho$$

$$7874 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow h = 0,265 \text{ m}$$

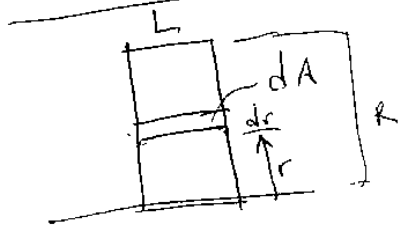
$\Rightarrow h = 265 \text{ mm}$
kalan kısımlar olacaktır.



$$I_m = 2\pi \cdot \rho \cdot \int r^3 dA \approx 2\pi \rho \sum (r_i^3 A_i)$$

$$= 2\pi \cdot 7850 \left[(0.225^3 \cdot 0.01 \text{ m}^2) + 0.1^3 \cdot 0.01 \text{ m}^2 \right]$$

$$I_m = 6.115 \text{ kg m}^2$$



$$I_m = 2\pi \rho \cdot \int r \cdot r^2 dA$$

$$I_m = 2\pi \rho \cdot \int_0^R r^3 \cdot L \cdot dr$$

$$= 2\pi \rho \cdot L \cdot \int_0^R r^3 dr$$

$$= 2\pi \rho \cdot L \cdot \left[\frac{r^4}{4} \right]_0^R$$

$$I_m = 2\pi \cdot 7850 \cdot 0.245 \left[\frac{0.14^4}{4} \right] = 77733.6 \text{ kg m}^2$$

Eksantrik Pres Videoları

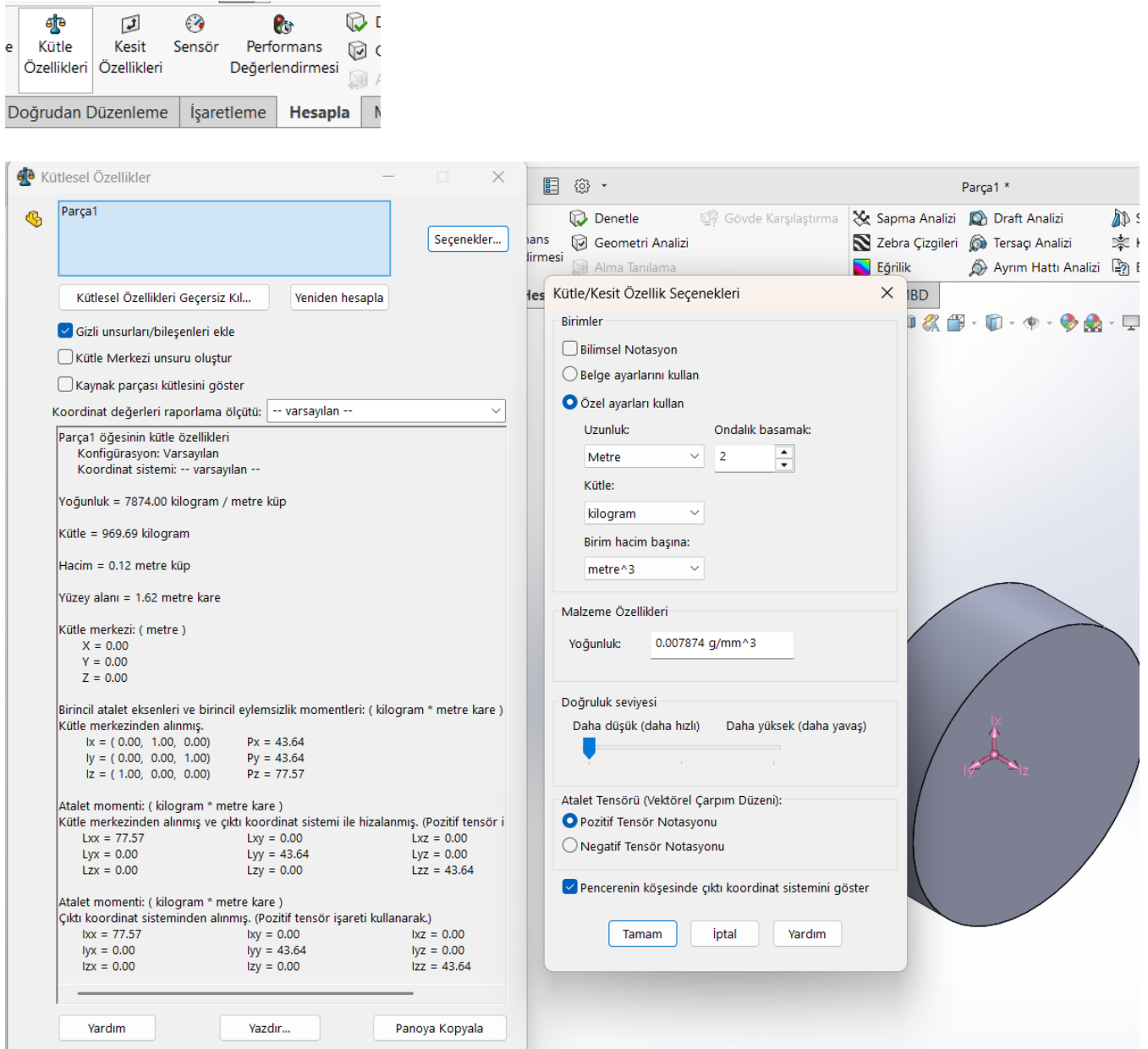
<https://www.youtube.com/shorts/6jJUfPIkwOY>

<https://www.youtube.com/shorts/X6M8njkgpkQ>

Solidworkste bir şeklin Kütle Atalet momentini bulma

Katı olarak cismi çizdikten sonra yukarıdaki yaprak menülerden "Hesapla" yaprağına geçelim. Orada "Kütle Özellikleri" komutuna tıklayalım. Açılan pencerede bize kütle özelliklerini verecektir fakat burada yoğunluk 1 alındığından gerçek cisim özellikleri olmayacaktır. Açılan pencerenin üst kısmındaki "Seçenekler" butonuna tıklayalım. Buradan "özel ayarlar" kısmından uzunlukları metre, kütleyle kilogram seçelim. Yoğunluğu ise demir

için 7850 kg/m^3 alabiliriz. Fakat program kendisini bunu gr/mm^3 otomatik dönüştürüyor. Bunun bir zararı olmaz. Sonuçta aynı değerdir.

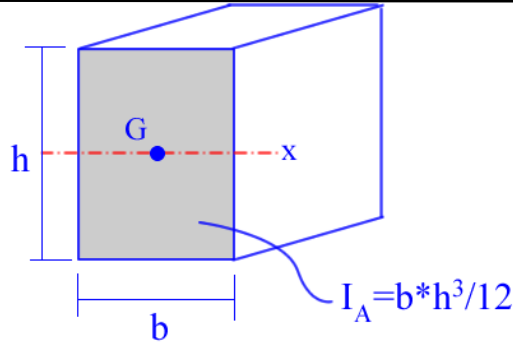


Hesapla Kütle Atalet Momentinin Bulunması

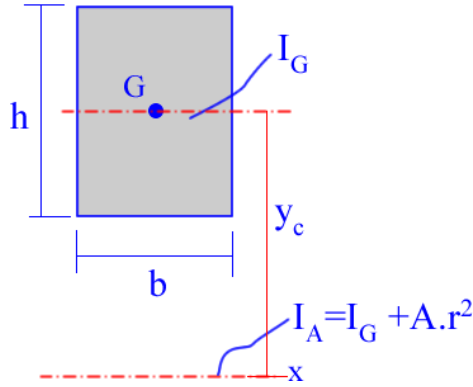
Kütle Atalet momentini bulurken 3 tane kavrama sırayla bakalım.

- Kesitin Alan atalet momentinin Bulunması (Kesitin eğilmeye direnci) (I_A):** Bu atalet momenti Ağırlık merkezinden geçen eksene göre kesitin eğilme direncini gösterir. Yani bir dikdörtgen için $I_A = b \cdot h^3 / 12$ dir. Farklı kesitlerde formülü farklıdır. Aşağıdaki genel formül x eksenini etrafında döndürmeye (eğilmeye) zorlanan alanın Atalet momentini bulmak için genel formüldür.

$$I_A = \int_A r^2 dA$$



Eğer Alan atalet momenti bulunurken ağırlık merkezi dışında bir eksene göre bulunacaksa bu durumda Paralel Eksenler Teoremi kullanılır. Yukarıdaki gibi cismin ağırlık merkezinden geçen Alan Atalet momenti $I_A = I_G$ yi bulduktan sonra, hesaplanacak eksene ağırlık merkezinin uzaklığı d olursa ve yüzeyin alnıda A olursa aşağıdaki formülle hesaplanır.

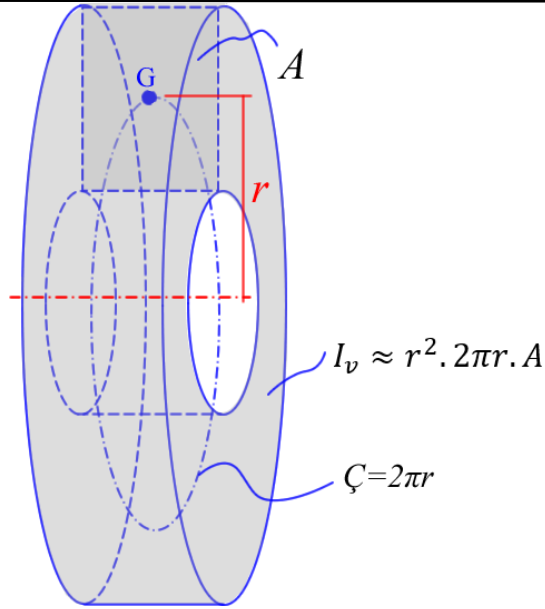


- b) **Hacimsel Atalet Momenti (Oluşan hacmin döndürmeye karşı direnci) (I_v):** Eğer kesiti ağırlık merkezinden geçen çember etrafında döndürürsek ortaya çıkan teker (torus) bize oluşan hacmin döndürmeye karşı direncini verir. Fakat burada yoğunluk henüz devreye girmediğinden sadece hacmin etkisini gösterecektir. Bu durumda oluşan hacmin döndürmeye karşı direncini (hacimsel atalet momenti) aşağıdaki formülle yaklaşık bulabiliriz.

$$I_v = \int_V r^2 dV$$

Basit şekiller için integral almadan yaklaşık olarak bulmak için kesit alanı süpürüldüğünde ortaya çıkan hacmin merkezden uzaklığın karesi ile çarparak bulabiliriz. Yani Alan*Çevre*r² ifadesini basitleştirilmiş ama yaklaşık hesaplayan formüle dönüştürelim.

$$I_v \approx r^2 \cdot 2\pi r \cdot A$$



- c) **Kütlesel Atalet Momenti (Oluşan hacmin kütle etkisiyle {yoğunluk eklendi} döndürmeye karşı direnci)(I_m):** Oluşan hacmin Hacimsel Atalet Momenti yoğunlukla ile çarparsak bu durumda kütle atalet momentini buluruz.

Genel formülü şu şekildedir.

$$I_m = \int_m r^2 dm$$

$$I_m = \rho \cdot I_V$$

Hacimden gidersek formül.

$$I_m = \rho \cdot I_V$$

Yukarıda yaptığımız gibi basit şekiller için integral almadan yaklaşık formülü kullanabiliriz.

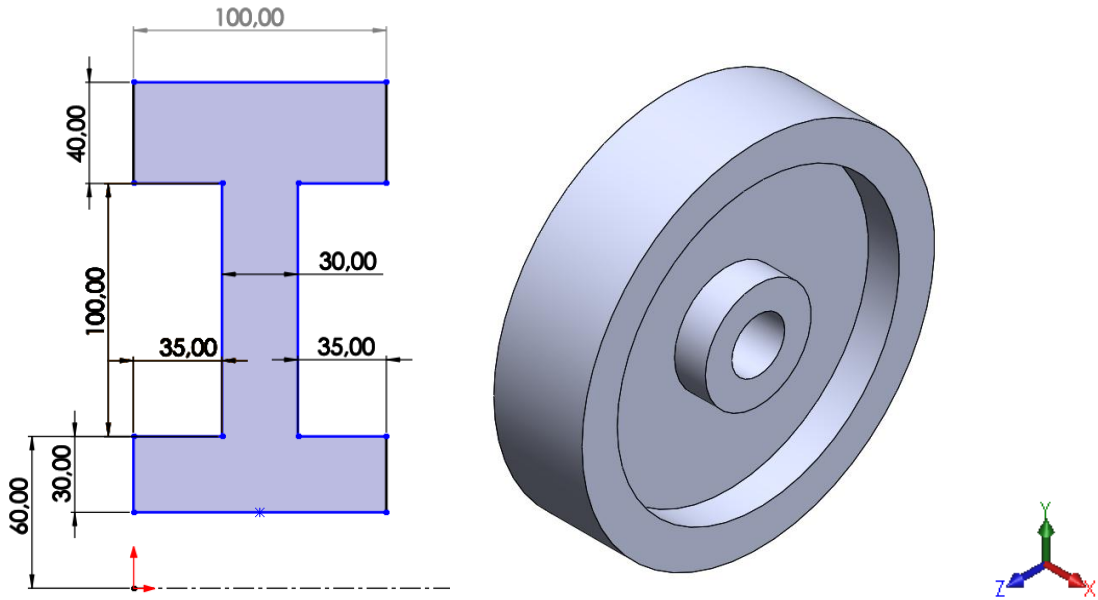
$$I_m \approx \rho \cdot r^2 \cdot 2\pi r \cdot A$$

Aşağıdaki örneklerde olduğu gibi bir Volan yada tekerde kütle atalet momentini bulmak için integral almak zordur. Bunun yerine kesiti basit dikdörtgenlere parçalayıp her birinin atalet etkisini hesaplayıp toplamak daha kolay olacaktır.

$$I_m = I_{m1} + I_{m2} + I_{m3} + I_{mx}$$

Örnek:

Şekildeki gibi bir kesite sahip olan Volanın kütleli atalet momentini hem formüllerle hemde Solidworks ile hesaplayıp sonuçları karşılaştırın.



Şeklin kesitini 3 tane alana bölersek integral kullanmadan basit şekiller için yaklaşık formülü kullanarak bulalım. Bu formül kesitin alanı ve kesitin ağırlık merkezinin yerini biliyorsak kullanabiliriz ama sonucu yaklaşık bulur.

$$I_m = I_{mA} + I_{mB} + I_{mC}$$

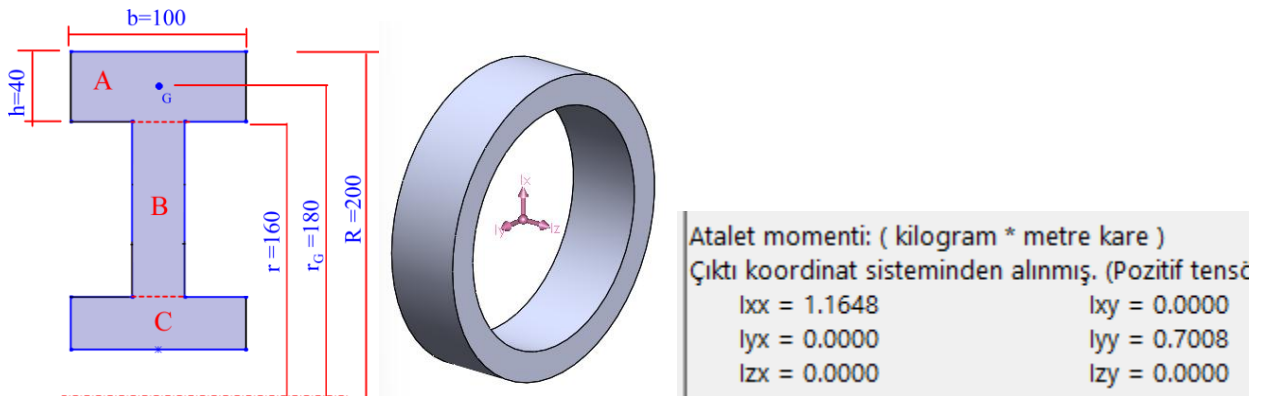
$$I_m \approx \rho \cdot r^2 \cdot 2\pi r \cdot A$$

A alanı için;

$$I_{mA} \approx \rho \cdot r^2 \cdot 2\pi r \cdot A$$

$$I_{mA} \approx 7850 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.18^2 m^2 \cdot 2\pi \cdot 0.18 m \cdot (0.1 \cdot 0.04) m^2$$

$$I_{mA} \approx 1,15 kgm^2$$



Döner silindirler için yaklaşık formülü kullanmak yerine integral almadan şeklin kesin sonucunu veren şu formülleri kullanmak daha doğru olur. Ortası dolu silindir için $I_m = \frac{1}{2}mr^2$, Ortası boş silindir için $I_m = \frac{1}{2}m(r^2 + R^2)$ (dikkat! aradaki işaret eksi değildir, ortası boşaltılan silindirin kütlesi düşer ama kütlelerine göre atalet momenti artar, ağırlık hesabı yapılmıyor)

$$I_{mA} = \frac{1}{2}m(r^2 + R^2) = \frac{1}{2}[\rho \cdot b \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)](r^2 + R^2)$$

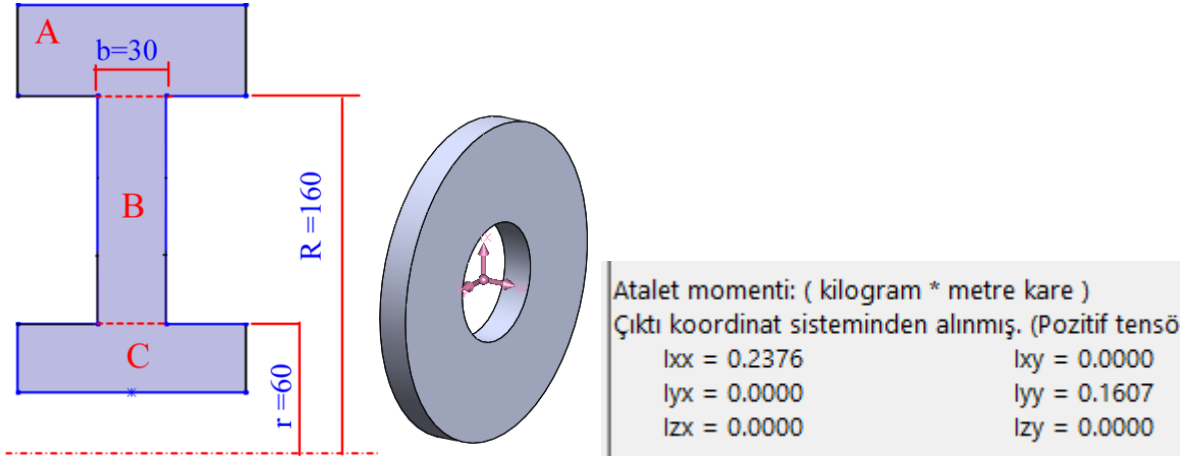
$$I_{mA} = \frac{1}{2} \left[7850 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.100m \cdot \pi \cdot (0.200^2 - 0.160^2)m^2 \right] (0.160^2 + 0.200^2)m^2 = 1,1648 kgm^2$$

Bu sonuç yukarıdaki yaklaşık hesaptan daha doğrudur. Solidworks sonucu da bunu doğrulamaktadır.

B alanı için;

$$I_{mB} = \frac{1}{2} m(r^2 + R^2) = \frac{1}{2} [\rho \cdot b \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)](r^2 + R^2)$$

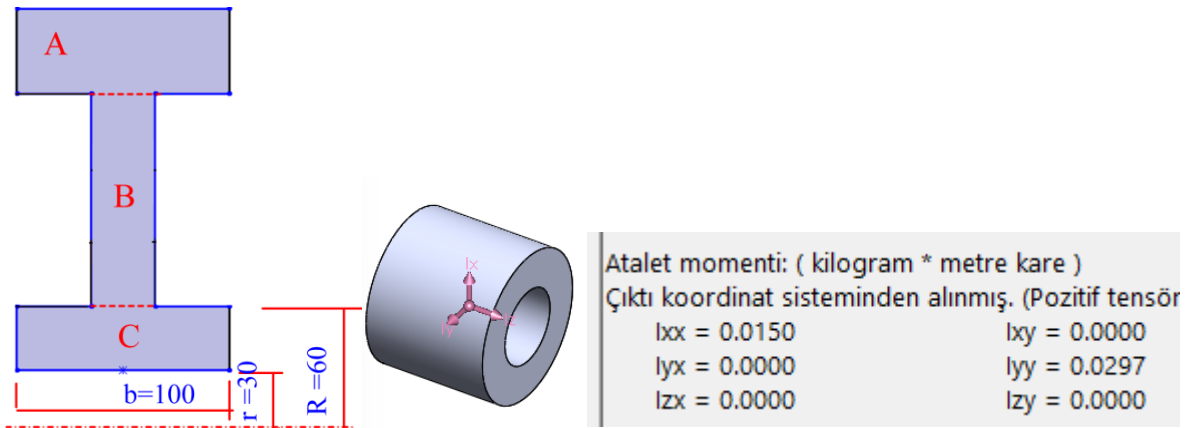
$$I_{mB} = \frac{1}{2} \left[7850 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,030m \cdot \pi \cdot (0,160^2 - 0,060^2)m^2 \right] (0,060^2 + 0,160^2)m^2 = 0,2376 \text{ kgm}^2$$



C alanı için;

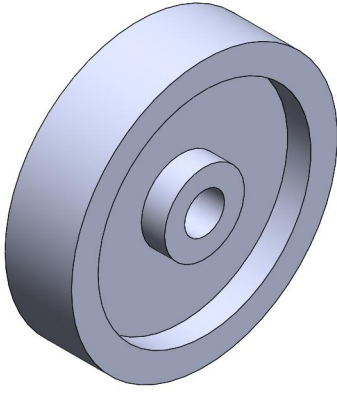
$$I_{mC} = \frac{1}{2} m(r^2 + R^2) = \frac{1}{2} [\rho \cdot b \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)](r^2 + R^2)$$

$$I_{mC} = \frac{1}{2} \left[7850 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,100m \cdot \pi \cdot (0,060^2 - 0,030^2)m^2 \right] (0,030^2 + 0,060^2)m^2 = 0,01498 \text{ kgm}^2$$



Hepsini toplarsak;

$$I_m = I_{mA} + I_{mB} + I_{mC} = 1,1648 + 0,2376 + 0,01498 = 1,41738 \text{ kgm}^2$$



Atalet momenti: (kilogram * metre kare)		
Çıktı koordinat sisteminden alınmış. (Pozitif tensör işareti kullanarak.)		
$I_{xx} = 1.4174$	$I_{xy} = 0.0000$	$I_{xz} = 0.0000$
$I_{yx} = 0.0000$	$I_{yy} = 0.8912$	$I_{yz} = 0.0000$
$I_{zx} = 0.0000$	$I_{zy} = 0.0000$	$I_{zz} = 0.8912$

Sonuç: Bir Volanın kütlesini düşürüp (ağırlığını azaltıp) kütle atalet momentini artırmak istiyorsak (yani daha küçük boyutta daha etkili döndürme enerjisi depolayabilen bir teker üretmek istiyorsak) malzemeleri eksen uzak noktada toplamak gerekiyor. Genel kütle atalet momenti cismin kütle ile doğrusal artarken, eksenden uzaklaştırmak ile karesiyle artırmaktadır. O yüzden daha hafif ama daha etkili bir volan tasarlamak istiyorsak kütle dış çapta toplamalıyız. Böylece aynı enerjiyi depolamak için daha hafif malzeme ihtiyacı olmuş olur ve makine hafifler.

$$I_m = \int_m r^2 dm$$

Ek bilgi: <https://fizikdersi.gen.tr/eylemsizlik-momentini-nedir/>

ÖDEVLER

Ödev 1:

Ödev için aşama şu maddeleri uygulayın. Ödevde Darphanede Cumhuriyet **altını** üretmek için bir Eksantrik pres tasarlanacak.

- Öncelikle yukarıda verilen ders notlarına **çalışın**. Ders videosunu izleyin.
- İnternette çeşitli Eksantrik Presleri (eccentric press) **inceleyin**.
- Cumhuriyet altınının **ölçülerini** bulun. Altını **kesme dayanımını** araştırın. Buna göre bir Cumhuriyet altını saçtan kesebilecek ve üzerine deseni çıkarabilmek için gerekli kuvveti hesaplayın (yukarıda sacı kesmek için kuvvet nasıl hesaplanıyor anlatıldı. Deseni oluşturabilmek içinde kuvvet nasıl hesaplanır araştırın).
- Her saniyede 1 tane altın üretecek şekilde krankın gerekli **devrini** bulun.
- Bu devirde gerekli volanın **Atalet Momentini** hesaplayın (Yani ders notlarındaki hesaplamaları uygulayın).
- Bu atalet momentini verecek **en hafif** uygun ölçülerde Volanı tasarlayın (yani dış kasnağa doğru malzemeyi yığımalısınız. Yarı kesitine T şeklini yada I şeklini vermeye çalışın).
- Kasnak (Volan) şekli ortaya çıktıktan sonra ona kayış ile bağlanacak motorun **devirini ve gücünü** bulun.
- Tüm makineyi katı model olarak çizin. **Animasyon** şeklinde çalıştırın.

Kısaca ders notlarındaki bilgileri kullanarak sıfırdan bir Eksantrik pres tasarlayın.

<https://www.youtube.com/shorts/wcYKttiovDA>

<https://www.youtube.com/shorts/EVrbAxKp4M>

<https://www.youtube.com/watch?v=YiZXKmROSLI>

<https://www.youtube.com/watch?v=DbjPLR0b4os>

