11.1.9. Denge

11.1.9.1. Cisimlerin denge durumunu analiz eder.

11.1.9.2. Kuvvetlerin dengesi ile ilgili günlük hayattan problem durumları ortaya koyar ve çözüm yolları üretir.

11.1.9.3. Cisimlerin kütle ve ağırlık merkezlerinin yerini karşılaştırır.

a. Öğrencilerin günlük hayattaki cisimlerin kütle ve ağırlık merkezlerinin yerlerini hesaplamaları sağlanır.

b. Kütle ve ağırlık merkezlerinin birbirlerinin yerine kullanılamayacağı durumlar vurgulanır.

11.1.9.4. Günlük hayatta kullanılan basit makinelerin işlevlerini açıklar.

a. Basit makinelerin kaldıraç, basit makara, palanga, eğik düzlem, vida, çıkrık, çark ve kasnak ile sınırlı kalınır.

11.1.9.5. Denge koşullarını günlük hayatta kullanılan basit makinelere uygular ve verim hesabı yapar.

11.1.9.6. Günlük hayattaki bir problemi çözebilecek basit makine tasarlar ve yapar.

1.9. DENGE

1.9.1. Cisimlerin Denge Durumu

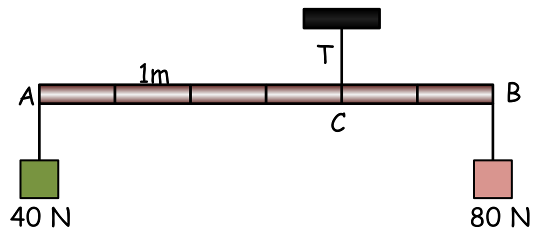
Sahilde taşları üst üste koyduğumuzda taşların devrilmeden dengede kalmasını ya da gökdelenlerin çok büyük kütlelerine rağmen devrilmeden dengede kalmasını sağlayan sebep nedir?

Cisimlerin fizik açısından dengede kalması iki şarta bağlıdır.

Birincisi, kuvvetlerin birbirini dengeleme şartı olan toplam kuvvetin sıfır olma şartıdır. Cismin üzerindeki kuvvetlerin x ve y eksenleri üzerindeki bileşenlerinin toplamı sıfır olmalıdır.

Direksiyon, ortasındaki eksen etrafında döner. Direksiyonu tutan bir sürücü, direksiyona eksen etrafında eşit büyüklükte ve zıt yönde kuvvet uygular. Bu kuvvetlerin dengesini gösterir. Fakat direksiyon dengede değildir.

Cismin dengede olması için gerekli ikinci şart ise cismin dönmemesidir. Cismin üzerindeki toplam torkun sıfır olması, dengenin sağlanması için gerekli olan ikinci şarttır.

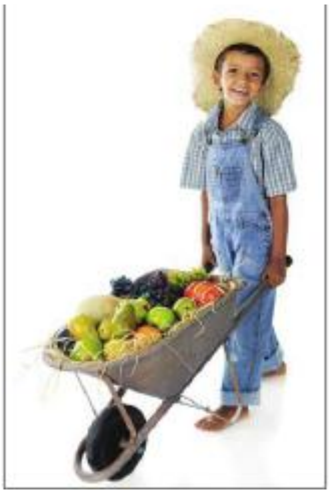


Ağırlığı ihmal edilen her bir bölmesi 1 m olan eşit bölmeli bir çubuğa 4 kg kütleli A cismi ile 8 kg kütleli B cismini şekildeki gibi asalım. Cisimlerin ağırlıklarının C noktasına göre torklarını bulalım.

A cisminin torku, 40.4 = 160 N.m, B cisminin torku ise 80.2 = 160 N.m'dir. İki cismin C noktasına göre torkları eşit olduğu için çubuk dönmez fakat bu denge için yeterli şart değildir. Dengenin diğer şartı da kuvvetlerin dengesidir. Kuvvetlerin dengesi için T ipindeki gerilme kuvvetinin büyüklüğü, çubuğu aşağıya doğru çeken kuvvetlerin toplamına eşit olmasıdır. Çubuğu aşağıya doğru çeken kuvvetlerin toplamı 40 + 80 = 120 N büyüklüğündedir. Çubuğun dengede kalabilmesi için ipteki T gerilmesinin de 120 N olması gerekir.

1.9.2. Kuvvetlerin Dengesi ile İlgili Günlük Hayattan Problem Durumları

Barfiks çekerken kendini dengeleyen sporcunun kollarındaki kuvveti bulalım. Resimdeki gibi kendi ağırlığını kolları ile dengeleyen sporcu, yer çekimi kuvvetinden kaynaklanan ağırlığı dengelemektedir. İki kolu yana eşit uzaklıkta açtığı için ağırlığını iki kolu ile dengeler. Örneğin 80 kg kütleye sahip sporcunun ağırlığı G=m.g eşitliğinden G=80.10=800 N dur. Sporcunun tek bir kolunun taşıdığı ağırlık, 400 N olur.



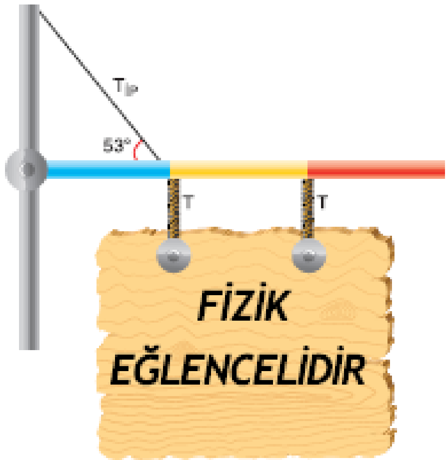
El arabasında meyveleri dengede tutan resimdeki çocuğun, kollarındaki toplam kuvveti bulalım. El arabasının kütlesi 15 kg, içindeki meyvelerin kütlesi ise 20 kg olsun. Çocuk, el arabasını saplarından tutarak kaldırdığı zaman dengede tekerleğin yere değdiği noktaya göre arabanın toplam ağırlığının torkunun, çocuğun arabaya uyguladığı torka eşit olması gerekir.

Meyve ve arabanın ağırlık merkezinin aynı yerde ve tekerleklere uzaklığı 40 cm olsun. Çocuğun kollarının tekerleğin yere değdiği noktanın düzeyine uzaklığı ise 50 cm olsun. Tekerleğin yere değdiği noktaya göre torklarını eşitlediğimizde,

(15+20).10.40 = T.50 olur.

(T çocuğun kollarındaki toplam gerilme kuvveti).

T = 35.8 = 280 N bulunur. Tek bir kola düşen gerilme kuvveti ise 140 N olur.



Fizik öğretmeni olan Serap, öğrencilerin fiziğe olan ilgisini artırmak için eğlenceli fizik deneylerinin satıldığı bir dükkân açıyor. Dükkâna şekildeki gibi "FİZİK EĞLENCELİDİR" tabelasını tutan iplerdeki gerilmeler eşit olacak şekilde asıyor. Tabelayı asmak için 150 cm uzunluğunda ve 5 kg kütlesinde bir direk kullanıyor. Direği eşit uzunlukta, üç farklı renge boyuyor. Dükkâna astığı tabelanın kütlesi 10 kg olduğuna göre direği dengede tutan halattaki gerilmeyi hesaplayalım.

Yapılan reklam direğinin dengede kalması için direk üzerindeki kuvvetlerin menteşeye göre torklarının toplamının sıfır olması gerekir.

Direği saat yönünde çeviren kuvvetlerin torku,

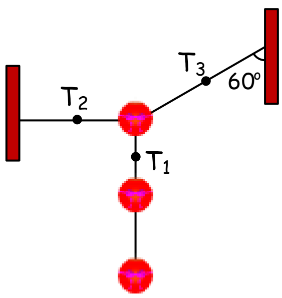
50.0,75 + 50.0,5 + 50.1 = 37,5 + 25 + 50 = 112,5 N.m bulunur. Direğin saat yönünde dönmesine engel olan kuvvet, halattaki kuvvetin düşey bileşeni olduğu için saat yönünün tersi yöndeki tork,

Tsin53°.0,5 = 0,4.T

Torkları eşitlediğimizde,

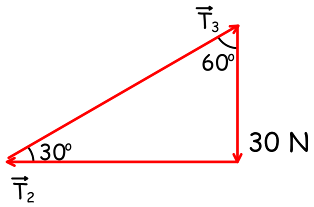
112,5 = 0,4 T, halattaki gerilme, 281,25 N bulunur.

Dar bir sokakta oturan Zeynep ve Aslı Hanım, sokağı süslemeye karar veriyorlar. Süsleme nesneleri için özdeş 1 kg kütleli 3 adet renkli plastik küre alıyorlar. Bu küreleri sokağın iki yanına şekildeki gibi halatlarla asıyorlar. Süsleme nesnelerinin bağlı olduğu halatlardaki T_1, T_2 ve T_3 gerilmelerini hesaplayalım.



T_1 halat gerilmesi, iki nesneyi dengelediği için 20 N büyüklüğündedir. T_2 ve T_3 ip gerilmeleri üç nesneyi dengeler. Üç nesnenin ağırlığı 30 N büyüklüğündedir. Bir noktaya toplanan üç kuvvet için kuvvetleri vektörel olarak gösterip uç uca ekleyelim.

Denge durumunda bir noktaya uygulanan üç kuvvetin vektörel toplamı şekildeki gibi sıfırdır. Bu yüzden açı kenar özelliğinden yararlanarak diğer kuvvetler bulunur.



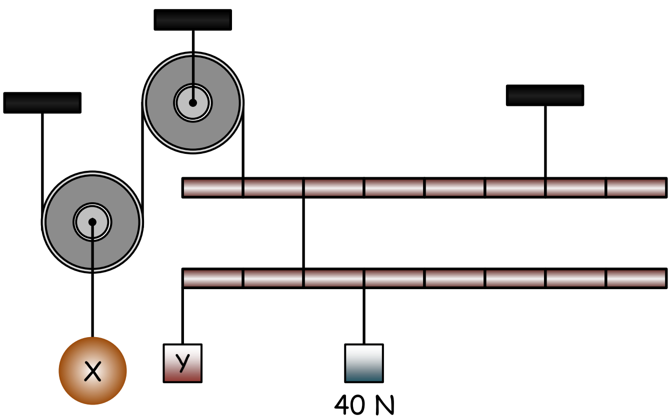
30° karşısı k, 60° karşısı $k\sqrt{3}$, 90° karşısı 2k ile orantılıdır.

30° karşısında 30 N varsa, 60° karşısısında $30\sqrt{3}$ N, 90° karşısı 60 N bulunur.

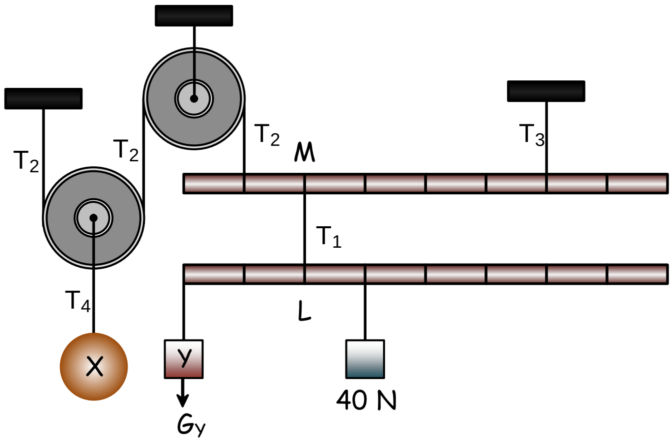
Bu yüzden $T_3 = 60$ N, $T_2 = 30\sqrt{3}$ N bulunur.

KENDİMİZİ DENEYELİM

1



Ağırlıksız makara ve çubuklarla kurulmuş sistem şekildeki gibi dengededir. Y ve X cisimlerinin ağırlıklarını bulunuz. (Çubuklar eşit bölmelidir.)



Alttaki çubuğun yatay dengede kalabilmesi için L noktasına göre 40 N ile X cisminin torkları eşit olmalıdır.

$G_Y.2 = 40.1$ → $\boxed{G_Y = 20 \text{ N}}$

$T_1 = G_Y + 40$

$T_1 = 20 + 40$

$\boxed{T_1 = 60 \text{ N}}$

Üstteki çubuğun yatay dengede kalabilmesi için T_2 ve T_3 gerilmelerinin M noktasına göre torkları eşit olmalıdır.

$T_2.1 = T_3.4$ $\quad (T_1 = T_2 + T_3)$

$T_2.1 = T_3.4$ $\quad (60 = T_2 + T_3)$

$60 - T_3 = T_3.4$ $\quad (T_2 = 60 - T_3)$

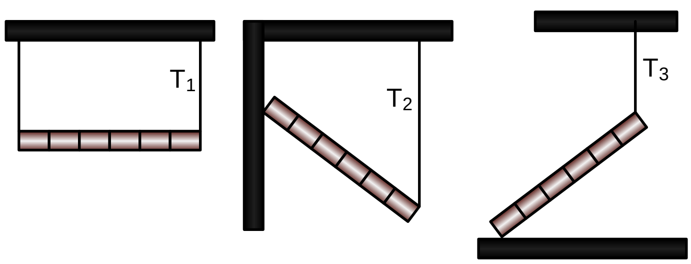
$60 = 5T_3$

$\boxed{T_3 = 12 \text{ N}}$ $\quad T_2 = 60 - 12$

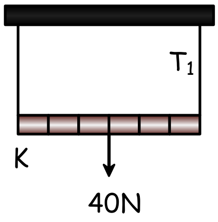
$\boxed{T_2 = 48 \text{ N}}$

$T_4 = 2T_2 = G_X$ → $\boxed{G_X = 2.48 = 96 \text{ N}}$

2



40 N ağırlığındaki düzgün türdeş çubuk şekillerdeki gibi dengededir. İplerdeki gerilme kuvvetleri bulunuz.



K noktasına göre torklar eşit olmalı.

$T_1.6 = 40.3$

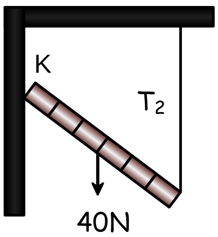
$2T_1 = 40$

$T_1 = 20$ N

Homojen cisimler uçlarından paralel iplerle asılırsa iplerdeki gerilmeler birbirine eşit ve ağırlığın yarısı kadardır.

$2T_1 = 40$

$T_1 = 20$ N

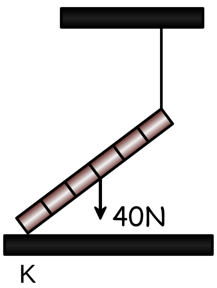


K noktasına göre torklar eşit olmalı. Kuvvetler birbirine paralel ise dönme noktasına olan uzaklıkların dik bileşenlerinin yerine çubuğun uzunluğu kullanılabilir.

$T_2.6 = 40.3$

$2T_2 = 40$

$T_2 = 20$ N



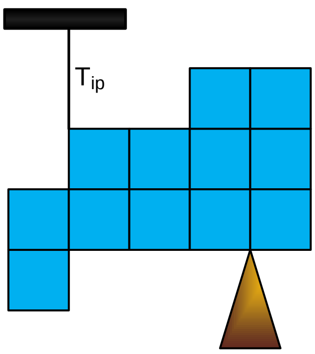
K noktasına göre torklar eşit olmalı. Kuvvetler birbirine paralel ise dönme noktasına olan uzaklıkların dik bileşenlerinin yerine çubuğun uzunluğu kullanılabilir.

$T_3.6 = 40.3$

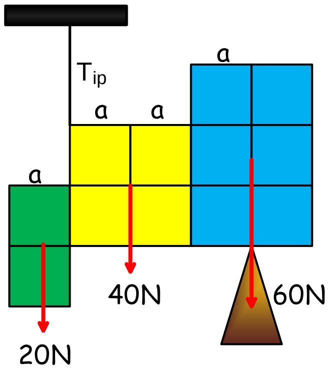
$2T_3 = 40$

$T_3 = 20$ N

3



Özdeş ve her birinin ağırlığı 10 N olan küpler şekildeki gibi yapıştırılarak dengeleniyor. İpteki gerilme kuvvetini ve desteğin tepki kuvvetini hesaplayınız.



Küplerin desteğe göre torklarının toplamı, ipin desteğe göre torkuna eşit olmalıdır.
Desteğin üzerinde yer alan altı küpün ağırlık merkezi destek üzerinde olduğundan 6 küpün torku sıfırdır.

$40.2a + 20.3,5a = T.3a$

$80a + 70a = T.3a$

$150a = 3Ta$

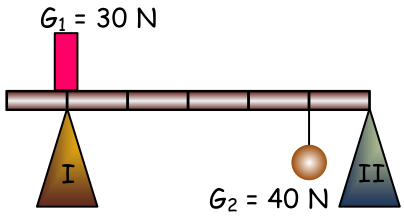
T = 50 N

Düşey doğrultudaki zıt yönlü kuvvetlerin bileşkesi birbirine eşit olmalıdır.

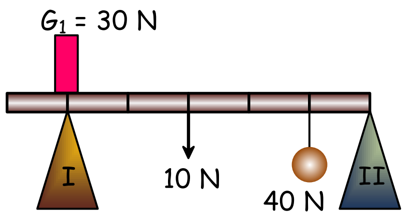
$20 + 40 + 60 = 50 + N$

N = 70 N

4



Ağırlığı 10 N olan şekildeki homojen ve türdeş çubuk G_1 ve G_2 yükleri ile şekildeki gibi dengededir. Buna göre desteklerin tepki kuvvetlerinin oranını (N_1 / N_2) bulunuz.



1'inci desteğe göre tork alınırsa;

$10.2 + 40.4 = N_2.5$

$N_2 = 36$ N

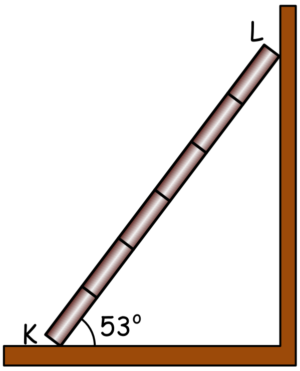
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{36}{44} = \frac{9}{11}$$

2'nci desteğe göre tork alınırsa;

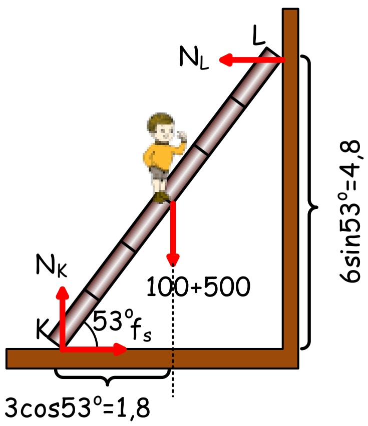
$40.1 + 10.3 + 30.5 = N_1.5$

$N_1 = 44$ N

5



Ağırlığı 100 N olan homojen KL merdiveni şekildeki gibi dengededir. Ağırlığı 500 N olan bir çocuk, merdivenin ortasına geldiğinde merdiven dengede olduğuna göre tepki kuvvetlerini ve yer ile merdiven arasındaki sürtünme kuvvetini bulunuz. (Sadece yatay zemin sürtünmelidir.)



K noktasına göre tork alınırsa;

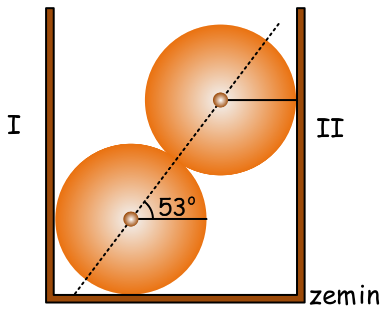
$600.1,8 = N_L.4,8$

$N_L = 225$ N

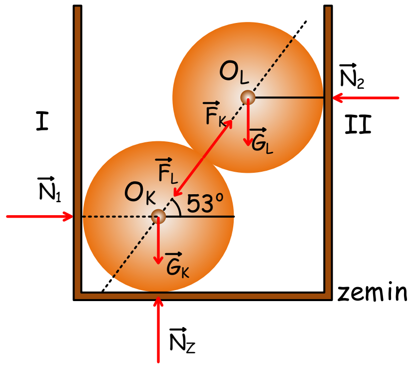
$N_K = 100+500 = 600$ N

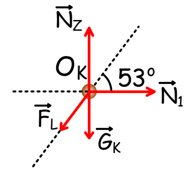
$N_L = f_s = 225$ N

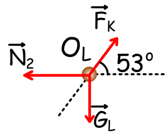
6



Her birinin ağırlığı 100 N olan özdeş içi dolu metal küreler şekildeki gibi iki duvar arasında dengededir. I ve II. duvarın tepki kuvvetini ve zeminin yere değen küreye etki eden tepki kuvvetini bulunuz.



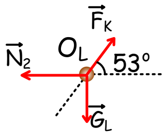




$\boxed{N_Z = G_K + G_L}$

$\boxed{N_1 = N_2}$

$\boxed{F_K = F_L}$



$F_K \sin 53° = G_L$

$F_K\, 0,8 = 100$

$F_K = 125$ N

$F_K \cos 53° = N_2$

$125.0,6 = N_2$

$N_2 = 75$ N

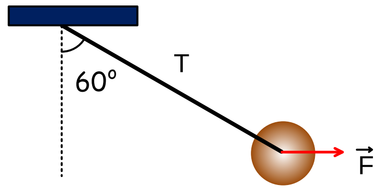
$N_Z = G_K + G_L$

$N_Z = 100 + 100$

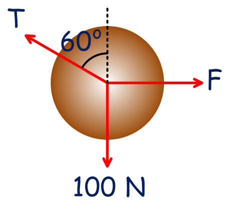
$N_Z = 200$ N

$N_1 = N_2 = 75$ N

7



Şekildeki 100 N ağırlığındaki küre, F kuvveti uygulanarak dengeleniyor. F kuvvetini ve ipteki gerilmeyi bulunuz. Şekildeki 60o lik açı küçültülerek küre yeniden dengeye getirilirse F kuvveti ve T ip gerilmesi nasıl değişir?



$T\cos60° = 100$ N

$T.0,5 = 100$ N

$T = 200$ N

$T\sin60° = F$

$200\,\dfrac{\sqrt{3}}{2} = F$

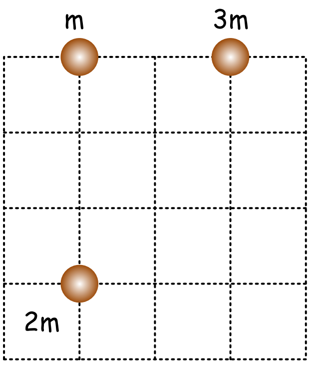
$F = 100\sqrt{3}$ N

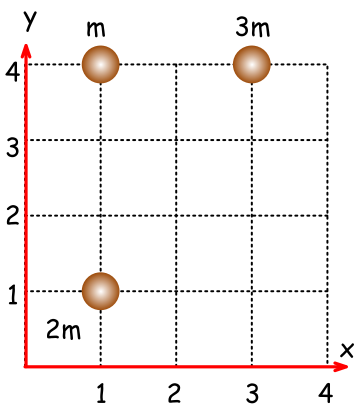
Açı küçüldükçe açının cosinüs değeri artarken, sinüs değeri azalır. Bu nedenle ipteki T gerilme ve F kuvveti azalır.

1.9.3 Cisimlerin Kütle ve Ağırlık Merkezleri

Resimdeki portifin konteyneri düşürmeden kaldırması için taşıdığı yükün ağırlık merkezinin yerine dikkat etmesi gerekmektedir. Ağırlık merkezini incelemeden önce "Ağırlık merkezi ile kütle merkezi arasında fark var mı?" sorusunun cevabını arayalım.

Cisimler birçok küçük kütlenin birleşmesi ile oluşur. Kütle merkezi, cismin üzerindeki birçok kütlenin toplandığı temsilî noktadır. Bir model üzerinde kütle merkezini bulalım.





Şekil-a'daki gibi kütle merkezinin yeri bulunurken önce Şekil-b'deki gibi koordinat sistemi çizilir. x eksenine göre, kütle merkezinin torku, tek tek kütlelerin torkuna eşitlenerek kütle merkezinin x ekseni üzerindeki bileşeni bulunur.

$$X_{KM} = \frac{m_1X_1 + m_2X_2 + m_3X_3 + \ldots\ldots}{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots\ldots}$$

$$X_{KM} = \frac{m.1 + 2m.1 + 3m.3}{m + 2m + 3m} = 2$$

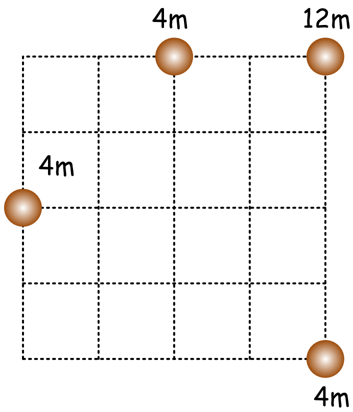
y eksenine göre, kütle merkezinin torku, tek tek kütlelerin torkları toplamına eşitlenerek kütle merkezinin y ekseni üzerindeki bileşeni bulunur.

$$Y_{KM} = \frac{m_1Y_1 + m_2Y_2 + m_3Y_3 + \ldots\ldots}{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots\ldots}$$

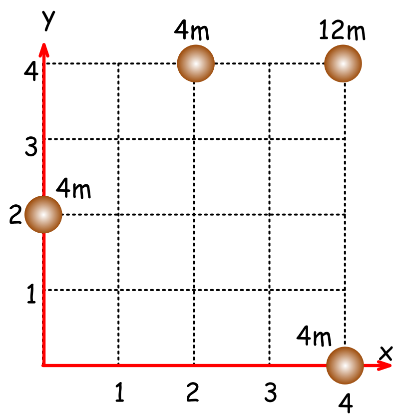
$$Y_{KM} = \frac{m.4 + 2m.1 + 3m.4}{m + 2m + 3m} = 3$$

Kütle merkezinin koordinatları (2,3) şeklindedir.

KENDİMİZİ DENEYELİM



4m, 4m, 4m, 12m kütleli cisimlerden oluşan şekildeki sistemin kütle merkezinin yerini bulunuz.



$$\left.\begin{aligned} X_{KM} &= \frac{4m.0 + 4m.2 + 4m.4 + 12m.4}{4m + 4m + 4m + 12m} = 3 \\ Y_{KM} &= \frac{4m.0 + 4m.2 + 4m.4 + 12m.4}{4m + 4m + 4m + 12m} = 3 \end{aligned}\right\} (3,3)$$

Cisimlerin ağırlık merkezi nerededir?

Bir cismin üzerindeki küçük kütlelerin her birine yer çekimi kuvveti etki eder. Yer çekimi kuvveti yer çekim ivmesine bağlıdır. Cisim üzerindeki noktalar için yer çekim ivmesi aynı değerde ise cismin kütle merkezi ile ağırlık merkezi aynı yerdedir.

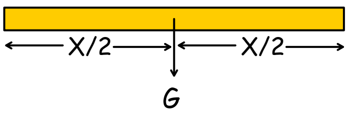
Malezya'daki Petronas kulelerinin zeminindeki yer çekim ivmesi ile çatısındaki yer çekim ivmesinin farklılığı sebebiyle kütle merkezi ve ağırlık merkezleri arasında fark vardır. Kütle merkezi 2 cm daha yukarıdadır.

Bir cismi astığımız iki durumda çizilen eksenlerin birleştiği nokta cismin ağırlık merkezidir.

Asılan cisimler dengede ise ipin uzantısı ağırlık merkezinden geçer.

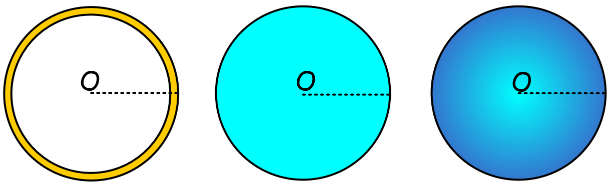
Düzgün Geometrik Cisimlerin Ağırlık Merkezleri

Düzgün türdeş bir çubuğun ağırlık merkezi tam ortasındadır. Düzgün türdeş bir çubuğu tam ortasından asarsak çubuk dengede kalır.



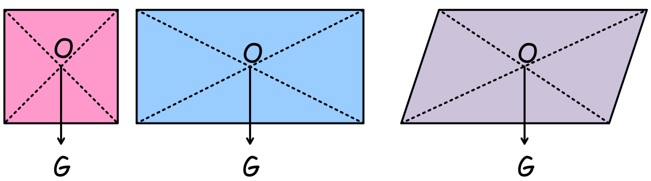
Türdeş tel veya çubuklar

Düzgün türdeş çember, daire ve küre şeklindeki cisimlerin ağırlık merkezleri, merkezlerindedir.



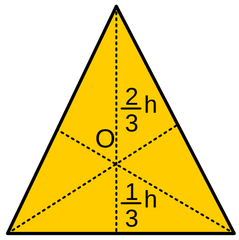
çember daire küre

Düzgün türdeş kare, dikdörtgen ve paralelkenar şeklindeki cisimlerin ağırlık merkezleri köşegenlerinin kesişim noktasındadır.

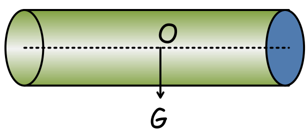


Düzgün türdeş üçgenin ağırlık merkezi kenarortayların kesişim noktasındadır.

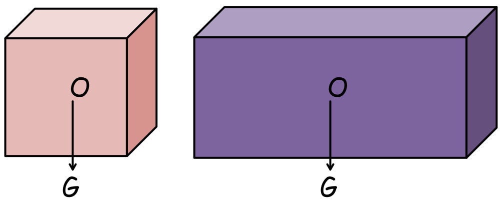
Bir üçgenin kenarortayları gibi birbirini köşeden 2/3, kenardan 1/3 oranında keser.

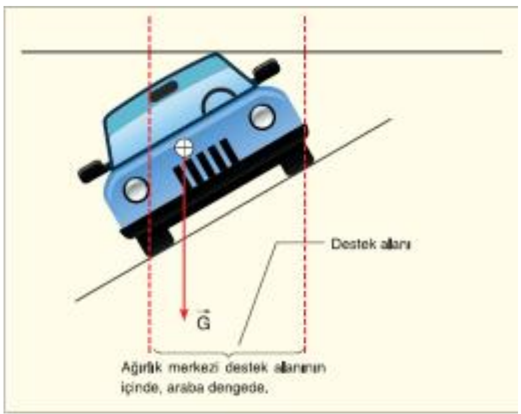


Düzgün türdeş silindir şeklindeki bir cismin ağırlık merkezi tavan ve taban merkezlerini birleştiren doğrunun ortasındadır.



Homojen küp ve dikdörtgenler prizmasının ağırlık merkezi geometrik merkezlerindedir.

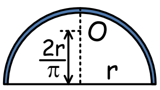




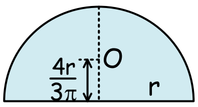
Ağırlık merkezinin yeri ve destek alanı araçların devrilmesinde önemli rol oynar. Bir aracın ağırlık merkezi yere yaklaştıkça devrilmesi zorlaşır. Ayrıca şekilde görüldüğü gibi arabanın destek alanı (tekerlekleri arasındaki alan) büyüdükçe devrilmesi zorlaşır.

Düzgün türdeş ve aynı maddeden yapılan cisimlerde ağırlık merkezi bulunurken çubuğun ağırlığı yerine uzunluğu, levhanın ağırlığı yerine alanı, üç boyutlu cisimlerde de cismin ağırlığı yerine hacmi alınabilir.

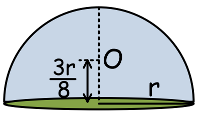
Tamamlayıcı Bilgiler



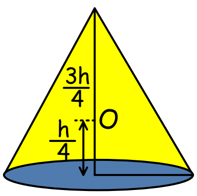
Türdeş yarım çember şeklindeki telin ağırlık merkezi O noktasıdır.



Türdeş yarım daire şeklindeki levhanın ağırlık merkezi O noktasıdır.



Türdeş yarım küre şeklindeki cismin ağırlık merkezi O noktasıdır.



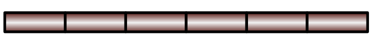
Türdeş koni şeklindeki cismin ağırlık merkezi tabandan h/4 kadar yukarıdadır.

Kavram Yanılgısı

Kütle merkezi ile ağırlık merkezi aynıdır.

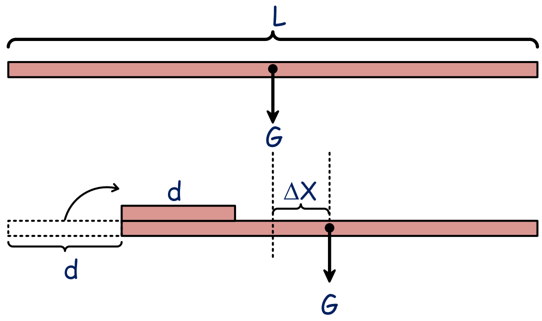
KENDİMİZİ DENEYELİM

1

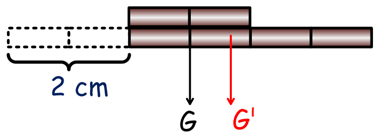


Şekildeki homojen çubuğun her bir bölmesi 1 cm'dir. Çubuğun soldaki iki parçası kendi üzerine katlanırsa ağırlık merkezi kaç cm yer değiştirir?

Boyu L olan bir çubuğun ucundan d uzunluktaki bir parça kendi üzerine katlanırsa, çubuğun ağırlık merkezindeki yer değiştirme miktarı;

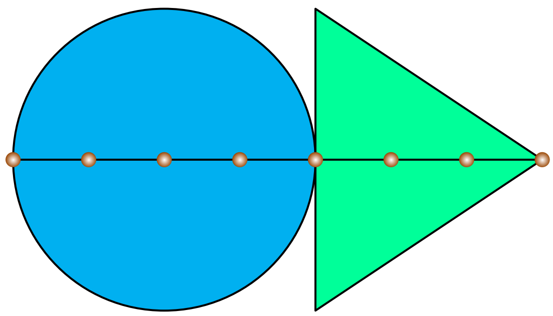


$\Delta X = \dfrac{d^2}{L}$ olur.

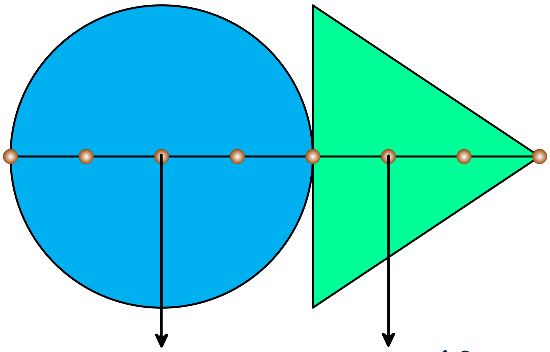


$\Delta X = \dfrac{d^2}{L}$ $\qquad$ $\Delta X = \dfrac{2^2}{6} = \dfrac{2}{3}$ cm

2



Aynı maddeden yapılmış düzgün türdeş daire şeklindeki levha ile üçgen levha şekildeki gibi birleştiriliyor. Buna göre oluşan yeni şeklin ağırlık merkezinin daire şeklindeki levhanın merkezine uzaklığını bulunuz (Bir bölme 1 cm'dir).



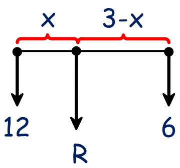
$G_{daire} = \pi r^2$

$G_{daire} = 3.2^2$

$G_{daire} = 12\ cm^2$

$G_{üçgen} = \frac{4.3}{2}$

$G_{üçgen} = 6\ cm^2$



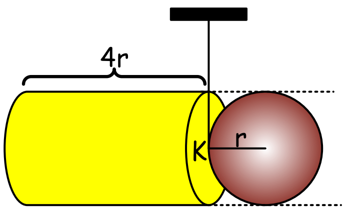
$12x = 6(3-x)$

$12x = 18 - 6x$

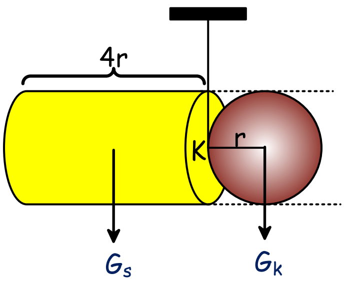
$18x = 18$

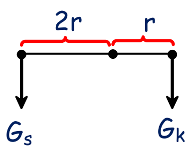
$x = 1\ cm$

3



Kendi içlerinde homojen silindir ve küre şekildeki gibi silindirin tabanının orta noktasından yapıştırılıyor. Sistem K noktasından bir ip ile asıldığında dengede kaldığına göre silindir ve kürenin yapıldığı maddelerin öz kütlelerinin oranını bulunuz.





$G_s.2r = G_k.r$

$2G_s = G_k$

$V_s = \pi r^2.4r$

$V_s = 3.r^2.4r$

$V_s = 12r^3$

$V_k = \frac{4}{3}\pi r^3$

$V_k = \frac{4}{3}3r^3$

$V_k = 4r^3$

$2m_s.g = m_k.g$

$2m_s = m_k$

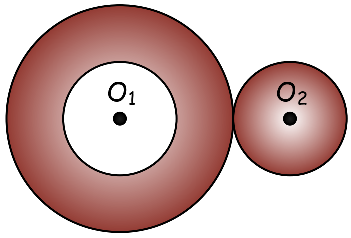
$2d_s.V_s = d_k.V_k$

$2d_s.12r^3 = d_k.4r^3$

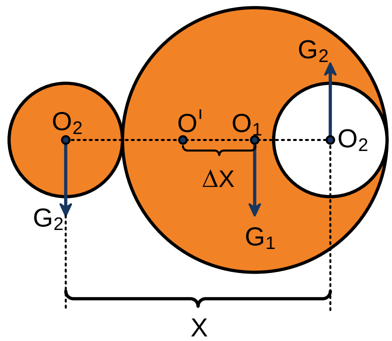
$24d_s = 4d_k$

$\frac{d_k}{d_s} = 6$

ÖRNEK:



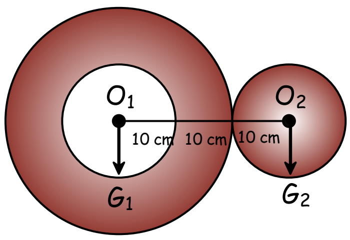
Yarıçapı 20 cm olan O_1 merkezli daireden yarıçapı 10 cm olan aynı merkezli daire kesilerek, şekilde görüldüğü gibi yapıştırılmıştır.
Yeni sistemin ağırlık merkezi O_1 noktasından kaç cm uzaktadır?



G_1 ağırlıklı bir cisimden G_2 ağırlıklı bir parça çıkarılıp, çıkarıldığı noktadan X kadar uzağa yapıştırılırsa, sistemin ağırlık merkezinin yer değiştirme miktarı (ΔX);

$$\boxed{\Delta X = \frac{G_2}{G_1} X}$$

bağıntısı ile hesaplanır.



$G_1 = \pi r^2$

$G_1 = 400\pi$

$G_2 = \pi r^2$

$G_2 = 100\pi$

$\Delta X = \frac{G_2}{G_1} X$

$\Delta X = \frac{100\pi}{400\pi} 30$

$\Delta X = 7{,}5\ cm$

1.9.4. Basit Makineler Hayatımızı Kolaylaştırır

İnsanoğlu yaşam koşullarını iyileştirebilmek için sürekli fikir yürütmüş ve bu fikirleri uygulamaya geçirerek icatlar yapmıştır. Basit makineler insanın yapması gereken işlerin daha kolay bir yolla yapılma fikri ile ortaya çıkmıştır. Kuvvet gerektiren bir işi daha az kuvvetle yapmak, yol alması gereken bir nesneyi daha kısa yoldan götürme mantığı ile basit makineler icat edilerek geliştirilmiştir.

Fizikte bir cisme uygulanan kuvvet ve cismin kuvvet doğrultusunda aldığı yolun çarpımı işi verir. **$W=F.x$** bağıntısı ile iş hesaplanır.

Basit makinelerde ya kuvvetten ya da yoldan kazanç vardır. İşten kazanç yoktur.

Bisikletlerde kullanılan dişli sistemi, basit makinedir. Düz yolda kullandığımız vites ile yokuş çıkarken kullanılan vites birbirinden farklıdır. Çarkların diş sayısını değiştirerek yokuşları rahatlıkla çıkabiliriz.

Kumaş keserken kullanılan **terzi makası** ile demir kesmek için kullanılan **demirci makası** birer basit makinedir.

Terzi makasında kuvvetin uygulandığı kol kısa, demirci makasında ise uzundur. Kuvvetin uygulandığı kolun uzunluğunun, yükün uygulandığı kolun uzunluğuna oranını artırırsak kuvvetin etkisini artırmış oluruz. Böylece kesmesi zor olan demiri kesebiliriz.

Basit makinelerde kuvvet kolunun yük koluna oranına kuvvet kazancı denir.

Kütlesi büyük olan yükleri kolaylıkla kaldırmak için makara sistemleri kullanılır. Makara sistemleri basit makinedir. Basit makineler hayatımızı kolaylaştırır.

Kaldıraçlar

Kaldıraçlar bir destek yardımıyla yükün kaldırılması prensibi ile çalışır. Archimedes "Bana yeterince uzun bir sopa verin Dünya'yı yerinden kaldırayım." sözünü söylemiştir.

Kaldıraçlarda amacına göre destek ortada ya da kenarda olabilir. Bütün kaldıraç sistemlerinde desteğe göre kuvvetin torku, yükün torkuna eşitlenir.

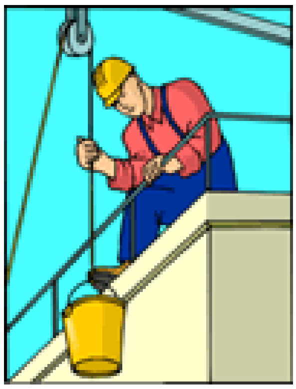
Bu eşitlik, **"kuvvet x kuvvet kolu = yük x yük kolu"** şeklinde ifade edilir.

Desteğin ortada olduğu çiviyi tahtadan çıkarırken kullanılan çekiç ve pense, kuvvet kolunu uzatarak kuvvetin etkisini artırma amacı ile yapılır.

Ceviz kıracağı, desteğin kenarda olduğu duruma örnektir. Kıracağın diğer kenarına kuvvet uygulayarak desteğe yakın yerdeki cevizi kırmak için tasarlanmıştır.

Desteğin kenarda olduğu bir diğer kaldıraç türüne örnek de maşadır. Maşada destek kenarda, kuvvet ortada, yük ise diğer kenardadır.

Makaralar



Makaralar genelde ağır yüklerin belirli bir yüksekliğe kaldırılması için kullanılmaktadır. Makaraların birçok kullanım alanları vardır. Sabit makaralar yüklerin belirli bir yüksekliğe kaldırılması için kullanılır.

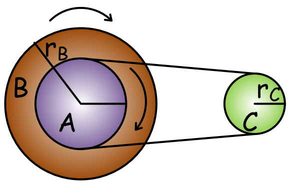
Ağır yüklerin kaldırılması için yapılan vinçlerde hareketli makaralar kullanılmaktadır. Hareketli makarada yük, ağırlığından daha az kuvvetle çekilir.

Palangalar

Palangalar makara sistemleri ile oluşur. Yük gemilerinde yelkenlilerde, inşaatlarda yüksek katlara malzeme çıkarmada kullanılır. Palanga sisteminde kullanılan ip sayısı arttıkça kuvvet kazancı artmaktadır.

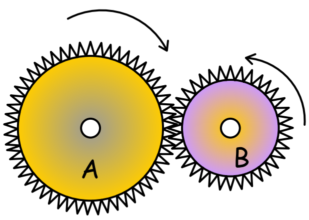
Kasnak ve Dişliler

Kullandığımız bisikletlerden otobüs motorlarına kadar birçok alanda kasnak ve dişliler kullanılmaktadır. Dişli ve kasnaklar dönme hareketini aktarmada, küçük bir dönme hareketi ile elde edilen dönüşü eş merkezli kasnaklar yardımıyla büyütmede kullanılır. Örneğin, otobüs motorunda kasnak ve dişliler kullanılır.



A ve B kasnakları merkezleri aynı olacak şekilde birbirine sıkıca yapıştırıldığında eş merkezli kasnaklar elde edilir. Eş merkezli kasnakların dönme yönleri ve tur sayıları birbirine eşittir.

Mekanik saatlerin yapısında birçok dişlinin kullanıldığını biliyorsunuz. Dişliler yardımıyla farklı tur sürelerine sahip akrep ve yelkovanın dönüşleri ayarlanmaktadır.

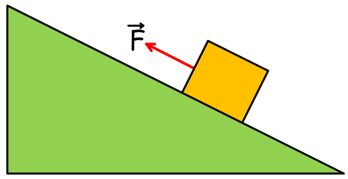


Birbirine şekildeki gibi bağlı dişli sisteminde A ve B dişlisinin dönüş yönleri birbirine zıttır. Dişlilerin saniyedeki tur sayıları f, diş sayıları n olmak şartı ile iki dişlinin diş sayıları ve saniyedeki tur sayıları arasında $f_A . n_A = f_B . n_B$ bağıntısı vardır. Dişlilerin saniyedeki dönüş sayıları ile diş sayısı ters orantılıdır.

Çıkrık

Kuyudan su çekmekte kullanılan çıkrık, kuvvet kazancının birden büyük olduğu bir sistemdir. Kova bir silindirin üzerinde sarılı olan ip ya da zincire bağlıdır. Kuvvet ise resimde görülen yandaki kola uygulanır.

Eğik Düzlem



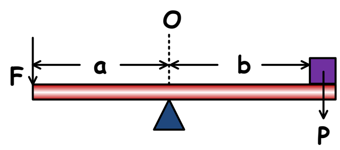
P ağırlığındaki bir cismi belirli bir yüksekliğe çıkarmak için kullanılan araçlardan biri de şekilde görülen eğik düzlemdir.

Eğik düzlemin özelliği cismi, ağırlığından daha küçük kuvvetle eğik bir düzlemde hareket ettirmektir.

Vida

Kapılarımızın kilit sistemini sabitlemede vida, suntadan ya da mdf'den yapılmış dolaplarımızı duvara tutturmada, elektronik devreleri kasalara sabitlemekte vida kullanılmaktadır. Vidayı bir tur çevirdiğimizde vida adımı (iki diş arası mesafe) kadar içeri girer.

1.9.5. Denge koşullarının Basit Makinelere Uygulanması ve Verim



$$F \times a = P \times b$$

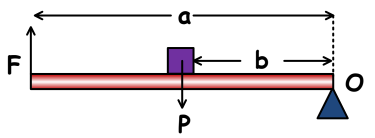
P yükünün F kuvveti ile dengelendiğini düşünelim. Destek ortada olduğu için O noktasına göre kuvvetin ve yükün torklarını eşitlediğimizde,

$F.a = P.b$ bağıntısı elde edilir.

Kuvvet ile kuvvet kolunun daima dik olmasına dikkat edilmelidir. Dik değilse kuvvetin veya kuvvet kolunun dik bileşeni alınmalıdır. Kuvvet ve yük birbirine paralel ise dik bileşenlerini almaya gerek yoktur.

a > b ise kuvvetten kazanç sağlanır.

Örnek: pense, makas, kerpeten, tahterevalli, manivela, eşit kollu terazi.

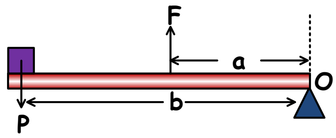


$$F \times a = P \times b$$

Şekilde görülen sistemde desteğin olduğu yere göre tork alındığında, **$F.a = P.b$** eşitliği yazılır. Bu kaldıraç sistemine ceviz kıracağı örnek olarak verilebilir.

Örnek: el arabası, gazoz açacağı, fındık kırma makinesi, kâğıt delgi zımba makinesi.

Kuvvetten kazanç sağlanır.

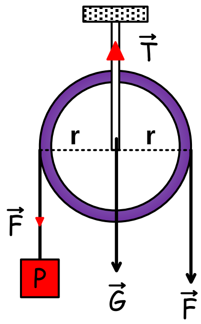


$$F \times a = P \times b$$

Mutfakta kullandığımız maşalarda olduğu gibi destek ve yük kenardadır. Bu sistem içinde O noktasına göre tork alırsak **$F.a = P.b$** eşitliği yazılır.

Yoldan kazanç sağlanır.

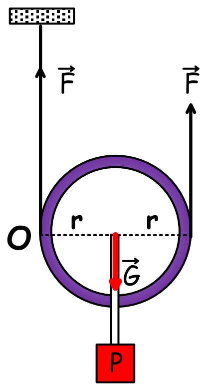
Örnek: Cımbız ve maşa.



$$F.r = P.r$$

$$\boxed{F = P}$$

Sabit makaralar genelde hafif yüklerin belirli bir yüksekliğe kaldırılmasında kullanılır. Şekilde görüldüğü gibi F kuvveti ile P ağırlığındaki yükü h kadar çekersek yük de h kadar yükselir. Makarayı dengeleyen ipteki T gerilme kuvveti, makara ağırlığının önemsiz olduğu denge durumunda 2F büyüklüğünde olur. F kuvveti ile ipi $2\pi r$ çekersek r yarıçaplı makara bir tur çektiğimiz kuvvet yönünde döner. Makara ağırlığının önemli ve G olduğu denge durumunda ise T = 2F + G büyüklüğünde olur.



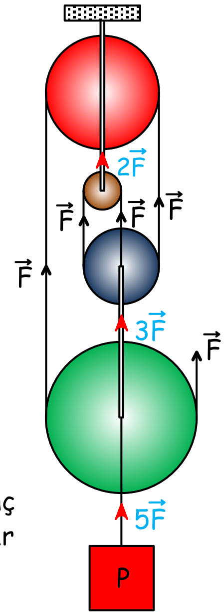
Hareketli makaralar ağır yüklerin kaldırılmasında kullanılmaktadır. Dengede olan şekildeki G ağırlığı, makara sisteminde **2F=P+G** eşitliği yazılır. Eğer sistemde makara ağırlığı önemsiz olsaydı **2F = P** eşitliği yazılırdı.

F kuvvetinin uygulandığı **ipi $2\pi r$ kadar çekersek yük πr kadar yükselir.**

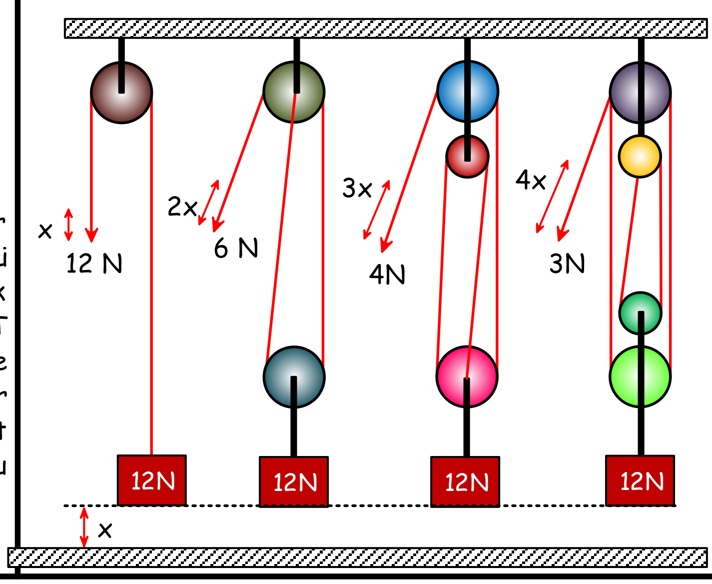
F kuvvetinin bağlı olduğu ip $2\pi r$ kadar çekildiğinde makara da döner. **Makara çekilen ipin uzunluğunun yarısı kadar döner.**

Asılı olan r yarıçaplı hareketli makaranın çevresi $2\pi r$ olduğu için, πr dönme miktarı yarım tura karşılık gelir. Makaranın ağırlığının değişmesi yükselme miktarını ve dönme miktarını etkilemez.

P yükünü ağırlıksız makaralar yardımı ile şekilde görüldüğü gibi F kuvveti ile dengeleyelim. Makarayı aşağıya doğru çeken kuvvetlerin toplamı, yukarıya doğru çeken kuvvetlerin toplamına eşittir (Kuvvetlerin dengesi). F kuvvetinin bağlı olduğu ip boyunca ip gerilmeleri sabit olduğu için P yükünü taşıyan ipteki gerilme 5F büyüklüğünde bulunur.

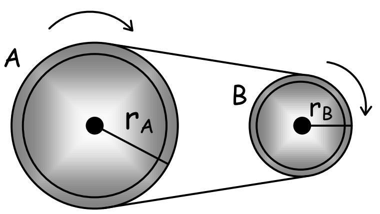


Basit makinelerde işten kazanç olmadığı için çekilen yükün ne kadar yükseleceği şekildeki gibi bulabiliriz.



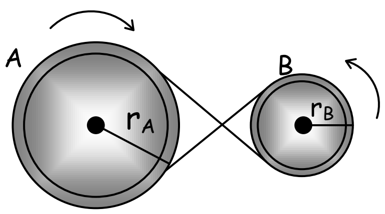
1 N ağırlığındaki yükü x kadar yükseltmek için dört durumda da yapılan iş aynıdır.

Yapılan işler W = F.x bağıntısından W=12.x'dir. Cisimleri x kadar yükseltmek için yükü dengeleyen kuvvet, makara ağırlığı ihmal edilerek bulunur. Daha sonra yükün üzerinde yapılan işe eşit iş olması şartı ile kuvvet ve yol çarpımı bulunur. Yapılan bütün işler W=12x büyüklüğündedir. Kuvvetlerin yaptığı işler de W=12x olmalıdır. Dört durumda da kuvvetin yaptığı işler W = 12x N.m olacak şekilde ipler çekilmelidir.



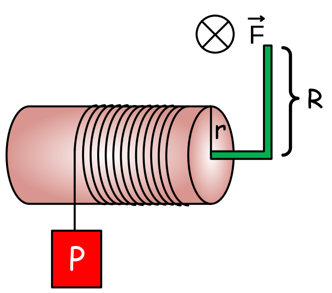
Birbirine şekildeki bağlı olan A ve B kasnaklarının dönüş yönleri aynıdır.

Kasnakların saniyedeki tur sayıları f ile yarıçapları r arasındaki ilişki $f_A.r_A = f_B.r_B$ şeklinde ifade edilir. Yarıçapı küçük olan kasnak, yarıçapı büyük olan kasnağa göre daha çok tur atar.



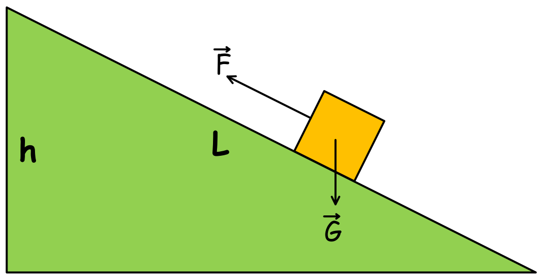
Kasnakları şekildeki gibi ters bağladığımızda yarıçap ve tur sayıları arasında düz bağlamada olduğu gibi

$f_A.r_A = f_B.r_B$ bağıntısı geçerlidir. Ters bağlamanın farkı ise iki kasnağın dönme yönlerinin ters olmasıdır.



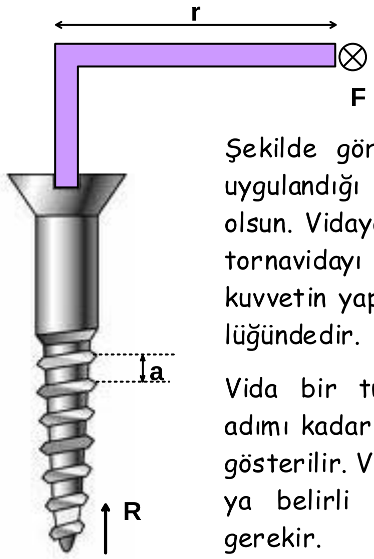
Çıkrık sisteminde silindirin dönme eksenine göre yükün ve uygulanan kuvvetin torkları birbirine eşitlenir.

F.R = P.r eşitliği yazılır. Kuvvet kolunun yarıçapı R, yükün bağlı olduğu silindirin yarıçapından büyük olduğu için yükten daha küçük kuvvet uygulanarak denge sağlanır. Kuvvet kolu bir tur çevrildiğinde yükün bağlı olduğu silindir bir tur döner. Bu sırada yük, silindirin çevresi kadar yer değiştirir.



Eğik düzlemin uzunluğu L, eğik düzlemin yüksekliği h olsun.

Kuvvet ve yük arasında **F.L = P.h** eşitliği yazılır. Bu eşitlik farklı bir şekilde **F = Psinα** şeklinde de yazılır (sinα = h/L).



Şekilde görülen vidada tornavidanın uygulandığı üst kısmın yarıçapı r olsun. Vidaya uyguladığımız kuvvet ile tornavidayı bir tur çevirdiğimizde kuvvetin yaptığı iş **W=F.2πr** büyüklüğündedir.

Vida bir tur döndüğünde bir vida adımı kadar saplanır. Vida adımı **a** ile gösterilir. Vidayı döndürmek için vidaya belirli bir kuvvet uygulamamız gerekir.

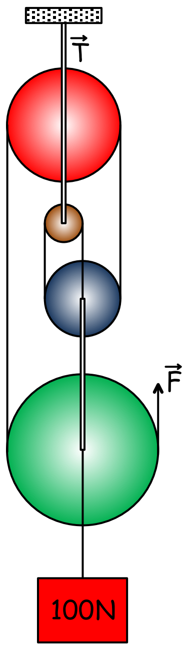
Bu kuvvete direngen kuvvet denir. Direngen kuvvet **P** ile gösterilir. Vida bir tur döndüğünde bu kuvvet üzerinde yapılan iş **W=P.a** büyüklüğündedir.

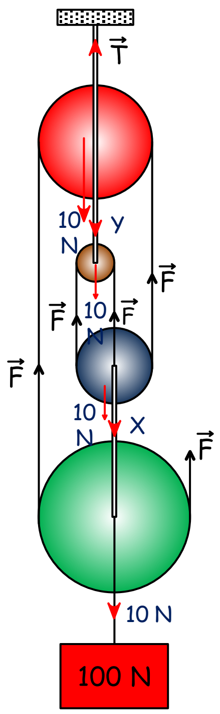
<u>Kuvvetin yaptığı iş</u>, direngen kuvvet üzerinde yapılan işe eşittir. Bu iki işi eşitlediğimizde, **F.2πr=P.a** bağıntısı elde edilir.

KENDİMİZİ DENEYELİM

1

Her birinin ağırlığı 10 N olan makaralardan oluşan palanga sisteminde 100 N'luk yük, şekildeki gibi F kuvveti ile dengelenmiştir. Buna göre F kuvveti ve sistemi taşıyan ipteki T gerilme kuvveti kaç N'dur?





$X + 10 = 3F$

$X = 3F - 10$

$Y = 2F + 10$

$100 + 10 = 2F + X$

$110 = 2F + 3F - 10$

$110 = 5F - 10$

$5F = 120$

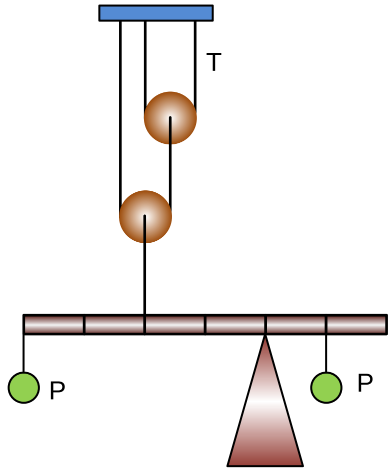
$F = 24\ N$

$T = 2F + 10 + Y$

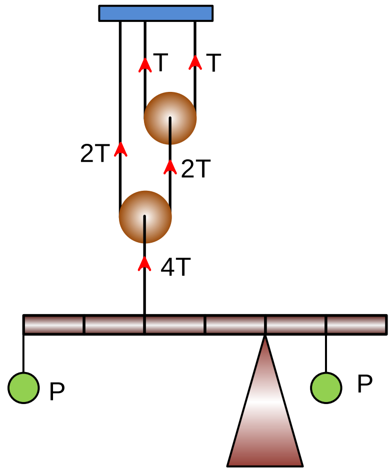
$T = 2F + 10 + 2F + 10$

$T = 4F + 20 = 116\ N$

2



Düzgün türdeş eşit bölmeli ve ağırlıksız çubuk, ağırlıksız makaralar ile şekildeki sistem oluşturuluyor. P yüklerini dengeleyen T ip gerilmesini bulunuz.

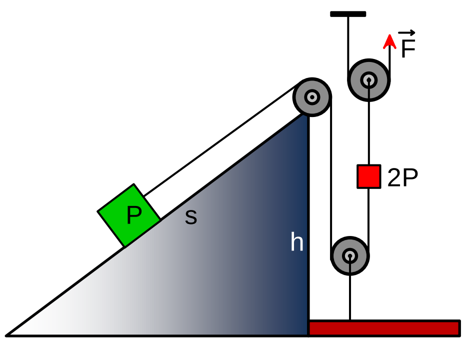


$4P = 4T.2 + P$

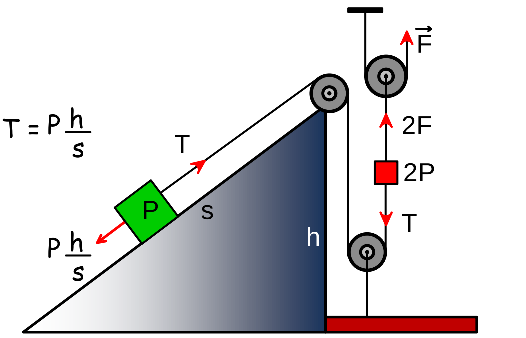
$3P = 8T$

$T = \frac{3P}{8}$

3



Ağırlığı P olan bir cisim şekildeki gibi sürtünmesiz eğik düzlemin üzerinde dengededir. Eğik düzleminde s = 4 cm ve h=2 cm'dir. Buna göre F kuvveti kaç P'dir? (Makaralar ağırlıksızdır.)



$T = P\frac{h}{s}$

$T = P\frac{2}{4}$

$T = \frac{P}{2}$

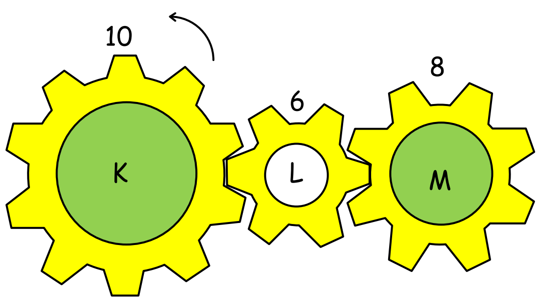
$2F = 2P + T$

$2F = 2P + \frac{P}{2}$

$2F = \frac{5P}{2}$

$F = \frac{5P}{4}$ //

4



Diş sayısı sırasıyla 10, 6 ve 8 olan K, L ve M dişlilerden K dişlisi ok yönünde 2 devir yaparsa M dişlisi hangi yönde kaç tur yapar? Ortadaki dişlinin diş sayısı iki katına çıkarılırsa M dişlisinin dönme sayısı değişir mi?

K sola dönerken L sağa doğru saat yönünde döner. Buna bağlı olarak M dişlisi de K ile aynı, saat yönünün tersine döner.

$f_K.n_K = f_L.n_L$

$2.10 = f_L.6$

$f_L = 10/3$

$f_L.n_L = f_M.n_M$

$10/3.6 = f_M.8$

$20 = f_M.8$

$f_M = 10/4$

Burada L dişlisi K ile M arasında iletim görevi gördüğünden dişli sayısının değişmesi M dişlisinin devir sayısını değiştirmez.

Verim

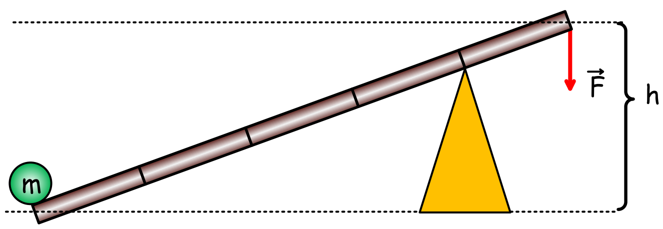
Basit makinelerde verim, alınan enerjinin verilen enerjiye oranı ile bulunur.

Yükün ağırlığının uygulanan kuvvete oranına kuvvet kazancı denir.

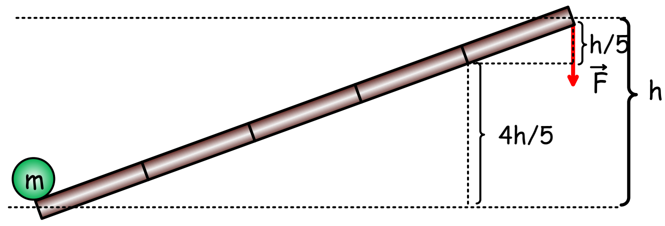
$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan iş}}{\text{Verilen iş}} = \frac{\text{Alınan enerji}}{\text{Verilen enerji}}$$

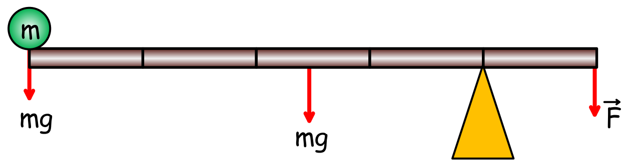
$$\text{Verim} = \frac{\text{Yükün kazandığı enerji}}{\text{Kuvvetin yaptığı iş}}$$

KENDİMİZİ DENEYELİM



m kütleli kaldıraca m kütleli cisim sabitlenerek F kuvveti ile sabit hızla yatay konuma getiriliyor. Kaldıraçta verim % kaçtır?



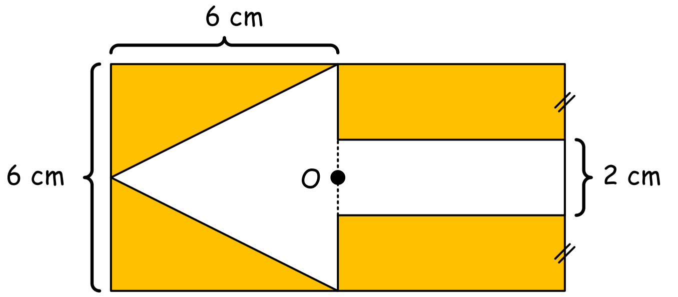


F = 4mg + 1,5 mg = 5,5 mg

$$\text{Verim} = \frac{\text{Yükün kazandığı enerji}}{\text{Kuvvetin yaptığı iş}} = \frac{mg\,(4h/5)}{5{,}5mg\,(h/5)} = \frac{4}{5{,}5}$$

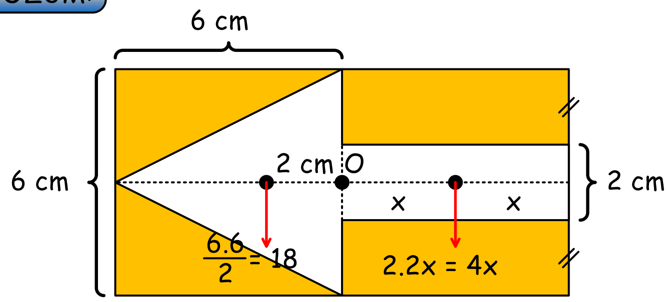
Verim = % 72,72

ÖRNEK:



Türdeş dikdörtgen levhanın boyalı kısımları çıkarıldığında ağırlık merkezi O noktasında olduğuna göre, levhanın alanı kaç cm^2 dir?

ÇÖZÜM:



$18.2 = 4x.x = 4x^2$

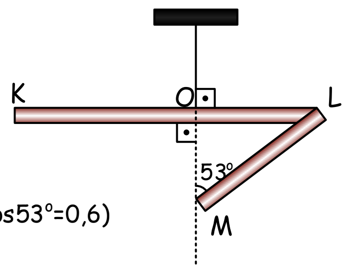
$x^2 = 9$

$x = 3$ cm

$2x = 6$ cm

Alan = $(6 + 6).6 = 72$ cm^2

ÖRNEK:

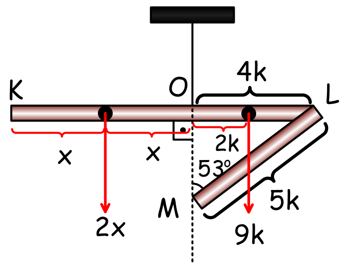


(sin53°=0,8; cos53°=0,6)

Düzgün türdeş bir çubuk bükülerek şekildeki cisim meydana getiriliyor.

Cisim verilen konumda olduğuna göre $\frac{|KL|}{|LM|}$ oranı kaçtır?

ÇÖZÜM:



(sin53°=0,8; cos53°=0,6)

$\sin 53° = 0,8 = \frac{|OL|}{|LM|} = \frac{4k}{5k}$

$2x.x = 9k.2k$

$2x^2 = 18k^2$

$x^2 = 9k^2$

$x = 3k$

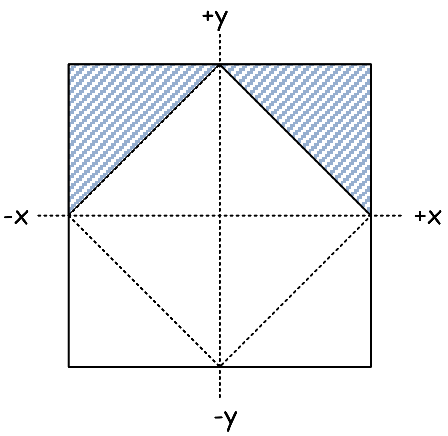
$2x = 6k$

$\frac{|KL|}{|LM|} = \frac{6k+4k}{5k} = 2$

1.9.6. Günlük Hayattaki Bir Problemi Çözebilecek Basit Makineler

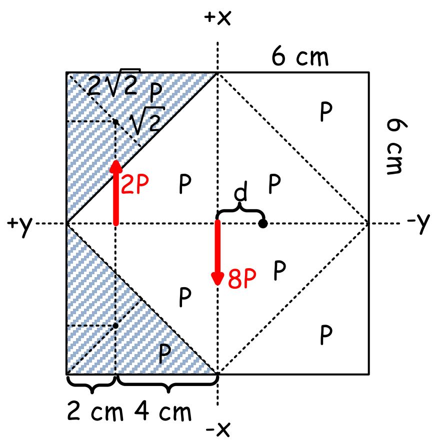
Basit makineler günlük yaşantımızı kolaylaştırmaktadır. Günlük yaşantımızda zorlandığımız durumlar için basit makineler üretilmiştir. Kumaş kesmek için terzi makası, ceviz kırmak için ceviz kıracağı, buz tutmak için buz maşası, geliştirilen basit makinelerden bazılarıdır.

ÖRNEK:



Kenar uzunluğu 12 cm olan homojen, türdeş kare levhanın taralı kısımları kesilip atılırsa, ağırlık merkezi hangi yönde, kaç cm yer değiştirir?

ÇÖZÜM:



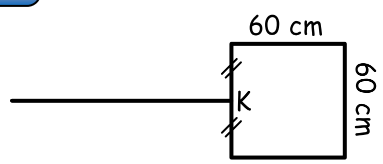
$$8P.d = 2P(4+d)$$

$$8Pd = 8P+2Pd$$

$$6Pd = 8P$$

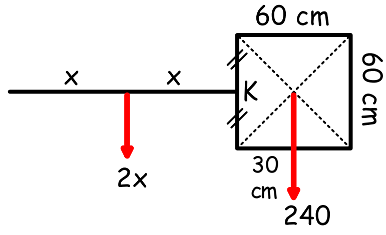
$d = \frac{4}{3}$ cm, -y yönü

ÖRNEK:



Şekildeki sistemin ağırlık merkezinin K'de olması için tel bütün telin uzunluğu kaç cm olmalıdır?

ÇÖZÜM:



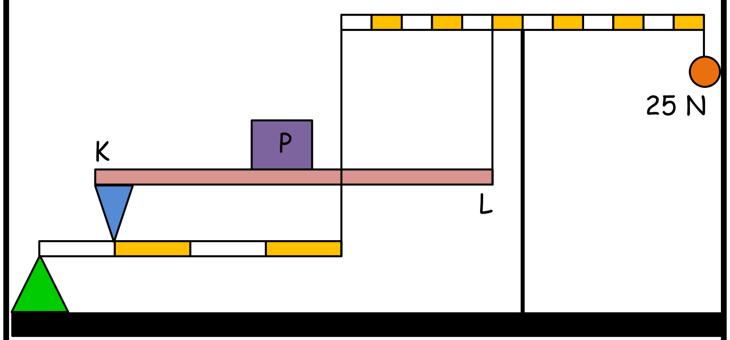
$$2x.x = 240.30$$

$$x^2 = 3600$$

$$x = 60 \text{ cm}$$

$$\Sigma d = 120+240 = 360 \text{ cm}$$

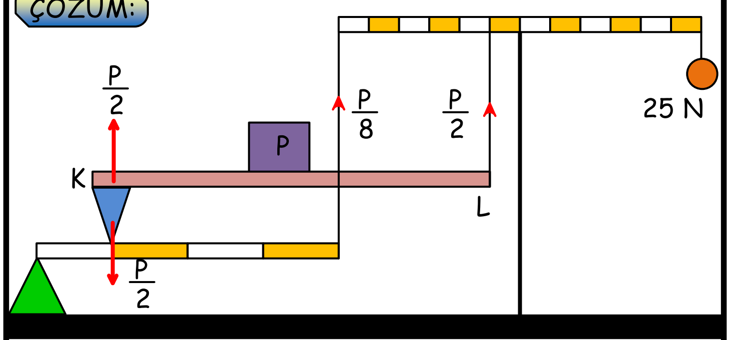
ÖRNEK:



Şekildeki P ağırlığı KL çubuğunun tam ortasında ve 25 N ile dengelendiğine göre P kaç N'dur?

(Çubuklar ağırlıksız ve bölmeler kendi aralarında bir-birine eşittir).

ÇÖZÜM:

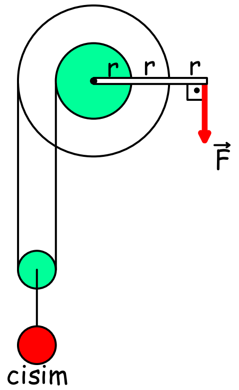


$$\frac{P}{8}.6 + \frac{P}{2} = 25.6$$

$$\frac{5P}{4} = 150$$

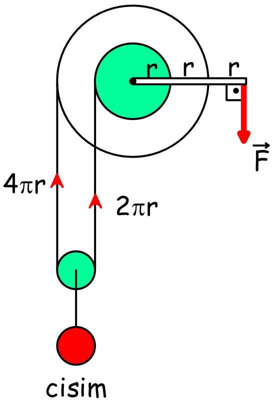
$$P = 120 \text{ N}$$

ÖRNEK:



Merkezleri çakışacak biçimde birbirine perçinlenmiş kasnakların merkezine 3r uzunluğunda kol takılarak F kuvveti uygulanıyor.
Cismin $\pi r/4$ kadar yükselmesi için kol kaç derece döndürülmelidir? (π= sabit sayı)

ÇÖZÜM:



Kol bir tur (360°) döndürülürse cisim,

$$\frac{4\pi r + 2\pi r}{2} = 3\pi r \text{ kadar yükselir.}$$

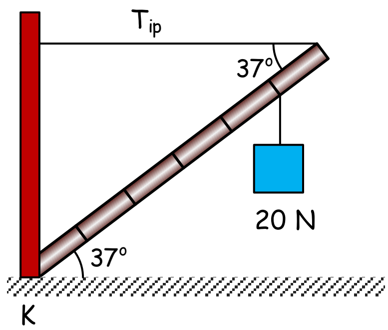
$$3\pi r \quad 360^\circ$$
$$\frac{\pi r}{4} \quad x$$

$$x = \frac{\frac{\pi r}{4}\, 360^\circ}{3\pi r}$$

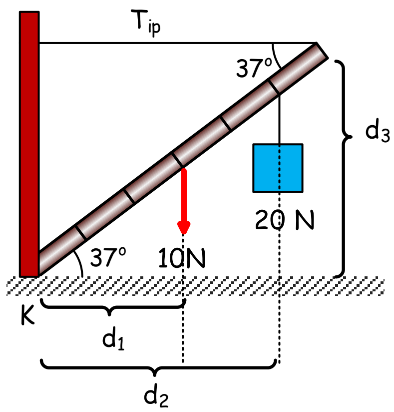
$$x = 30^\circ$$

Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları

1



K noktasından menteşelenmiş 10 N ağırlığındaki homojen, düzgün türdeş çubuk şekildeki gibi 20 N ağırlığındaki yük ile dengededir. Çubuğu dengeleyen ipteki gerilme kuvveti kaç N'dur?



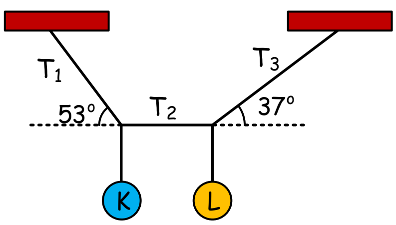
$d_1 = 3\cos 37^\circ = 3.0{,}8 = 2{,}4$

$d_2 = 5\cos 37^\circ = 5.0{,}8 = 4$

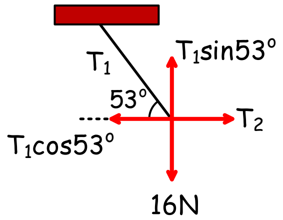
$d_3 = 6\sin 37^\circ = 6.0{,}6 = 3{,}6$

$$10.d_1 + 20.d_2 = T_{ip}.d_3$$
$$10.2{,}4 + 20.4 = T_{ip}.3{,}6$$
$$104 = T_{ip}.3{,}6$$
$$T_{ip} = 28{,}89 \text{ N}$$

2



Ağırlığı 16 N olan K cismi ile L cismi iplerle şekildeki gibi bağlanarak dengeleniyor. İplerdeki gerilmeleri ve L cisminin ağırlığını bulunuz.



$T_1 sin53° = 16$

$0{,}8T_1 = 16$

$T_1 = 20$ N

$T_1 cos53° = T_2$

$20.0{,}6 = T_2$

$T_2 = 12$ N

$T_3 cos37° = T_2$

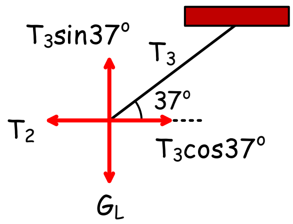
$T_3.0{,}8 = 12$

$T_3 = 15$ N

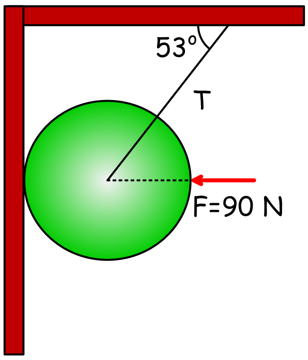
$T_3 sin37° = G_L$

$15.0{,}6 = G_L$

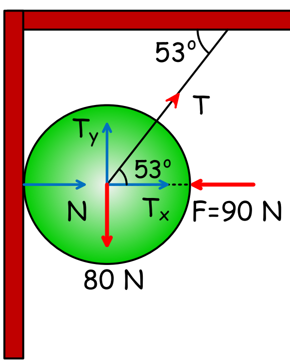
$G_L = 9$ N



3



Kütlesi 8 kg olan homojen küre şekildeki gibi dengededir. Buna göre ip gerilmesini ve düşey duvarın tepki kuvvetini bulunuz.



$T_x = T cos53°$

$T_x = 0{,}6T$

$T_y = T sin53°$

$T_y = 0{,}8T$

$T_y = 80$ N

$0{,}8T = 80$

$T = 100$ N

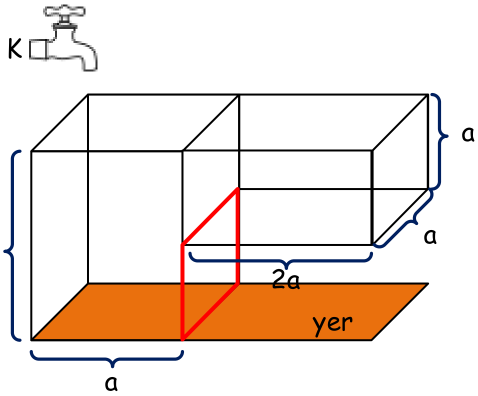
$N + T_x = 90$ N

$N + 0{,}6T = 90$

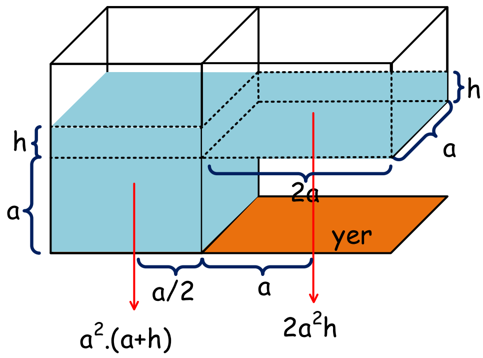
$N + 60 = 90$

$N = 30$ N

4



Boyutları şekildeki gibi olan ağırlıksız kap K musluğundan akan su ile dolduruluyor. Su seviyesi yerden kaç a olduğu zaman denge bozulmaya başlar?



$$a^2.(a+h)\frac{a}{2} = 2a^2h.a$$

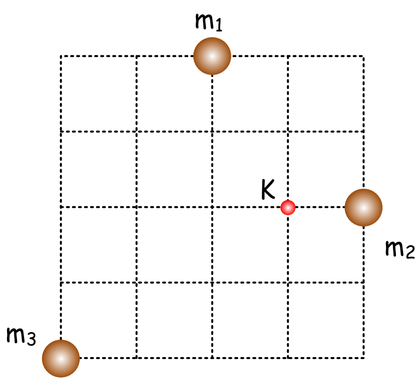
$a+h = 4h$

$a = 3h$

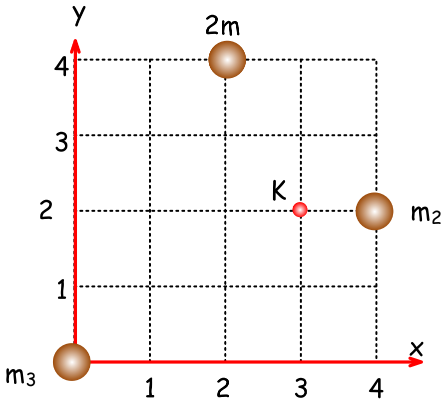
$h = \frac{a}{3}$

$a+h = \frac{4a}{3}$

5



Kütleleri m_1, m_2, m_3 olan cisimlerin kütle merkezi K noktasıdır. m_1 kütleli cismin kütlesi 2 m olduğuna göre m_2 ve m_3 kütleli cisimlerin kütlelerini bulunuz.



$$X_{KM} = \frac{2m.2 + m_2.4 + m_3.0}{2m + m_2 + m_3} = 3$$

$$Y_{KM} = \frac{2m.4 + m_2.2 + m_3.0}{2m + m_2 + m_3} = 2$$

$$8m + 2m_2 = 4m + 2m_2 + 2m_3$$

$$4m = 2m_3$$

$$m_3 = 2m$$

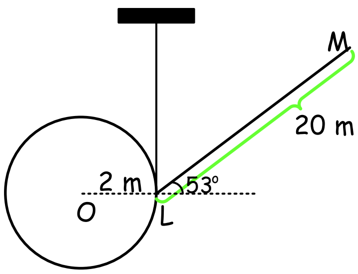
$$4m + 4m_2 = 6m + 3m_2 + 3m_3$$

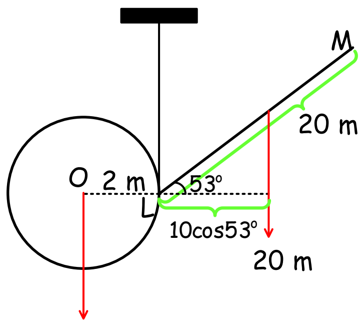
$$m_2 - 3m_3 = 2m$$

$$m_2 - 3.2m = 2m$$

$$m_2 = 8m$$

6





$Ç = 2\pi r$

$Ç = 2.3.2 = 12$ m

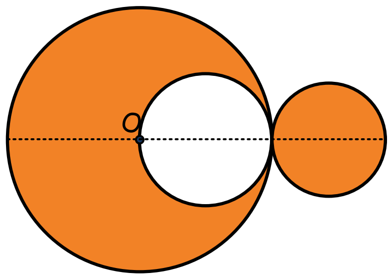
Kalınlıkları aynı olduğundan kütlelerini hesaplamak için tellerin uzunluklarını kullanacağız.

$$(12.d_ç).2 = (20.d_t).10\cos53°$$

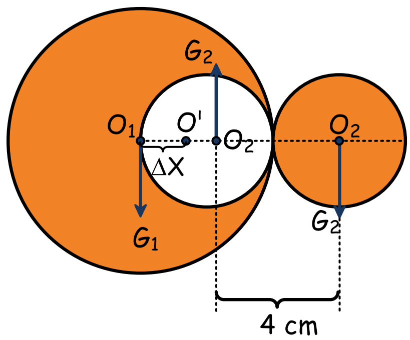
$$24d_ç = 120d_t$$

$$\frac{d_ç}{d_t} = \frac{120}{24} = 5$$

7



Yarıçapı 4 cm olan düzgün türdeş daire levhadan yarıçapı 2 cm olan kısmı kesilerek çıkarılıyor ve şekildeki gibi yan tarafa ekleniyor. Oluşan yeni şeklin ağırlık merkezi ilk duruma göre kaç cm yer değiştirir?



$$\Delta X = \frac{G_2}{G_1} X$$

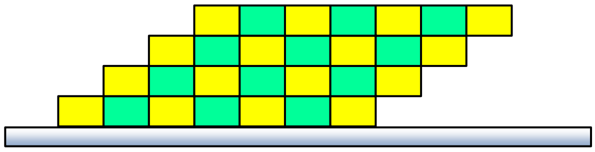
$$\Delta X = \frac{4\pi}{16\pi} 4$$

$$\Delta X = 1 \text{ cm}$$

$G_1 = \pi r^2$ $\quad$ $G_2 = \pi r^2$

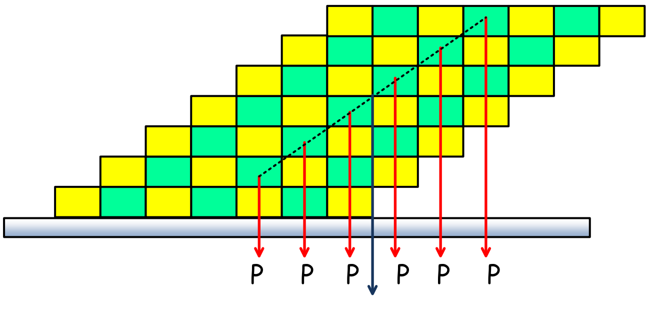
$G_1 = 16\pi$ $\quad$ $G_2 = 4\pi$

8



Özdeş ve eşit bölmeli şekildeki kalaslar üst üste konuluyor. Kalaslar devrilmeden,
a) Kalaslar birbirine yapışık ise
b) Kalaslar birbirine yapışık değil ise üst üste en çok kaç kalas konulabilir? Bulunuz.

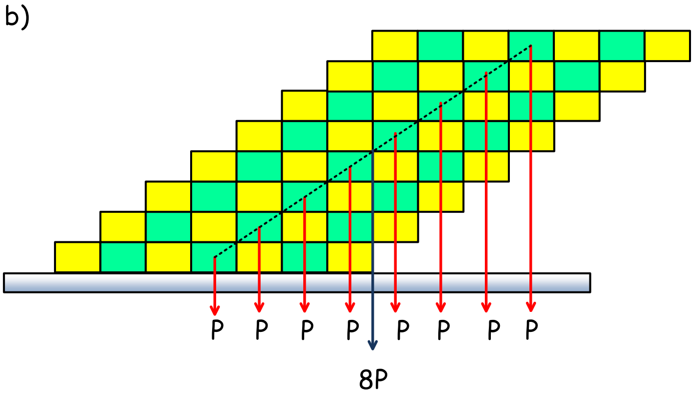
a)



Üzerine konan çubukların ağırlık merkezi, devrilme noktasına gelinceye kadar çubuk konabilir.

Çubuklar birbirine yapışık değilse ve her seferinde bir bölme uzatılmak kaydıyla eşit bölmeli çubuğun bölme sayısının bir eksiği kadar çubuk üzerine konabilir. Buna göre yedi bölmeli çubuklardan 6 tanesi yerdeki çubuğun üzerine şekildeki gibi konabilir.

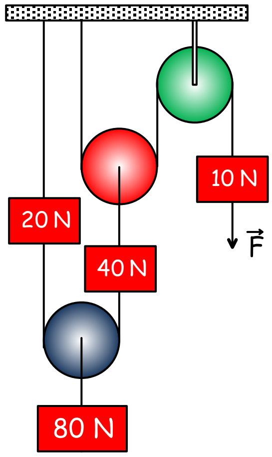
b)



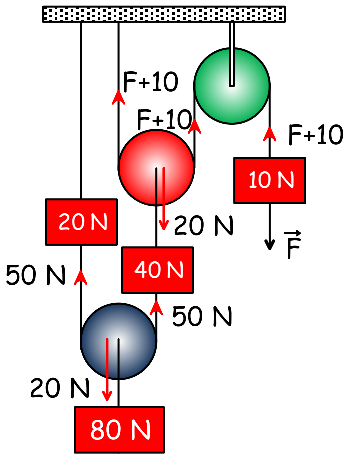
Bütün çubukların ağırlık merkezi, devrilme noktasına gelinceye kadar çubuk yapışık olarak konabilir.

Çubuklar birbirine yapışık ve her seferinde bir bölme uzatılmak kaydıyla eşit bölmeli çubuğun bölme sayısının bir fazlası kadar çubuk şekildeki gibi dengede kalabilir.

9

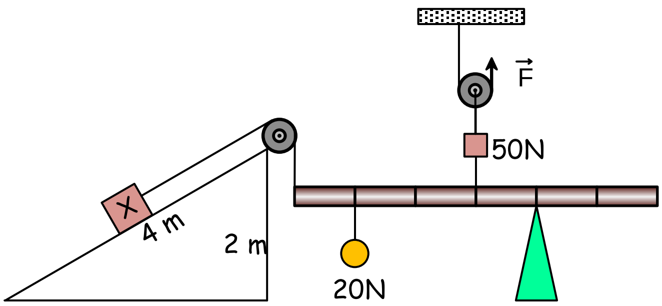


Şekildeki makaralar özdeş ve her birinin ağırlığı 20 N'dur. Makaralarla oluşan sistemde 80 N ağırlığındaki P yükünü dengeleyen F kuvvetini bulunuz.

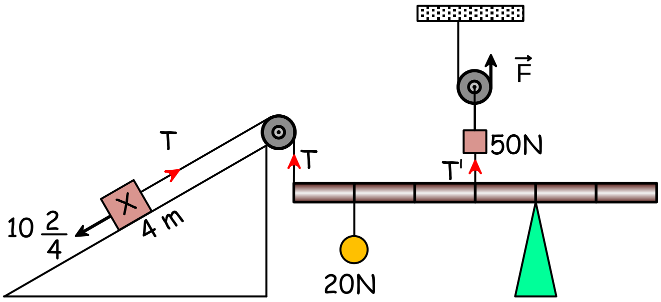


$$2F + 20 = 20 + 40 + 50$$
$$2F = 90$$
$$F = 45 \text{ N}$$

10



Ağırlığı 10 N olan bir X cismi şekildeki gibi dengededir. Makaralar ve eşit bölmeli çubuk ağırlıksız olduğuna göre çubuğu dengede tutan F kuvvetini bulunuz.



$T = 10\,\frac{2}{4}$

$T = 5N$

$5.4 + T'.1 = 20.3$

$20 + T' = 60$

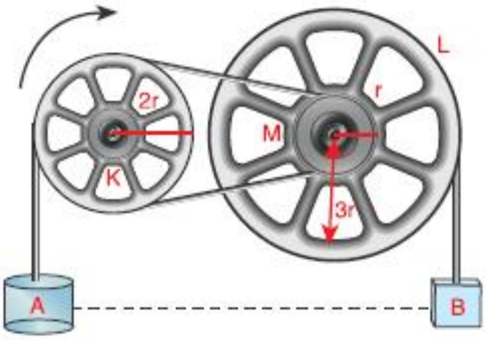
$T' = 40$

$T' + 50 = 2F$

$90 = 2F$

$F = 45\ N$

11



Şekildeki gibi birbirine bağlı çarklardan K çarkı ok yönünde 4 tur atarsa A ve B cisimleri arasındaki düşey uzaklık kaç πr olur?

$f_K.r_K = f_M.r_M$

$4.2r = f_M.r$

$f_M = 8$ tur

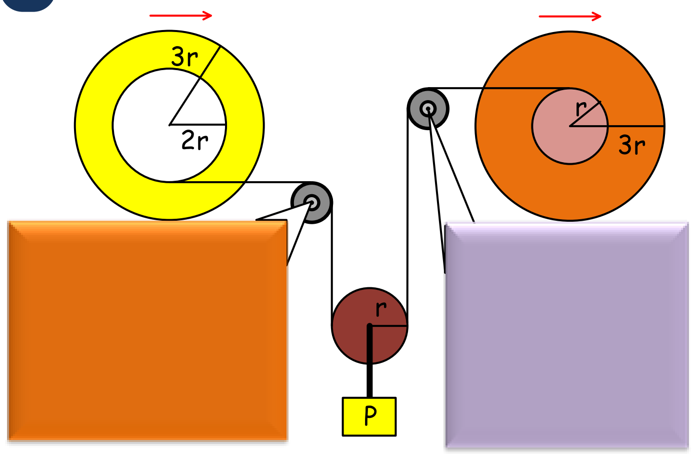
K 4 tur attığında A cismi $4.2\pi.2r = 16\pi r$ kadar yükselir.

M ve L perçinli olduğundan L çarkı da K ile aynı yönde 8 tur döner. B cismi $8.2\pi.3r = 48\pi r$ kadar aşağı iner.

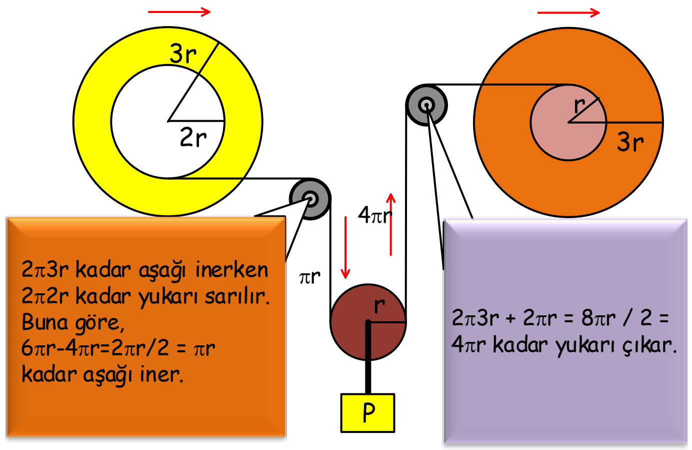
Buna göre A ile B cismi arasındaki düşey uzaklık

$16\pi r + 48\pi r = 64\pi r$ olur.

12



Yarıçapları şekildeki gibi olan eş merkezli çarklar yarıçapı r olan hareketli bir makaraya bağlanıyor. Eş merkezli çarklar ok yönünde bir tur dönerek ilerlediğinde hareketli makaranın hangi yönde kaç tur döndüğünü ve P yükünün ne kadar yer değiştirdiğini bulunuz.



F kuvvetinin uygulandığı **ipi $2\pi r$ kadar çekersek yük πr kadar yükselir.**

F kuvvetinin bağlı olduğu ip $2\pi r$ kadar çekildiğinde makara da döner. **Makara çekilen ipin uzunluğunun yarısı kadar döner.**

<u>Tur sayısı</u>

$$n = \frac{4\pi r + \pi r}{2\pi r} = 2{,}5 \text{ tur}$$

<u>Cismin yükselme miktarı</u>

$$d = 4\pi r - \pi r = 3\pi r$$