

STATİK

(MADEN MÜHENDİSLİĞİ)

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
(Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü)

Ders notları için: www.caglaryalcinkaya.com

Temel kaynak

- **Mühendislik Mekaniği - Statik**, R.C. Hibbeler, S.C. Fan (Ders sunumları büyük oranda bu kitaptan ve kitaptan ve Pearson yayınevi tarafından hazırlanan İngilizce sunumlardan faydalanılarak oluşturulmuştur)



Ders İçeriđi

1. Genel Prensipler ve Tanımlar
2. Kuvvet Vektörleri (iki boyutlu ve üç boyutlu kuvvetler)
3. Noktasal Cismin Dengesi
4. Kuvvet Sistemleri ve Bileşkesi (moment kavramı, kuvvet ve moment sistemleri, kuvvet sistemlerinin eşdeğer sistemlere indirgenmesi)
5. Rijit Cisimlerin Dengesi
6. Yapısal Analiz (kafes sistemler, analiz yöntemleri)
7. Ağırlık Merkezi ve Geometrik Merkez
8. Atalet Momentleri
9. Yapı Elemanlarında Oluşan İç Kuvvetler

Notlandırma ve Devam

DEĞERLENDİRME

$$(VİZE-I \times 0.25) + (VİZE-II \times 0.25) + (FİNAL \times 0.50)$$

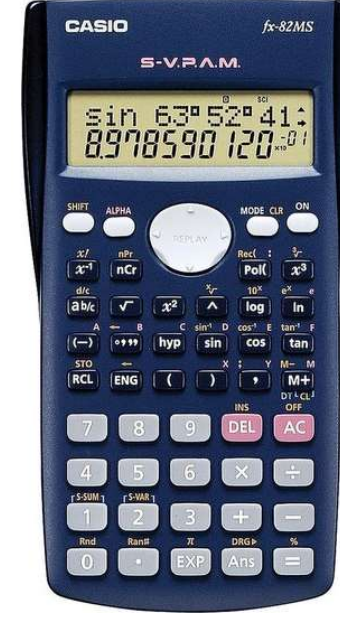
DEVAM ZORUNLULUĞU

Öğrencinin bir dersin yarıyıl sonu ve bütünleme sınavlarına girebilmesi için tüm derslerin en az **%70**'ine katılmış olması gerekir.

(Öğretim ve Sınav Uygulama Esasları <https://eng.deu.edu.tr>)

Ders Öncesi Tavsiyeler

- Tüm derslere katılınız.
- Ders için bir defter oluşturunuz ve sürekli not alınız.
- Derse hesap makinesi ile geliniz ve hesap makinenizin dersle ilgili olan fonksiyonlarını öğreniniz
- Sınavlara yazarak ve çizerek hazırlanınız, çözümlü örnekler içeren kaynaklardan faydalanınız.



Statik Notlarım
(2019-2020 Güz Y.Y.)

GENEL PRENSİPLER VE TANIMLAR

1

- **Mekanik:** Kuvvetler etkisi altındaki cisimlerin hareket ve denge koşullarını inceleyen çalışmalardır. Mühendislik bilimlerinin çoğunun temelini oluşturan önemli bir fizik dalıdır.



Rijit Cisimler Mekanik

- **Statik:** Durağan veya sabit bir hızla hareket eden cisimlerin dengesini inceler.
- **Dinamik:** Cisimlerin ivmeli hareketini inceler.
- Statik ivmenin olmadığı (sıfır olduğu) özel bir durumdur. Çok önemlidir çünkü mühendisliğe konu olan çoğu cisim, denge durumunu koruyacağı öngörüsüyle tasarlanır.

Temel kavramlar

- Dört temel fiziksel büyüklük (veya boyut)
 1. Uzunluk
 2. Kütle
 3. Zaman
 4. Kuvvet

Birimler, fiziksel büyüklüklere verdiğimiz isimlerdir.

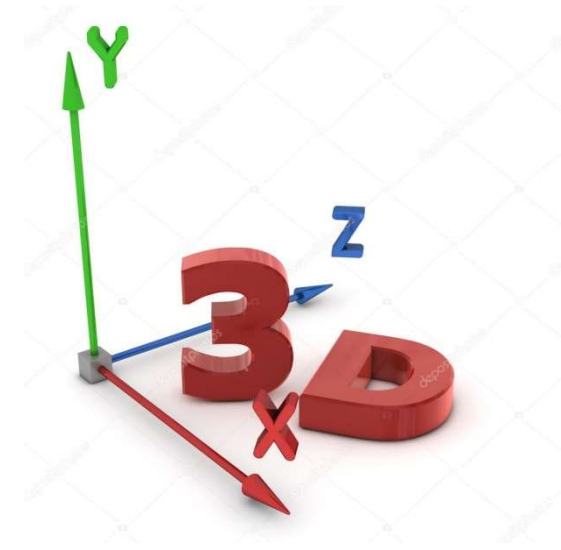
Newton'un 2. yasası bu büyüklükleri birbiriyle ilişkilendirir:

$$F = m \times a$$

Bu denklem birim sistemlerinin geliştirilmesi için de kullanılır.

Temel kavramlar

- **Uzunluk:** Uzayda bir noktanın konumunu bulmak ve böylece fiziksel bir sistemin boyutunu tanımlamak için kullanılır. Uzunluğun standart bir birimi tanımlandığında bu birimin katları kullanılarak bir cismin geometrik özelliklerini ve mesafeleri tanımlamak mümkün olur.



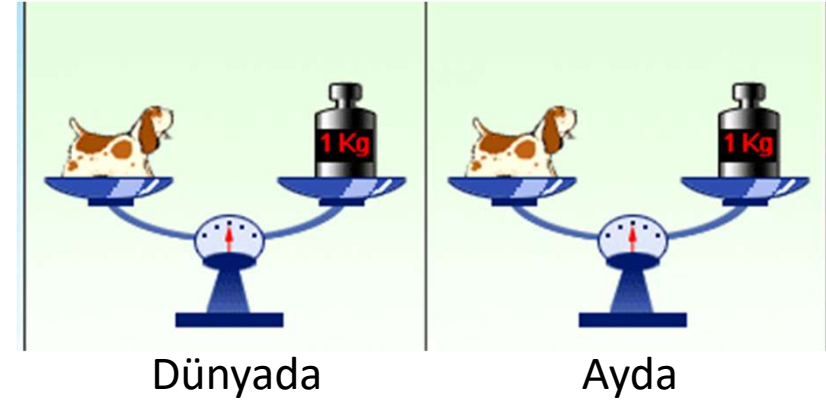
Temel kavramlar

- **Zaman:** Olaylar arasında öncelik-sonralık ilişkisi kurar. Statik ilkeleri zamandan bağımsız olsa da, bu büyüklük dinamik ilkeleri açısından önemli bir rol oynar.



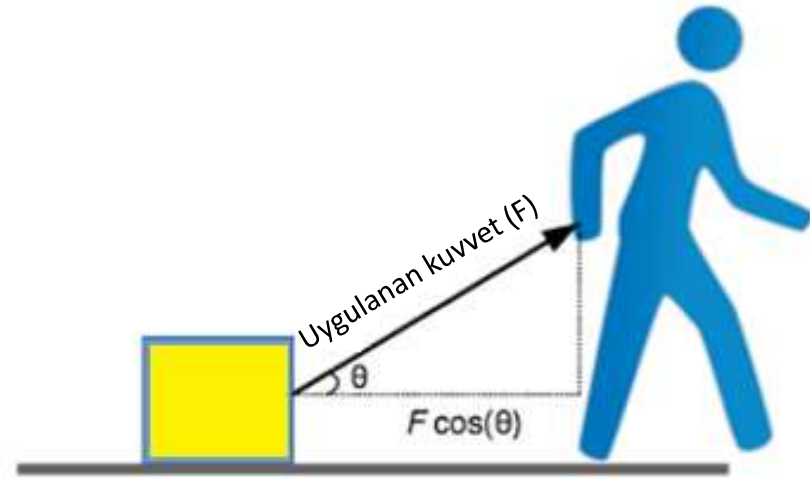
Temel kavramlar

- **Kütle:** Cismin madde miktarının ölçüsüdür. Skaler bir büyüklüktür.
- Ayrıca, cismin hız değişimine (ivmelenmeye) gösterdiği direncin yani Eylemsizliğin sayısal bir ölçüsüdür.
- Cismin konumundan ve cismin içinde bulunduğu ortamın şartlarından bağımsızdır.



Temel kavramlar

- **Kuvvet:** Genel olarak, bir cismin diğereine uyguladığı “İtme” veya “Çekme” olarak düşünülür.
- Bu etkileşim, cisimler temas halindeyken olabileceği gibi cisimler fiziksel olarak ayrıyken belirli bir mesafeden de gerçekleşebilir (yer çekimi, elektriksel ve manyetik kuvvetler).
- Kuvvet, şiddeti, doğrultusu (yönü) ve etki noktası ile karakterize edilir (yani vektördür).

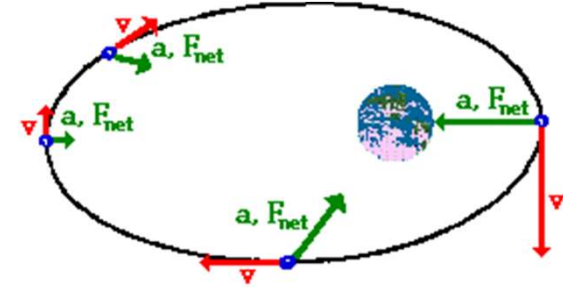
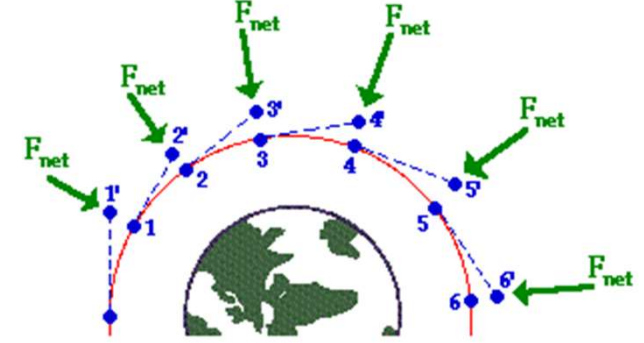


İdealleştirmeler

- Teorinin uygulanmasını kolaylaştırmak için mekanik biliminde idealleştirmeler veya modeller kullanılır.
- Aşağıdaki üç temel idealizasyon ile statik problemlerini çözülebilir hale getireceğiz;
 1. Parçacık (Maddesel nokta)
 2. Rijit cisim
 3. Tekil (konsantre) kuvvet

İdealleştirmeler

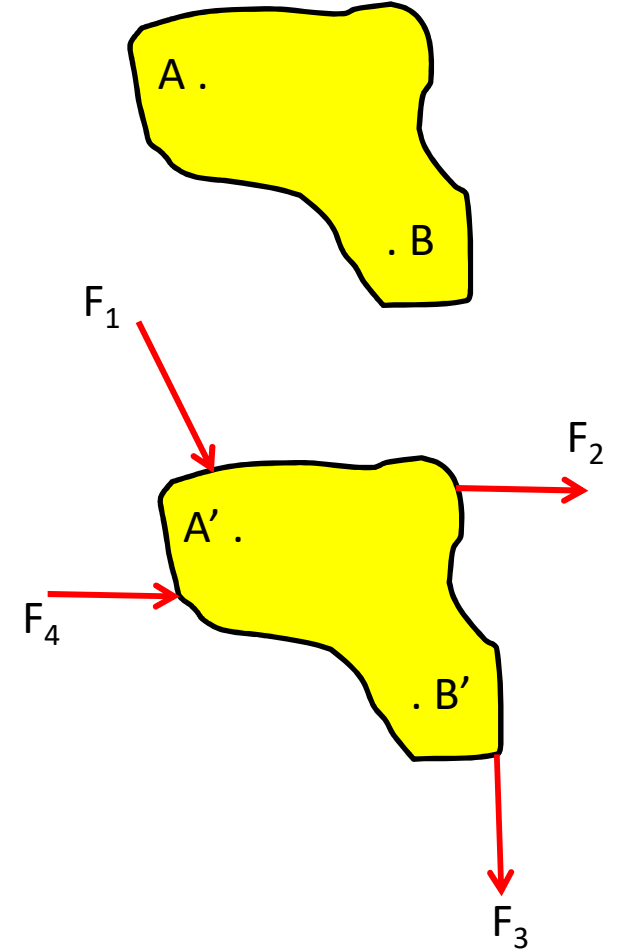
- **Parçacık (Maddesel nokta):** Parçacığın kütlesi vardır ancak boyutları ihmal edilmiştir. Örneğin bir uydunun boyutları, yörüngesine göre ihmal edilebilir boyuttadır ve biz uydunun rotasını incelerken parçacık olarak modelleyebiliriz.
- Bir cismi parçacık olarak idealize ettiğimizde, cismin geometrisi problemin çözümüne girmeyeceğinden mekaniğin prensipleri daha basit bir hale indirgenmiş olur.



Şekiller: www.physicsclassroom.com

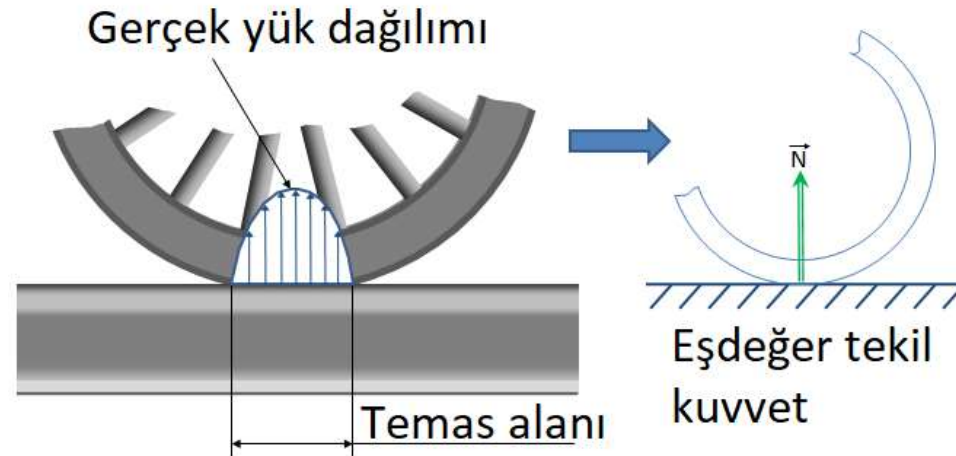
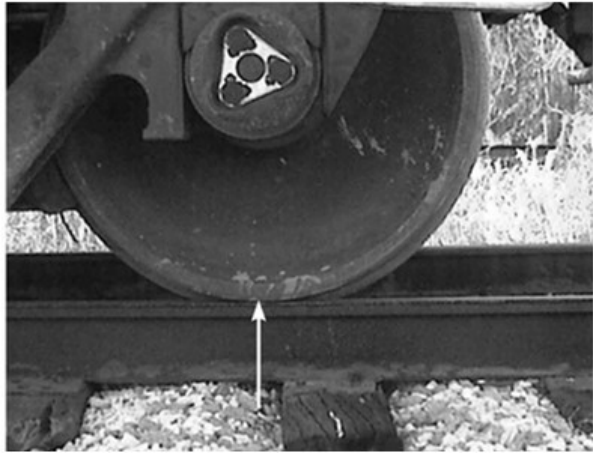
İdealleştirmeler

- **Rijit cisim:** Rijit cisim, tüm parçacıkların bir yük uygulanmasından önce ve sonra birbirlerinden sabit bir mesafede durduğu çok sayıda parçacığın bir kombinasyonu olarak düşünülebilir. Şekil değişimi olmayan, deforme olmayan cisimlerdir.
- Bu yaklaşımda yük uygulandığında cismin şekli değişmez ve cismin yapıldığı malzemenin türünü dikkate almak zorunda kalmayız. Çoğu zaman yapılarda, makinelerde vb. yerlerde meydana gelen gerçek deformasyonlar nispeten küçüktür ve rijit cisim varsayımı analiz için uygundur

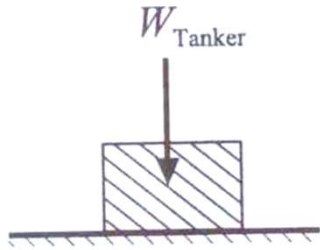
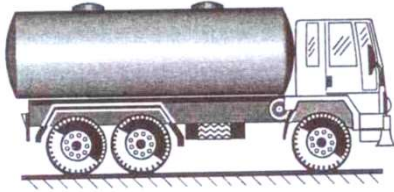


İdealleştirmeler

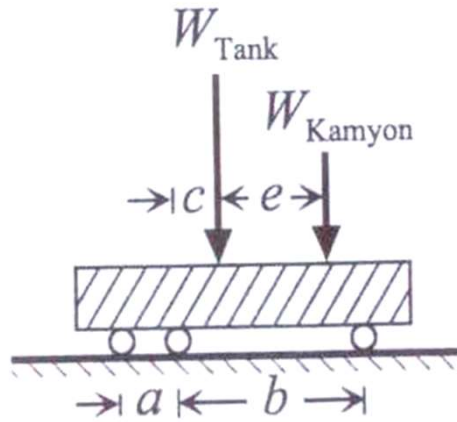
- **Tekil (konsantre) kuvvet:** Bir cisim üzerinde bir noktadan etki ettiği varsayılan yükleme etkisini temsil eder.
- Cismin toplam büyüklüğü ile karşılaştırıldığında, yükün uygulandığı alanın çok küçük olması şartıyla, bu etkiyi tekil kuvvet ile gösterebiliriz.



İdealleştirmeler



Parçaçık idealizasyonu (geometri önemsiz)

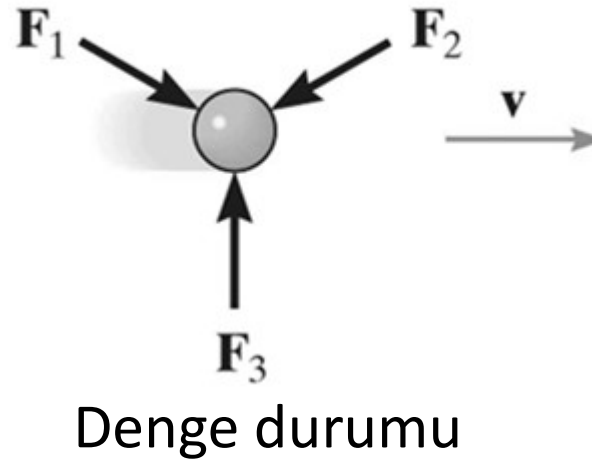


Rijit cisim idealizasyonu (kamyon boyutları önem kazandı)

Newton'un üç hareket kanunu

Rijit cisim mekaniğinde üç kanun esas alınır;

- **Kanun – 1:** Başlangıçta durağan olan veya sabit hızda düz bir hatta hareket eden bir parçacık dengelenmemiş bir kuvvete maruz kalmadıkça ilk durumunu korur.



Newton'un üç hareket kanunu

- **Kanun – 2:** Üzerine dengelenmemiş bir F kuvveti etkiyen bir parçacık, kuvvetle aynı doğrultuda ve büyüklüğü kuvvetle doğru orantılı olan bir “a” ivmesi kazanır. “F” kuvveti, “m” kütleli bir parçacığa uygulanıyorsa, bu kanun şöyle ifade edilir:

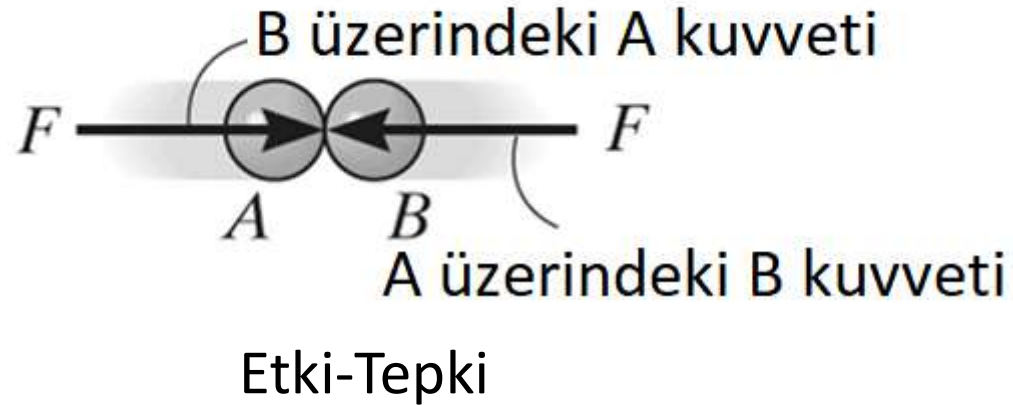
$$F = m a$$



İvmeli hareket

Newton'un üç hareket kanunu

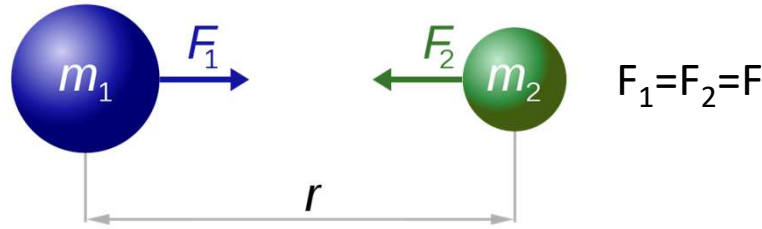
- **Kanun – 3:** İki parçacık arasındaki karşılıklı etki ve tepki kuvvetleri birbirine eşittir, ters işaretlidir ve aynı doğrultudadır.



Newton'un kütle çekim kanunu

- İki parçacık arasındaki kütle çekim kuvveti;

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



F= iki parçacık arasındaki çekim kuvveti, kg.(m/s²)

G= evrensel çekim sabiti

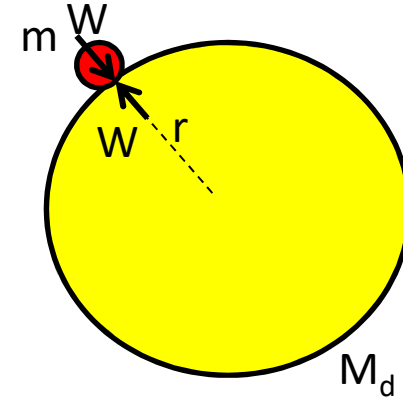
DeneySEL verilere göre $G = 66,73(10^{-12}) \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

m₁, m₂= her bir parçacığın kütlesi, kg

r = iki parçacığın merkezleri arasındaki uzaklık

Ağırlık

- Herhangi iki parçacık veya cisim arasında karşılıklı etki eden bir çekim kuvveti vardır. Dünyanın yüzeyi üzerinde yer alan veya yüzeyine yakın konumda konuşlanan bir parçacık için, anlamlı bir büyüklüğe sahip tek çekim kuvveti dünya ile parçacık arasında olmalıdır. Bu çekim kuvvetine ağırlık denir.



$$W = G \frac{m M_d}{r^2} \quad g = G \frac{M_d}{r^2}$$

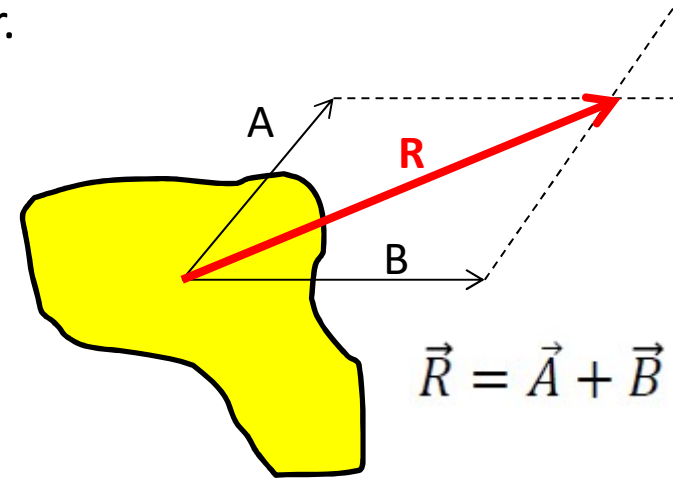
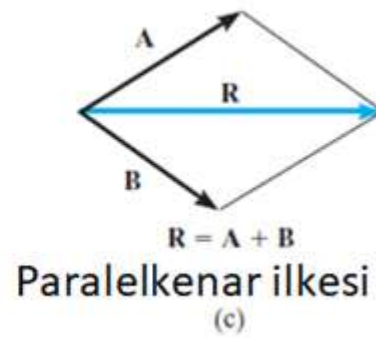
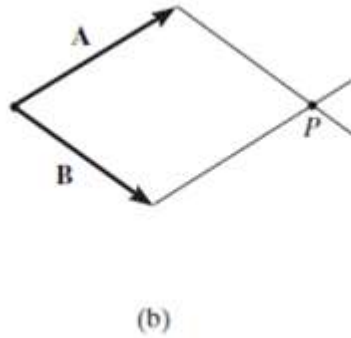
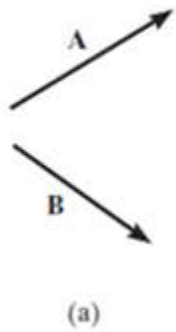
$$W = mg \quad (F = ma)$$

a = g : yerçekimi ivmesi

Standart konum: deniz seviyesi ve 45 derece enlemde (Dünya bir geoit şeklindedir.)

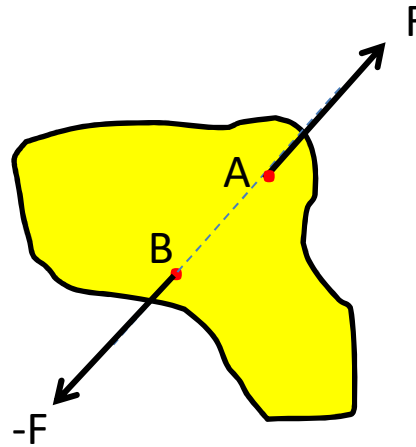
Temel ilkeler

- **Paralelkenar ilkesi:** Bir maddesel noktaya etkiyen iki kuvvet yerine tek bir kuvvet koymak mümkündür. “Bileşke” adı verilen bu kuvvet, kenarları, noktaya etkiyen kuvvetlere eşit bir paralelkenarın köşegenini çizerek tanımlanır.
- Tersisi de mümkündür; bir kuvvet yerine doğrultuları belli iki kuvvet alınabilir. Bu kuvvetlere “bileşenler” adı verilir.



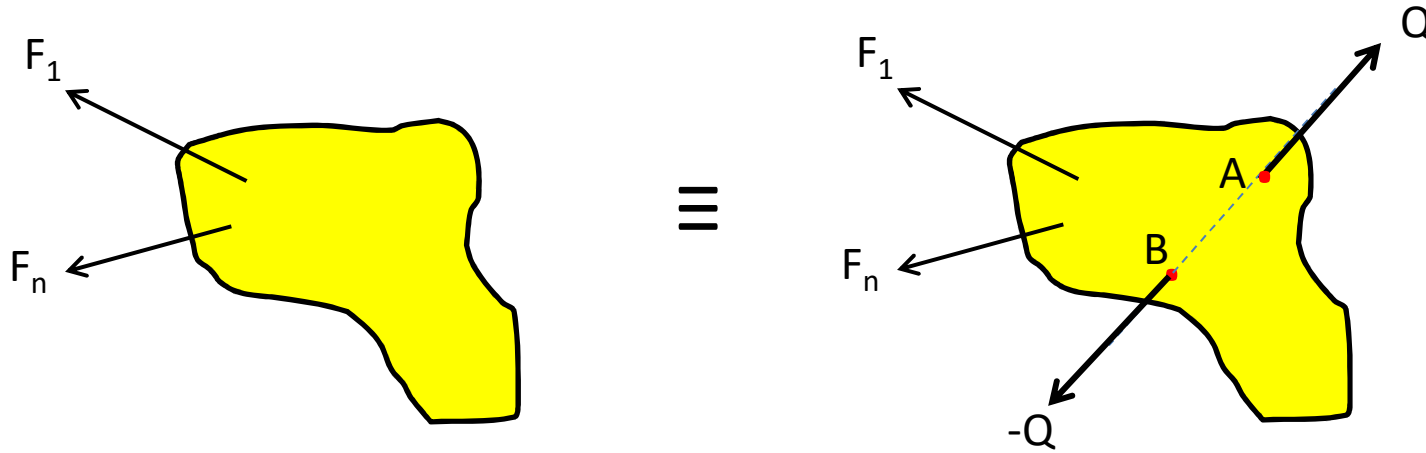
Temel ilkeler

- **Denge ilkesi:** Bir rijit cisme sadece iki kuvvet etki ediyorsa, dengede olabilmesi için bu kuvvetlerin doğrultuları aynı, şiddetleri eşit ve ters yönlü olmalıdır.



Temel ilkeler

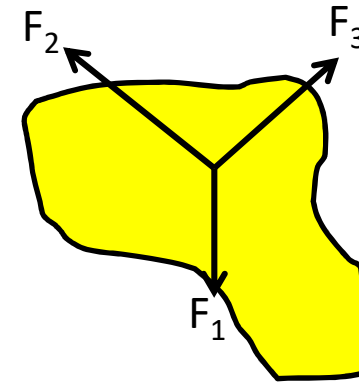
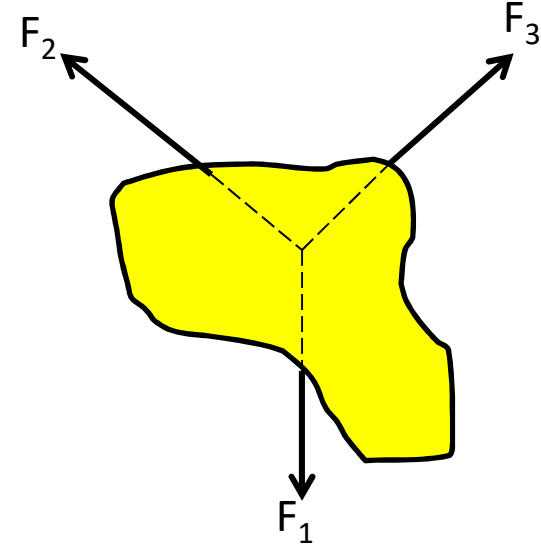
- **Süperpozisyon ilkesi:** Bir rijit cisim, bir takım kuvvetlerin etkisi altında dengede ise, aralarında dengede olan başka bir grup kuvvetin eklenmesi veya çıkarılması sonucu denge durumunu yitirmez.



Temel ilkeler

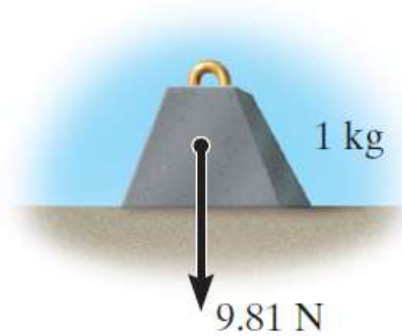
Statığın dayandığı temel ilkelerden şu ilave sonuçlara ulaşılabilir,

- Üç kuvvet etkisindeki bir cismin dengede olabilmesi için bu üç kuvvetin aynı noktada kesişmesi gerekir.
- Rijit cisimler mekaniğinde kuvvet kaydırılabilen bir vektördür, doğrultu ve yönü değişmemek şartıyla kaydırılabilir.



Ölçü birimleri / sistemleri

- Kuvvet, kütle, zaman ve ivme Newton'un 2. yasası kullanılarak birbiriyle ilişkilendirilir. Bunlardan üçü temel birimler olup dördüncüsü türetilerek bulunur.
 - Statikte genellikle iki birim sistemi kullanılır (biz SI ile çalışacağız).
1. **Uluslararası Sistem** (SI, Système international d'unités, International System)
 2. ABD Geleneksel Sistemi (USCS: US Customary System)



Ölçü birimleri / sistemleri

Ölçü Birimi	Uzunluk	Zaman	Kütle	Kuvvet
Uluslararası Birim Sistemi	metre	saniye	kilogram	Newton*
SI	m	s	kg	$\frac{N}{\left(\frac{kg \cdot m}{s^2}\right)}$

* 1 N, 1 kg kütleyle 1 m/s² ivme kazandırabilmek için gerekli kuvvete eşittir.
W=mg , [N] = [kg·m/s²] , g=9,80665 m/s²

1 kgf = 9.81 N ; 1 kgf, 1 kg kütle için ağırlığına eşit kuvvettir.

	Üssel Form	Önek	SI Sembolü
Üskatlar			
1 000 000 000	10 ⁹	giga	G
1 000 000	10 ⁶	mega	M
1 000	10 ³	kilo	k
Askatlar			
0.001	10 ⁻³	milli	m
0.000 001	10 ⁻⁶	micro	μ
0.000 000 001	10 ⁻⁹	nano	n

Bir sayısal nicelik, çok büyük veya çok küçük olduğunda, büyüklüğü tanımlamak için kullanılan birimler bir ön ek ile birleştirilir.

örnek:

$$6000000 \text{ N} = 6000 \text{ kN}$$

$$0,004 \text{ m} = 4 \text{ mm} = 4000 \text{ } \mu\text{m}$$

Hesaplamalar

- Problem çözerken “Boyutsal Homojenlik” sağlanmalıdır. Doğru sonuca ulaşabilmek için bir eşitliğin her iki yanındaki boyutlar aynı türden olmalıdır.

Örnekler

mesafe = hız x zaman => [m]= [m/s] x [s]

$$2 \text{ km/h kaç m/s'dir?} \quad 2 \text{ km/h} = \frac{2 \text{ km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \frac{2000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 0.556 \text{ m/s}$$

Statik dersi kapsamında kitaplardaki kalın ve düz **fontlar** vektör ifadeleridir. Örneğin **F** (Kuvvet) ve **a** (ivme) vektörel büyüklükler, Normal kalınlıktaki fontlar, Örneğin m (kütle) ise skaler büyüklüktür.

Problem çözümlerinde vektörel büyüklükler şu şekilde üzerine bir ok konularak gösterilecektir:

$$\vec{F} \quad \vec{a}$$

Hesaplamalar

- **Sayıları yuvarlatma:** Bir problemin çözümünden elde edilen hassasiyet, problem verisinin hassasiyetinden daha fazla olamaz, yuvarlatma gereklidir.

✓ Örn: $n=2$ anlamlı rakam için yanıt $2.326 \rightarrow 2.3$, $0.451 \Rightarrow 0.45$

✓ $n+1$ 'inci hane 5 ve daha *büyükse* n 'inci hane 1 arttırılır, $n+1$ 'inci ve takip eden haneler atılır. Örn: $n=3$ ise, $0.72387 \Rightarrow 0.724$,
 $565.500 \Rightarrow 566$

- Bu derste, örneklerdeki hesaplamalar dört anlamlı rakamla yapılacak ve yanıtlar üç anlamlı rakamla verilecektir.

$$2155 \text{ m} \times 4255 \text{ m} = 9169525 \text{ m}^2 = 9,169525 \text{ km}^2 \approx \mathbf{9,17 \text{ km}^2}$$

$$0,1400 \times 0,1565 = 0,02191 = \mathbf{0,0219}$$

Mesnetler



Stonehenge, İngiltere. M.Ö. 2000'lerde yapılmış kolon-kiriş inşaatının ilk örneklerinden.
(Basit Mesnet)



Efes antik kenti, İzmir. M.Ö. 300 yıllarında kurulmuştur.
(Basit Mesnet)

Mesnetler



Stonehenge, İngiltere. M.Ö. 2000'lerde yapılmış kolon-kiriş inşaatının ilk örneklerinden.
(Basit Mesnet)



Efes antik kenti, İzmir. M.Ö. 300 yıllarında kurulmuştur.
(Basit Mesnet)



Köprü kirişlerinin yerleştirilmesi
(Basit Mesnet)

Mesnetler



(Ankastre Kiriş)



(Konsol Kiriş)



(Kayar mesnet)



(Sabit mesnet)

Faydalanılan kaynaklar:

Mühendislik Mekaniği - Statik, R.C. Hibbeler, S.C. Fan

(Mühendislik Mekaniği – Statik’in Pearson yayınevi tarafından hazırlanan İngilizce sunumları)

Mehmet. H. Omurtag – Mühendisler İçin Mekanik – Statik (Birsen Yayın Evi)

Kisi.deu.edu.tr/serkan.misir (Pearson yayınevi tarafından hazırlanan sunumların Türkçe çevirisi)

Kisi.deu.edu.tr/burak.felekoglu

Kisi.deu.edu.tr/kamile.tosun

noskovtools.com

www.physicsclassroom.com

Wikipedia.org

<https://ramblingsuitcase.com>

<https://theconstructor.org>

<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-fixed-support-and-pinned-support>