



# Mekanik Ana Bilim Dalı

"Kuvvetlerin ve Dengelerin Bilimi"

Dr. Öğr. Üyesi Kadir AKGÖL

Dr. Öğr. Üyesi H. Metin NUMANOĞLU

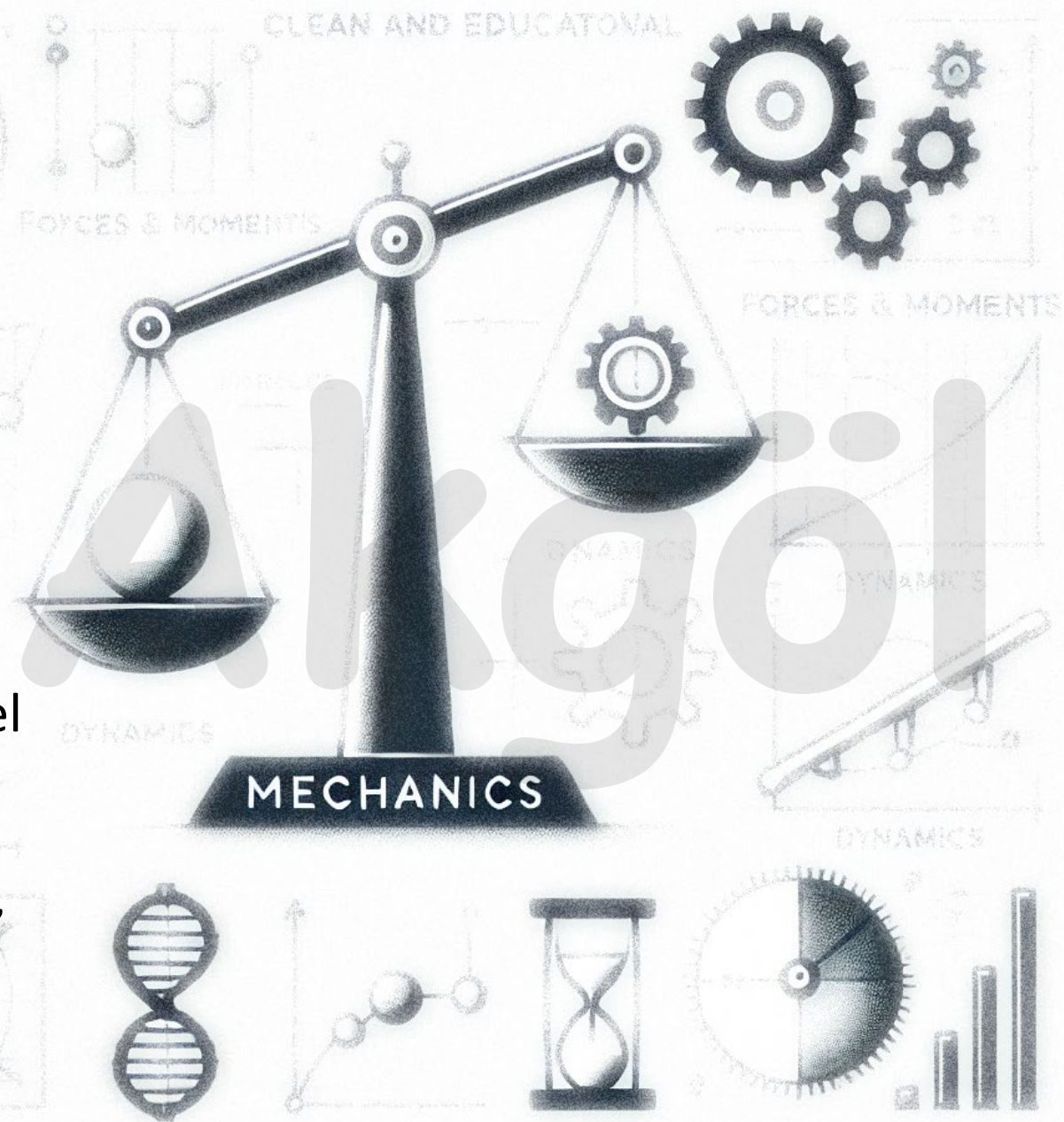
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ

# 1. Mekaniğin Tanımı ve Önemi

## Mekaniğin Tanımı

**Mekanik**, kuvvetlerin etkisi altında cisimlerin hareketini veya dengede kalma durumunu inceleyen bir bilim dalıdır.

- **Kuvvet**: Fiziksel problemlerin en temel sebebi olup cisimler üzerinde etki gösterirler. Kuvvet; durgun bir cisme çizgisel hareket yaptırabilir, cismi döndürebilir, hareketliyse durdurabilir. Kuvvet, bir cisme şekil verebilir. Bir kuvvet; başlangıç noktası, şiddeti, yönü ve doğrultusu ile tam anlamıyla tanımlı hale gelir.



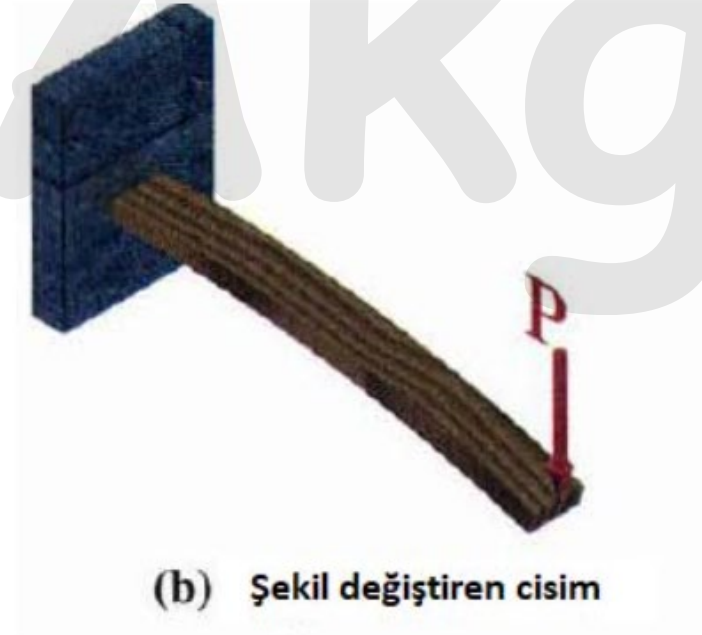
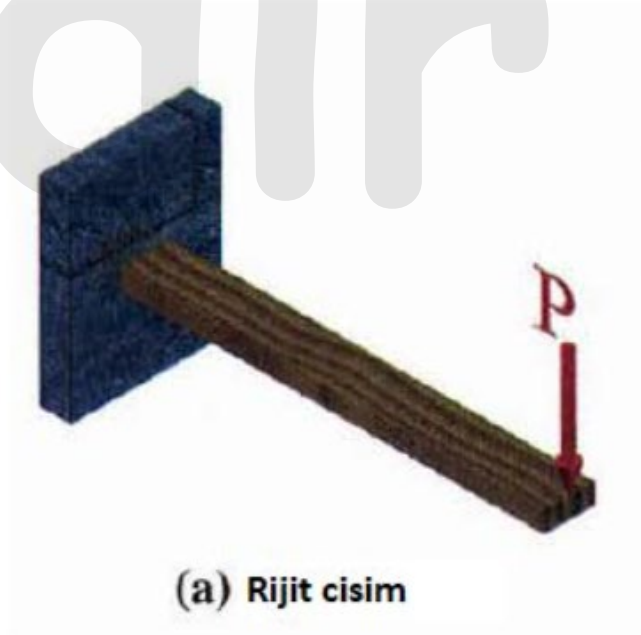
# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

- Herhangi bir dış zorlama (ileride ayrı bölümlerde tanımlanacak olan kuvvet ve kuvvet çifti gibi) altında şekil değişimine karşı direnç gösterme eğilimine **rijitlik** diyoruz. Bu direnç gösteren cisimlere de **rijit cisim** denir.
- Gerçekte hiçbir cisim %100 rijit değildir.

Kadir Akgöl

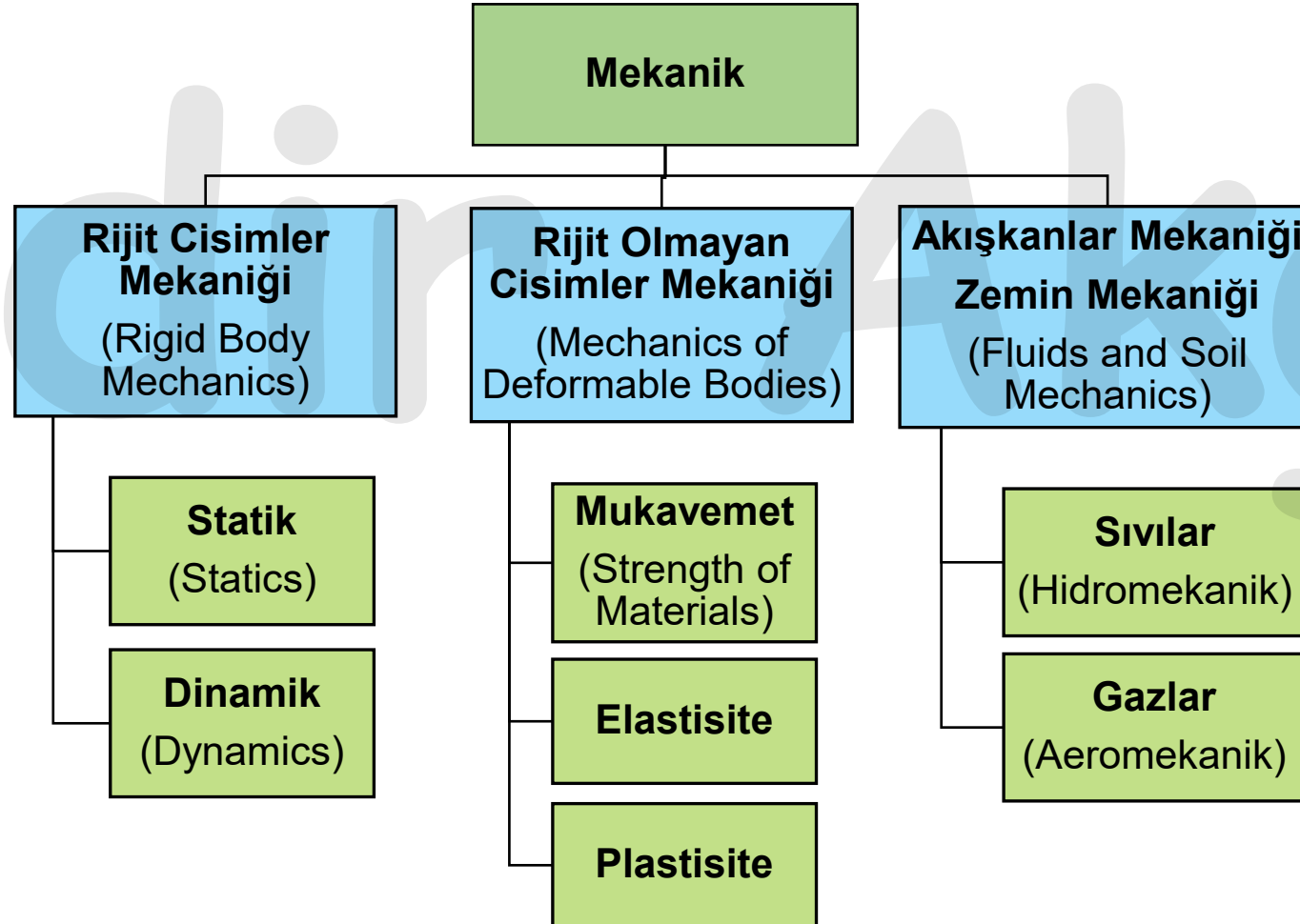
# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

İncelenen cisimler şekil değiştirmeyen (Rigid) ve şekil değiştirebilen (deformable) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.



# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

- Aşağıda mekanik biliminin alt alanları gösterilmiştir.



# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

- **Rijitlik ve Rijit Cisim:** Herhangi bir dış zorlama (ileride ayrı bölümlerde tanımlanacak olan **kuvvet** ve **kuvvet çifti** gibi) altında şekil değişimine karşı direnç gösterme eğilimine **rijitlik** diyoruz. Bu direnimi gösteren cisimlere de **rijit cisim** denir. Gerçekte hiçbir cisim %100 rijit değildir.
- **Statik:** Denge kavramından yola çıkarak rijit noktanın veya rijit cisimlerin dış etkiler altında denge halini inceler.
- **Dinamik:** Noktanın veya rijit cismin dış etkiler altındaki hareketini inceler. Harekete sebep olan dış etkilerin incelendiği kinetik ve bu hareketin geometrisinin incelendiği kinematik konuları, dinamik'in kendi alt dallarını oluşturur.

# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

- **Elastisite:** Dış zorlamaların cisim üzerindeki en tabii etkilerinden birisi de şekil değişimidir. Bu şekil değişimleri ise geri dönüşümlü, kısmen geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz olabilir. Geri dönüşümün tam olduğu cisimlere elastik cisim denir. Mekanik biliminde, elastik cisimlerde şekil değişimi ve gerilmelerin incelendiği kısım Elastisite olarak bilinir ve bu kısım **Elastisite Teorisi** denilen oldukça geniş bir konunun hükümlerine dayanır.
- Elastisite teorisi yoğun bir şekilde matematik ve fizik denklemleri ile ifade edilen ve oldukça geniş bir konu olduğundan tamamen anlaşılması çok zordur. Bu nedenle bazı kabuller yapılarak mühendislik mesleğini icra edecek kişilerin mesleki kullanımına uygun hale getirilir.
- Basitleştirilmiş bu mühendislik yaklaşımı Elastik Katı Cisimler Mekanik'i (**Mukavemet**) olarak adlandırılır.
- **Burada yapılacak basitleştirmelerin akla ve mantığa uygun olması kritik husustur!**

# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

- **Plastisite:** Geri dönüşümün olmadığı cisimlerin incelendiği kısımdır. Temel konusu plastik şekil değişimi yapan cisimlerin yeni ve iyi formunu koruyabilmesi, bir uyumluluk gösterebilmesi halidir.

Kadir Akgöl



# 1. Mekaniğin Tanımı ve Önemi

- **Hidromekanik:** Sıvı akışkanının statik ve dinamik durumlarını inceleyen bilimdir.
- **Aeromekanik:** Mekanik biliminin gaz haldeki maddelerle ilişkilendirildiği kısımdır.
- Yukarıda da tanımlandığı ve anlatıldığı gibi mekanik bilimi bu konularla ilgilenir ancak yine söylenecek olursa bu kavramlar başlıca kavramlardır. Dalga mekaniği, kırılma mekaniği, sürekli ortamlar mekaniği... gibi daha mekaniğin bir çok konusu vardır ve bu konular tek başına geniş bir araştırma alanına sahiptir.

# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

## Mekanik'in Önemi

Mekanik, mühendislikte temel bir disiplindir ve birçok uygulama alanına sahiptir:

- Yapısal Tasarım: Binaların, köprülerin ve diğer yapıların güvenliğini sağlamak için statik analizler yapılır.
- Makine Mühendisliği: Hareketli parçaların kuvvet ve hız ilişkisi dinamik prensiplerle hesaplanır.
- Ulaşım ve Taşıma: Taşıtların hareketi ve dengesinin analizi, kinematik ve dinamikle ilişkilidir.

# 1. Mekaniğin Tanımı ve Önemi

## Mühendislikte Mekaniğin Önemi

Mekanik bilgisi olmadan bir mühendis:

- Yapıların dayanıklılığını analiz edemez.
- Taşıma sistemlerini optimize edemez.
- Doğru hesaplama ve tasarımlar yapamaz.



# 1. Mekaniğin Tanımı ve Önemi

## Yapı Mekaniği

- İnşaat Mühendisliği disiplininin ana bilim dallarından birisi de Yapıdır. Malzemenin (beton, çelik, ahşap, kompozit vs.) dış yükler ve etkiler altındaki davranışı ile mekanik bilimini öğretileri birleşerek yapı ana bilim dalının meydana geldiği belirtilebilir.
- Yapı Mekaniği, rijit ve şekil değiştiren cisimlerin davranışlarını inceleyen mekanik biliminin uygulamalı bir alanıdır.
- Yapı Mekaniği;
  - 1- Yapısal sistemlere etki eden yükler (kuvvetler),
  - 2- Bu yüklerin etkisi altında ortaya çıkan hareketler (şekil değişimleri, deformasyonlar)
  - 3- Bunlar arasındaki ilişkiyi analiz eder.
- Bu yüzden, kuvvetlerin ve hareketlerin yapıya etkisinin, birbirleriyle olan ilişkilerinin iyi bilinmesi gerekir.

# 1. Mekanik'in Tanımı ve Önemi

## Yapı Mekanik'i

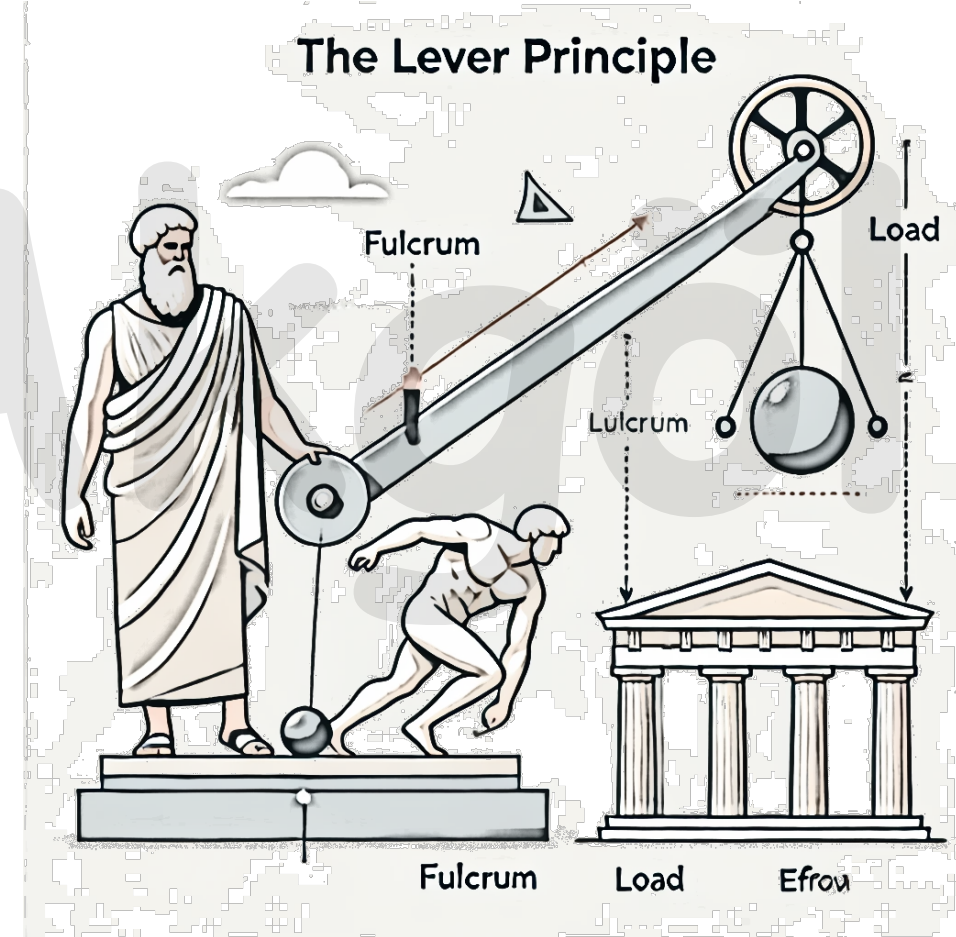
- Mekanik bilimi, İnşaat Mühendisliği eğitiminde büyük bir öneme sahiptir. Hayatımızdaki kuvvet temalı fiziksel olaylara mühendisçe bakış açısını oluşturan sistematiği hazırlamaktadır.
- Bu nedenle, mekanik biliminin herhangi bir nedenden dolayı eğitim süresi içerisinde iyi sindirilememesi durumunda, **SİZ DEĞERLİ İNŞAAT MÜHENDİSİ ADAYLARININ** pratikte sürekli bir şeylerin eksikliğini hissetmeniz kaçınılmaz olacaktır !!!

## 2. Mekaniğin Tarihsel Gelişimi

### Antik Dönem

Mekanik biliminin temelleri antik çağlarda atılmıştır:

- Arşimet (MÖ 287-212), Kaldıraç Prensibi: "Bana bir dayanak noktası verin, dünyayı yerinden oynatayım." Su kaldırma makineleri ve basit makineler üzerinde çalışmıştır.
- Platon ve Aristoteles: Hareket ve kuvvet kavramlarını felsefi açıdan tartışmışlardır.



## 2. Mekaniğin Tarihsel Gelişimi

### Orta Çağ

Bu dönemde mekanik, İslam dünyasında gelişme göstermiştir:

- El-Cezeri (1136-1206): Su makineleri ve otomasyon sistemleri geliştirmiştir. Mekanik cihazlar üzerine ilk yazılı eserlerden birini yazmıştır.

## 2. Mekaniğin Tarihsel Gelişir

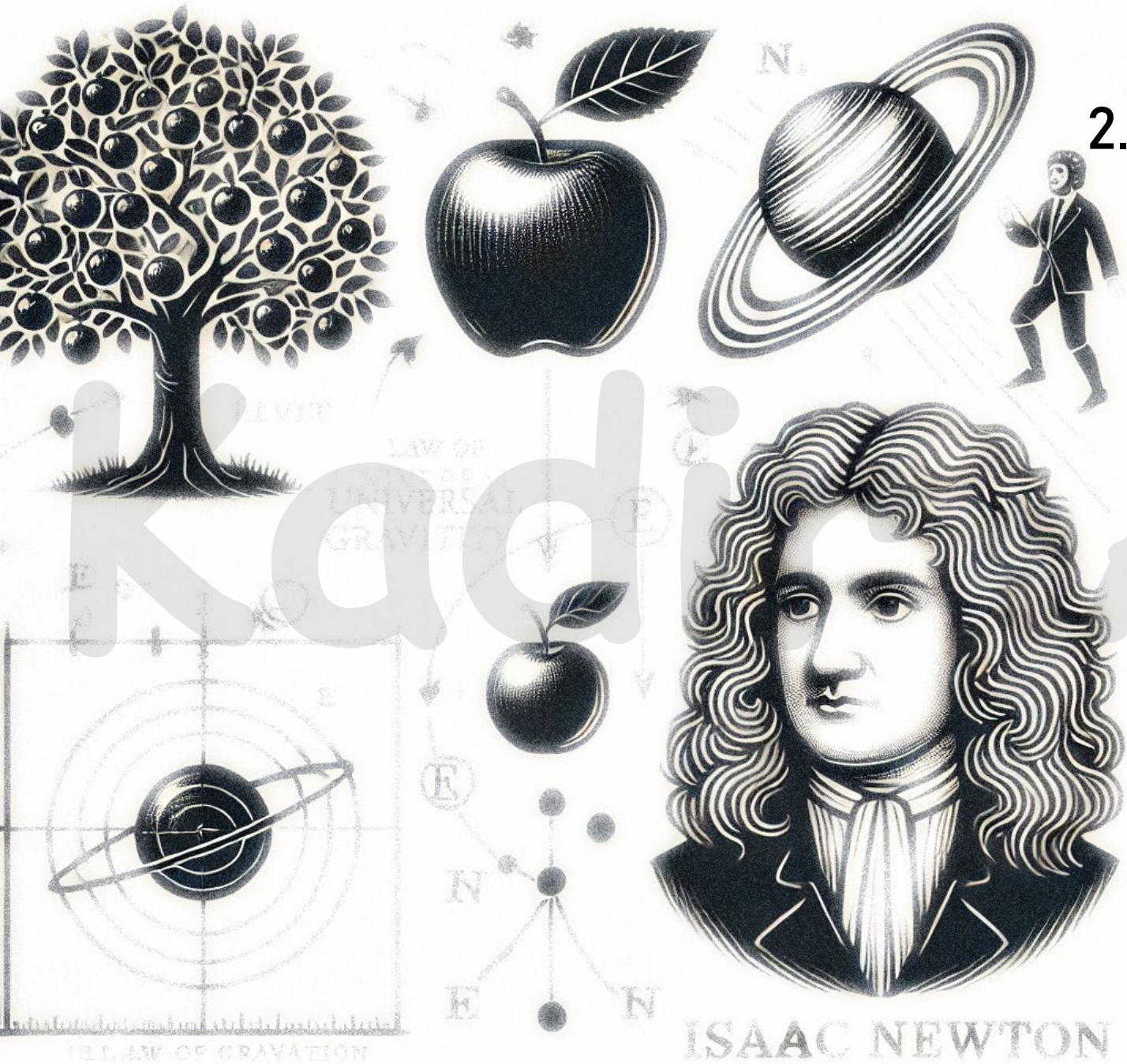
### Modern Mekaniğin Doğuşu

Rönesans dönemi ile birlikte mekanik daha bilimsel bir yaklaşıma evrilmiştir:

- Leonardo da Vinci (1452-1519): Çeşitli mekanik sistemlerin çizimlerini yapmış ve deneysel çalışmalara öncülük etmiştir.
- Galileo Galilei (1564-1642): Serbest düşme ve eğik düzlem deneyleri ile hareket yasalarını formüle etmiştir. "İvme" kavramını tanımlamıştır.







## 2. Mekaniğin Tarihsel Gelişimi

### Newton ve Klasik Mekanik

- Isaac Newton (1643-1727): Newton'un üç hareket yasası, mekanik biliminin temel taşlarıdır. Evrensel çekim yasasını ortaya koyarak gezegenlerin hareketlerini açıklamıştır.

## 2. Mekaniğin Tarihsel Gelişimi

### Endüstri Devrimi ve Mekanik

18. ve 19. yüzyıllarda mekanik, sanayi devrimiyle birlikte mühendislik uygulamalarına entegre edilmiştir:

- Buhar makineleri ve mekanik sistemler üretimde devrim yaratmıştır.
- Statik ve dinamik analiz, modern inşaat mühendisliğinde uygulanmaya başlanmıştır.

### Modern Dönem

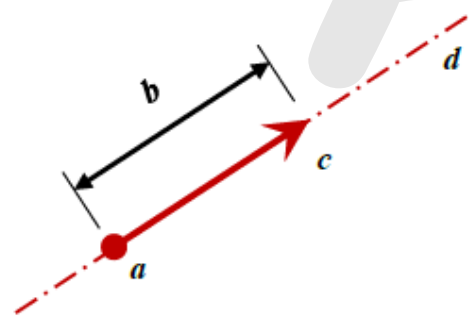
- Bilgisayar destekli mekanik analiz ve simülasyon teknolojileri, mühendislikte karmaşık sistemlerin modellenmesini mümkün kılmıştır.
- Uzay mekaniği ve robotik gibi ileri teknolojilerle yeni bir boyut kazanmıştır.

### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

- **Statik**, durgun ya da dengede olan cisimlerin kuvvet ve moment analizini yapan mekanik dalıdır. Cisim üzerinde etkili olan kuvvetlerin toplamı sıfır olduğunda cisim dengede kalır.
- Denge kavramından yola çıkarak rijit noktanın veya rijit cisimlerin dış etkiler altında denge halini incelenir.

### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

- **Kuvvet:** Fiziksel problemlerin en temel sebebi olup cisimler üzerinde etki gösterirler. Kuvvet; durgun bir cisme çizgisel hareket yaptırabilir, cismi döndürebilir, hareketliyse durdurabilir. Bunlara ek olarak kuvvet, bir cisme şekil verebilir.
- Bir kuvvet; başlangıç noktası, şiddeti, yönü ve doğrultusu ile tam anlamıyla tanımlı hale gelir.



Kuvvetin en basit modeli

- a. Başlangıç noktası
- b. Şiddet
- c. Yön
- d. Doğrultu (Yönelim)

### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

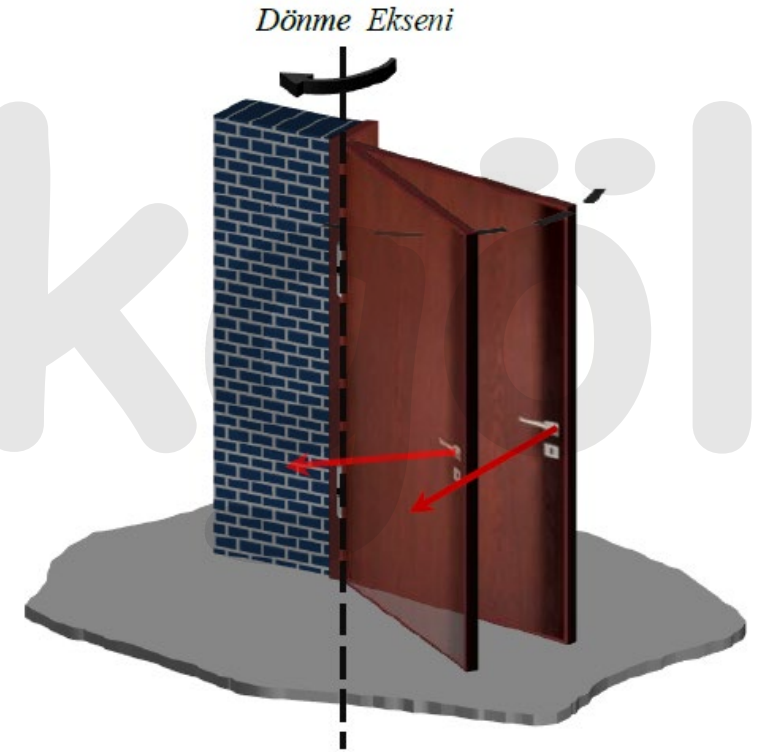
**Moment**, bir kuvvetin bir noktaya veya eksene göre dönme etkisidir. Bir cismin dengede kalıp kalmayacağını belirlemek için moment analizi yapılır. Matematiksel olarak moment şu şekilde ifade edilir:

$$M = F \cdot d$$

$M$ : Moment ( $N \cdot m$ )

$F$ : Kuvvet ( $N$ )

$d$ : Kuvvetin uygulama noktası ile dönme noktası arasındaki dik mesafe ( $m$ )



### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

#### Denge Koşulları

Bir cismin dengede olması için şu iki temel şart sağlanmalıdır:

- **Kuvvetlerin Toplamı Sıfır Olmalı:** Cisme etki eden tüm kuvvetlerin bileşkesi sıfır olmalıdır:

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma F_z = 0$$

$F_x, F_y, F_z$  : Kuvvet bileşenleri.

- **Momentlerin Toplamı Sıfır Olmalı:** Cisme etki eden tüm kuvvetlerin momentlerinin toplamı sıfır olmalıdır:

$$\Sigma M = 0$$

$M$ : Moment ( $M=F \cdot d$ ), burada  $d$  kuvvetin dönme eksenine olan uzaklığıdır.

## 3. Statik: Kuvvet Dengesi

### Mühendislikte Denge Kavramı

- İnşaat Mühendisliğinin temel amacı yapıların dengede ve güvenli olmasıdır.

- Güvende olmanın koşulu;

- 1- Dengede duran bir cisim harekete geçemez, dönemez.

- 2- Yapı elemanlarında kullanılan malzemelerin kendilerine isabet eden yükleri, zorlamaları (kesit tesirlerini) güvenli şekilde taşımalarıdır.

## 3. Statik: Kuvvet Dengesi

### Mühendislikte Denge Kavramı

- Mühendislikte genelde Güvenlik Katsayıları kullanılır.
- Mühendislikte "kıl payı" çalışılmaz.
- Örneğin; bir kablo, 10 kN/cm<sup>2</sup> lik bir çekme gerilmesi altında kopuyorsa ve yönetmeliklerle belirlenen güvenlik katsayılarından bu tip malzeme ve olaylara yönelik katsayı, örneğin 1.25 ise  $10/1.25 = 8$  kN/cm<sup>2</sup> müsaade edilebilecek Maksimum Gerilmedir. Bu değere Emniyet Gerilmesi denir.

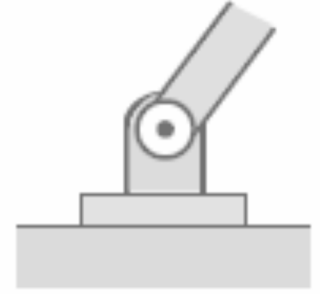


### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

**Mesnetler**, yapı elemanlarını destekleyerek dengede kalmasını sağlayan bağlantı noktalarıdır. Her mesnet tipi, belirli yönlerde kuvvet ve moment tepkileri üretir.

Kadir Akgöl

### 3. Statik: Kuvvet Dengesi



#### Mesnet Tepkileri

Yapılarda, mesnetler farklı tiplerde destekler sağlar ve her bir mesnetin belirli bir tepkisi vardır:

#### Sabit Mesnet:

Hem yatay ( $R_x$ ) hem dikey ( $R_y$ ) kuvvetlere karşı tepki verir. Dönmeye izin verir, yani moment tepki üretmez. Örnek: Dönebilen bir çelik kolon.

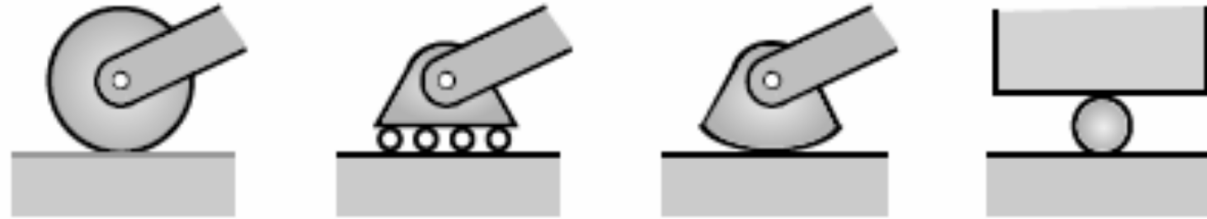


### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

#### Mesnet Tepkileri

#### Hareketli Mesnet:

Sadece dikey kuvvet ( $R_y$ ) tepkisi verir. Yatay hareketlere izin verir. Örnek: Bir köprüdeki rulman bağlantısı.

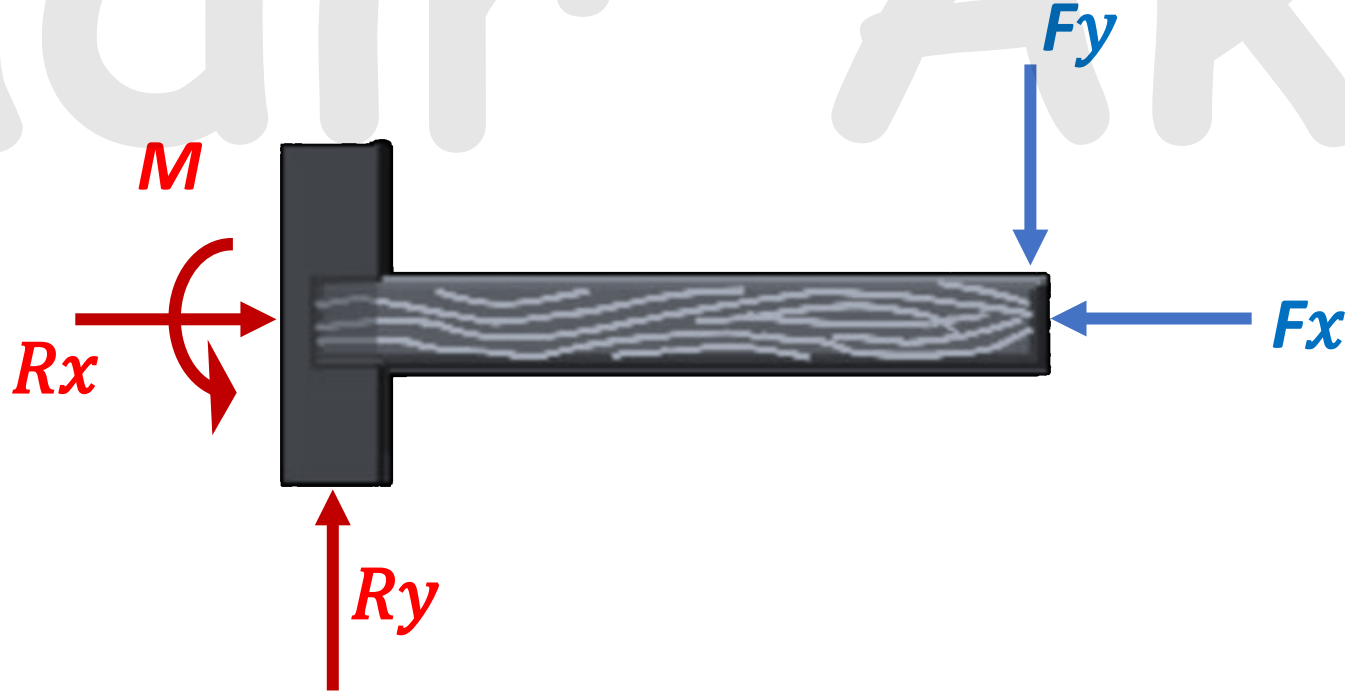


### 3. Statik: Kuvvet Dengesi

#### Mesnet Tepkileri

#### Ankastre Mesnet:

Hem yatay ( $R_x$ ) hem dikey ( $R_y$ ) kuvvetlere ve momente ( $M$ ) karşı tepki verir. Yapıyı tamamen sabitler. Örnek: Kolona gömülmüş bir kiriş.



## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

**Dinamik**, hareket halindeki cisimlerin kuvvet ve ivme ilişkilerini inceleyen mekanik dalıdır. Newton'un hareket yasaları dinamiğin temelini oluşturur.

Kadir Akgöl

## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

### Newton'un Hareket Yasaları

- Eylemsizlik Prensipleri (Newton'un 1. Yasası):

Dış bir kuvvet etkisi olmadığında, bir cisim durgun kalır ya da sabit hızla hareket etmeye devam eder.

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow a = 0$$

## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

### Newton'un Hareket Yasaları

- Kuvvet-Hızlanma Prensibi (Newton'un 2. Yasası):

Bir cisme etki eden net kuvvet, cisme ivme kazandırır. Bu ivme, kuvvetle doğru, kütleyle ters orantılıdır:

$$F = m \cdot a$$

$F$ : Net kuvvet (N)

$m$ : Kütle (kg)

$a$ : ivme ( $m/s^2$ )

## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

### Newton'un Hareket Yasaları

- Etki-Tepki Prensipleri (Newton'un 3. Yasası):

Her etkiye eşit büyüklükte ve zıt yönde bir tepki kuvveti vardır.

$$F_{etki} = -F_{tepki}$$



## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

### Kinematik ve Hareket Türleri

#### Doğrusal Hareket:

Cisimlerin düz bir çizgi boyunca hareketi.

Hız:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

İvme:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\Delta x$  : Yer değiştirme (m)

## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

### Kinematik ve Hareket Türleri

#### Açısal Hareket:

Dönen cisimlerin hareketi.

Açısal hız:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Açısal ivme:

$$a = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$\Delta\theta$ : açısal yer değiştirme (radyan)

## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

### İş ve Enerji

#### Kinetik Enerji (KE):

Hareket halindeki bir cismin enerjisidir:

$$KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

#### Potansiyel Enerji (PE):

Cismin yerçekimine bağlı enerjisi:

$$PE = m \cdot g \cdot h$$

#### İş-Enerji İlişkisi:

Bir cisme uygulanan iş, cismin enerjisindeki değişimdir:

$$W = \Delta(KE+PE)$$

W: Yapılan iş (Joule)

## 4. Dinamik: Hareketin Prensipleri

**Örnek Soru:** Bir araba  $1500 \text{ kg}$  kütleye sahiptir ve  $0$ 'dan  $20 \text{ m/s}$  hıza  $10$  saniyede ulaşmaktadır. Arabanın ivmesini ve uygulanan kuvveti hesaplayınız.

**İvme Hesabı:**

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 - 0}{10} = 2 \text{ m/sn}^2$$

**Kuvvet Hesabı:**

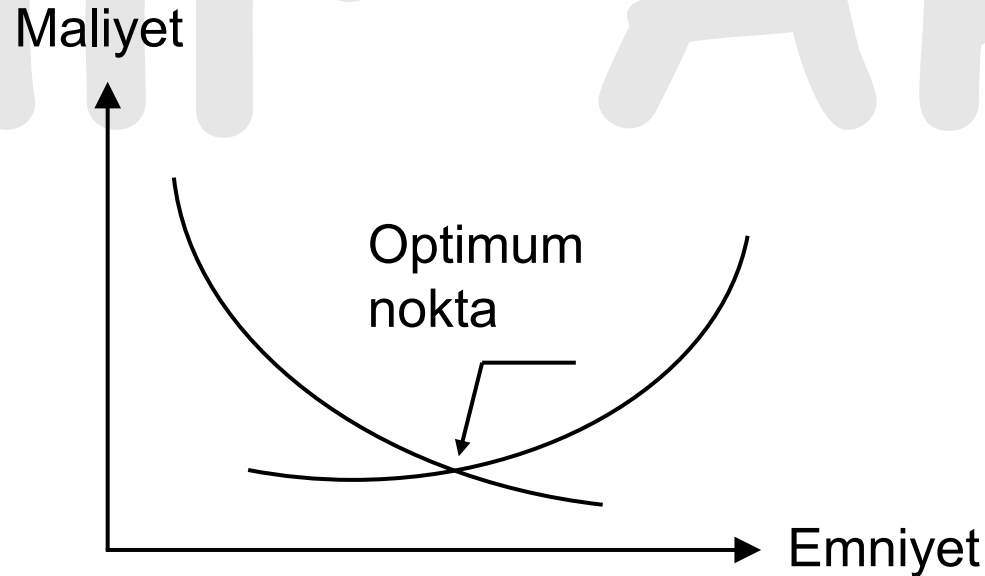
$$F = m \cdot a = 1500 \cdot 2 = 3000 \text{ N}$$

**Cevap:**

Arabanın ivmesi  $2 \text{ m/sn}^2$ , uygulanan kuvvet  $3000 \text{ N}$ 'dur.

## 5. Mukavemet: Şekil Değiştiren Cisimler Mekanikđi

- Taşıyıcı sistemlerin dış y¼kler altında gerilme ve şekil değiştirme (deplasman, d¼nme) hesaplarıyla ilgilenen uygulamalı bir bilimdir.
- Emniyet – Ekonomi – Estetik : M¼hendislik tasarımının temel felsefesi.



## 5. Mukavemet: Şekil Değiştirebilen Cisimler Mekanikliği

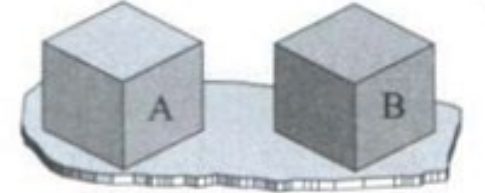
### Malzeme Davranışı

- Her ne kadar dış yük altında malzeme davranışları esasen karmaşık da olsa mukavemet hesaplarında mantık çerçevesinde bazı kabuller yapılarak hesaplar kolaylaştırılabilir.
- Burada önemli olan, yapılan varsayımların cismin genel davranışını olabildiğince gerçeğe yakın ifade edebilmektir. Malzeme davranışını açıklarken iki ideal kavramdan bahsedilir:

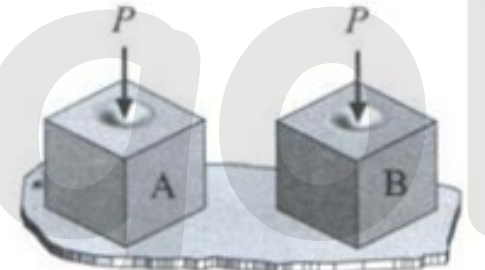
#### 1- Tam Elastik Cisim

#### 2- Tam Plastik Cisim

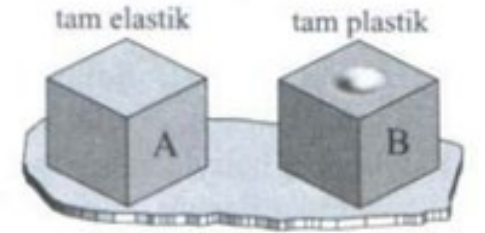
- Gerçekte ise, malzeme davranışı bu iki ideal duruma yakın olabileceği gibi ikisi arasında bir yerde de olabilir. Yani yük kaldırılınca, şekil değiştirmelerin bir kısmı geri dönerken, bir kısmı kalıcı olabilir ve buna da **Elasto-Plastik Cisim** denir.



(a) yükleme öncesi cisimler



(b) yüklü cisimler

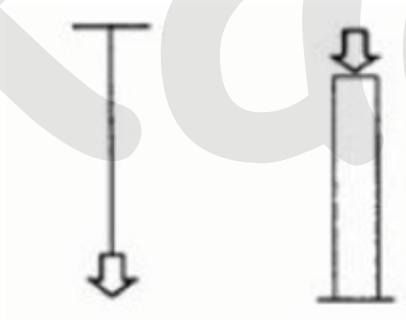


(c) yük kaldırıldıktan sonra

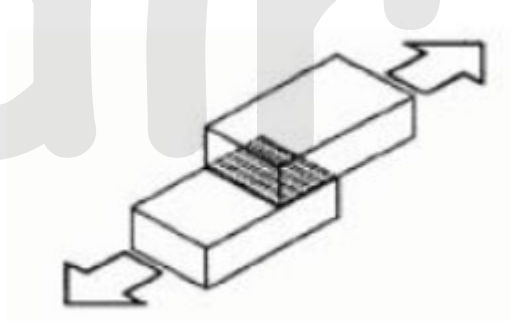
## 5. Mukavemet: Şekil Değiştirebilen Cisimler Mekanikđi

### Kuvvet Tipleri

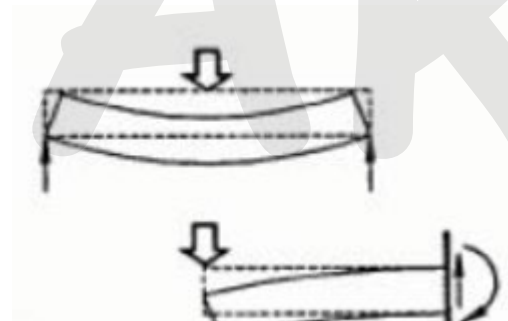
Kuvvetlerin farklı yönlerine göre farklı şekil değişimleri gözlenebilir.



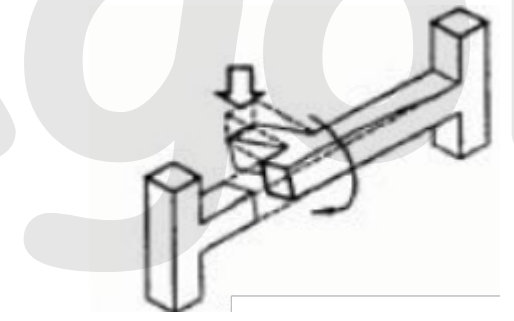
Eksenel Kuvvet



Kesme



Eğilme



Burulma

## 5. Mukavemet: Şekil Değiştiren Cisimler Mekaniki

### Gerilme Kavramı

- Dış etkiler altındaki bir cisimde, cismin yzeyleri veya cismi oluşturan çeşitli parçaların birbiriyle olan bağlantıları çeşitli biçimlerde zorlanır. İşte bu esnada cismin yzeyinde veya parçaların arasında iç kuvvet oluşur.
- Gerilme: En basit halde, "birim alana etkiyen kuvvet" olarak tanımlanır.
- Daha mühendisçe yaklaşım yapacak olursak: İç kuvvetlerin cisim yzeylerinde veya parçalarında meydana getirdiği zorlamanın ölçüsüdür.



## 5. Mukavemet: Şekil Değiştiren Cisimler Mekaniki

Gerilme ( $\sigma$ ), bir cisme uygulanan kuvvetin birim alana dűřen miktarıdır.

Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$\sigma$ : Gerilme ( $N/m^2$  ya da Pascal, Pa)

$F$ : Kuvvet (N)

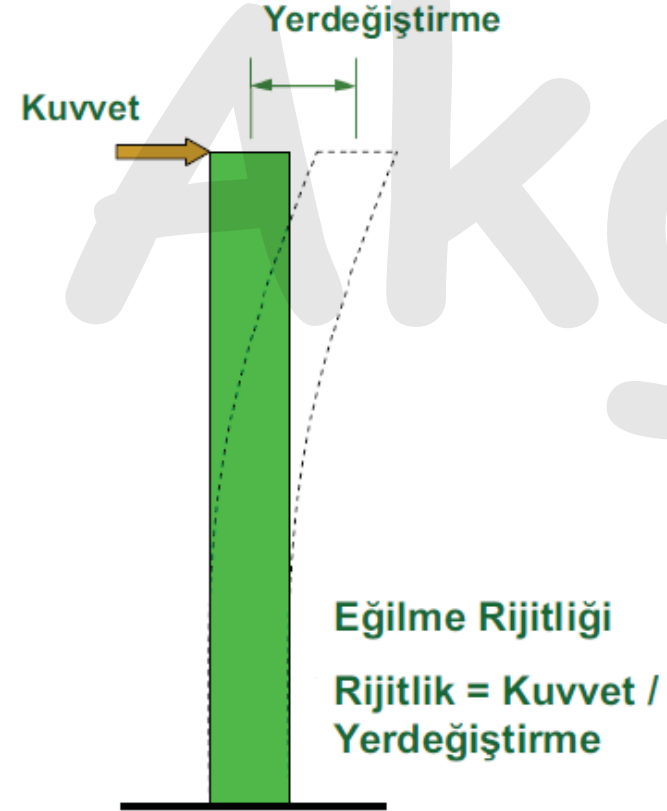
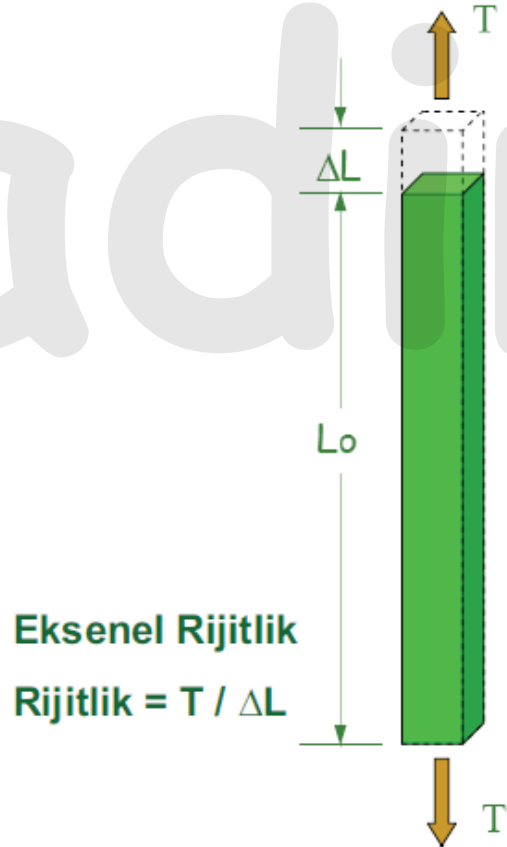
$A$ : Kesit alanı ( $m^2$ )

## 5. Mukavemet: Şekil Değiştirebilen Cisimler Mekaniği

- **Normal Gerilme:** Gerilme vektörü kesitin normal vektörü ile aynı doğrultuda (Basınç-Çekme)
- **Kayma Gerilmesi:** Gerilme vektörü kesitin normal vektörüne dik ise oluşan gerilmedir.
- **Eğilme Gerilmesi:** Bir çubuğun ekseninden geçen düzlem üzerinde ve iki ucundan, karşıt yönlerde, etkileyen kuvvet çiftinin meydana getirdiği gerilmeye denir.
- **Burulma (Torsiyon):** Bir ucu sabit tutarak dönmeye ve deformasyona karşı sabit hale getirilen çubuğun diğer ucuna, çubuk eksenine dik bir düzleme (çubuk kesiti) bir kuvvet çifti etkidiğine çubuğun sabit ucundan itibaren kuvvet çiftine kadar bütün en kesitlerde kayma gerilmeleri ve deformasyonlar meydana gelir. Meydana gelen bu olayı meydana getiren kuvvet çiftine Burulma (Torsiyon) Momenti denir.

## 5. Mukavemet: Şekil Değiştiren Cisimler Mekanikđi

**Rijitlik Hesabı:** Birim Kuvvete Karşı gelen yer değiştirme ile rijitlik hesaplanır.



## 5. Mukavemet: Şekil Değiştiren Cisimler Mekaniki

### Şekil Değiştirme (Birim Deformasyon)

Bir cismin, kendisine uygulanan kuvvetler nedeniyle boyutlarında meydana gelen değişimdir. Boyutsuz bir büyüklük olan birim şekil değiştirme ( $\epsilon$ ) şu şekilde tanımlanır:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$\epsilon$  : Birim şekil değiştirme (boyutsuz)

$\Delta L$  : Uzama veya kısıalma ( $m$ )

$L_0$  : Başlangıç uzunluğu ( $m$ )

## 5. Mukavemet: Şekil Değiştiren Cisimler Mekaniiği

Hooke Kanunu, gerilme ve birim Şekil değiştirme arasındaki doğrusal ilişkiyi tanımlar:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

$E$ : Elastisite modülü ( $N/m^2$ ), malzemenin esneklik özelliğini belirler.

Kadir Akgöl

## 5. Mukavemet: Şekil Değiştirebilen Cisimler Mekanikği

**Örnek Soru:** Uzunluğu  $2\text{ m}$ , kesit alanı  $0,01\text{ m}^2$  ve elastisite modülü  $200\text{ GPa}$  olan bir çubuğa,  $500\text{ kN}$  aksenal kuvvet uygulanıyor. Çubukta meydana gelen uzamayı ( $\Delta L$ ) hesaplayınız.

Gerilme Hesabı:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{500 \cdot 10^3}{0,01} = 50 \cdot 10^6\text{ Pa}$$

Birim Şekil Değiştirme Hesabı:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{50 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^9} = 0,00025$$

Uzama Hesabı:

$$\Delta L = \epsilon \cdot L_0 = 0,00025 \cdot 2 = 0,0005\text{ m}$$