

**METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ**  
**STATİK-MUKAVEMET**

<b>HAFTALIK AYRINTILI DERS İÇERİĞİ</b>		
<b>Hafta</b>	<b>Konular</b>	<b>Uygulama Süreci</b>
1	Mukavemet ve Statiğin tanımı,	Anlatım
2	Statiğin Dayandığı Temeller,	Anlatım
3	Serbest Cisim Diyagramı	Anlatım
4	Elastik sabitler	Anlatım
5	2 ve 3 eksenli gerilmeler,	Anlatım
6	Ara sınav	Anlatım
7	Çok bileşenli malzemelerin mukavemet değerleri	Anlatım
8	Sıcaklık etkisi,	Anlatım
9	Mohr dairesi kavramı,	Anlatım
10	Reaksiyon Kuvvetleri	Anlatım
11	Noktasal ve Üniform Yükleme, Kuvvet-moment diyagramları,	Anlatım
12	Kuvvet-moment diyagramları, ağırlık merkezi kavramı, atalet momenti,	Anlatım
13	Denge Şartları ve Denge Denklemleri, Sürtünme ve sürtünme kuvvetleri	Anlatım
14	Final Sınavı	Anlatım

***Yararlanılacak Kaynaklar;***

1. Cisimlerin Mukavemeti, M. İnan (%50).
2. Strength of Materials Part I and II, S. Timoshenko (%20).
3. Statics and Strength of Materials, M. Bassin (%25).
4. İnternet Kaynakları (%5).

<b><i>Devam</i></b>	<b><i>%5</i></b>
<b><i>Vize Sınavı</i></b>	<b><i>%35</i></b>
<b><i>Dönem içi Toplam</i></b>	<b><i>%40</i></b>
<b><i>Dönem Sonu Final Sınavı</i></b>	<b><i>%60</i></b>

**Temel Terimler;**

Statik Mukavemet dersinin sağlıklı ilerlemesi için bazı temel kavramaların ne anlama geldiğini bilmemiz gerekmektedir.

**Uzunluk (Length):** Düz veya eğri bir çizginin doğrusal boyutudur. Örneğin; çemberin çapı düz çizgi, çevresi ise eğri uzunluğudur.

**Alan (Area):** Şekil veya yüzeyin iki boyutlu büyüklüğüne o şeklin veya yüzeyin alanı denir. Örneğin; floresan lambanın yüzeyi veya şaftın kesit büyüklüğü.

**Hacim (Volume):** Bir cismin uzayda kapladığı 3 boyutlu veya kübik ölçü o cismin hacmi olarak bilinir.

**Kuvvet (Force):** 3 boyutlu bir cismin hareket etmesine, dönmesine, büyüklüğünün veya şeklinin değişmesine neden olan eylemdir. Hem yönü hem de büyüklüğü olan vektörel bir niceliktir.

**Basınç (Pressure):** Birim alana uygulanan dış kuvvet veya bir yüzeye etki eden dik kuvvetin birim alana düşen miktarıdır. Örneğin; su ısıtıcısındaki buhar basıncı, baraj yüzeyine karşı su basıncı veya istinat duvarına karşı toprağın(zeminin) basıncı.

**Kütle (Mass):** Cisimdeki madde miktarına kütle denir. Mekanikteki çoğu problem için kütle sabit olduğu kabul edilir.

**Ağırlık (Weight):** Bir cismin maruz kaldığı yerçekimi ile cismin yer kabuğunun merkezine hareketini sağlayan kuvvettir.

**Yoğunluk (Density):** Cismin birim hacmindeki kütleyle yoğunluk denir.

**Yük (Load):** Cisme uygulanan mekanik kuvvet.

**Moment (Moment):** Kuvvetin eksen yönünde döndürme etkisine denir.

## Ölçübilimine Giriş

Ölçme herhangi bir değeri kendi cinsinden bir değerle mukayese etmeye denir. Bu derste Uluslararası Ölçü birim sistemi (SI) kullanılacaktır. Örnek Tablo 1' de görülmektedir.

Tablo 1. Uluslararası Ölçü birim sistemi (SI)

Faktör	Ön Ek	SI Sembol
$1.000.000.000=10^9$	Giga	G
$1.000.000=10^6$	Mega	M
$1.000=10^3$	Kilo	k
$0.001=10^{-3}$	Mili	m
$0.000.001=10^{-6}$	micro	$\mu$
$0.000.000.001=10^{-9}$	nano	$\eta$

Kütle olarak gram(gr), uzunluk olarak metre(m), kuvvet olarak Newton(N), basınç olarak Pascal (Pa- N/m<sup>2</sup>) kullanılacaktır.

Pascal

$$1\text{Pa}=\text{N}/\text{m}^2 \quad 1\text{MPa}=10^6 \text{N}/\text{m}^2$$
$$\text{MPa} \text{ ---- } \text{MN}/\text{m}^2 \quad \text{N}/\text{mm}^2 = 10^6 \text{N}/\text{m}^2 = \text{MPa}.$$

### Statik ve Mukavemetin Tanımı:

Mekaniğin alt bölümü olan statığı tanımlayabilmek için mekaniği tanımlamak gerekir.

**Mekanik;** kuvvetlerin etkisi altında cisimlerin durağan ve hareket şartlarını anlatan ve inceleyen bilim dalıdır. 3 ana bölüme ayrılır;

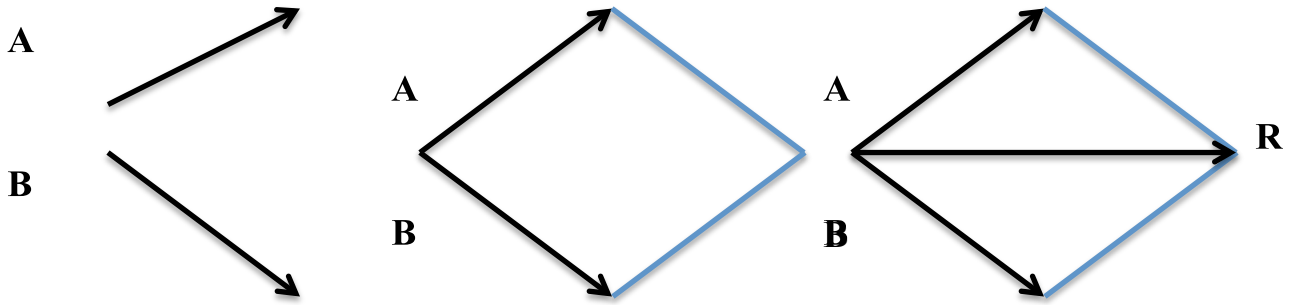
1. Şekil değiştirmeyen (Rijit) Cisim Mekaniği
  - a. Statik
  - b. Dinamik
2. Elastik Cisim Mekaniği
  - a. Mukavemet
3. Akışkanlar Mekaniği
  - a. Sıkıştırılabilen Akışkanlar
  - b. Sıkıştırılmayan Akışkanlar.

Yukarıda görüldüğü üzere şekil değiştirmeyen cisim mekaniği kendi içinde 2 alt grubu ayrılır. **Statik;** Şekil değiştirmeyen (rijit) cisimler mekaniğinde cismin dengesini ele alır yani dengede bulunan cisimler ile **dinamik;** ise hareket halindeki cisimler ile ilgilenir.

**Statik;** dört temel ilkeye dayanır: 1. Paralel Kenar ilkesi, 2. Denge ilkesi, 3. Süperpozisyon, ve 4. Etki-Tepki ilkesi.

### 1. Paralel Kenar İlkesi;

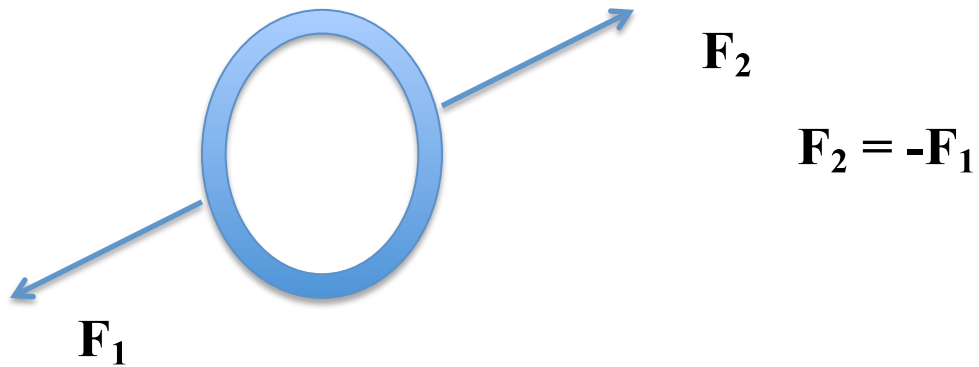
Bir rijit cisme etki eden kuvvet aynı etkiyi gösterecek iki kuvvete ayrılabilir. Bu durumun tersi de mümkündür. Yani rijit cisme etki eden iki kuvvetin yerine “*bileşke*” adı verilen tek kuvvet ile ifade edilebilir ve aşağıda görüldüğü gibi kuvvetlerin kenarlarından paralel kenarları oluşturarak vektörel toplam *bileşke* kuvvet oluşturulur(Şekil 1).



Şekil 1.Paralel Kenar ilkesi

### 2. Denge ilkesi;

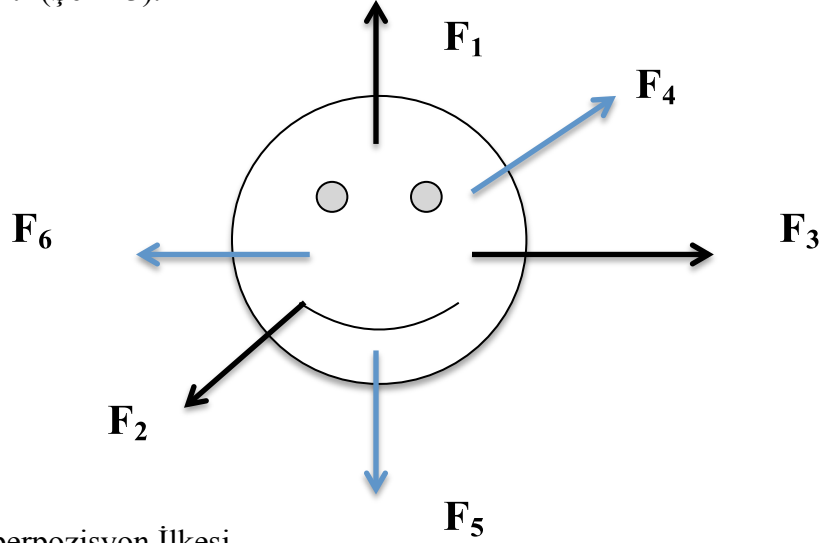
Bir rijit cisme etki eden iki kuvvetin büyüklükleri aynı ve yönleri ters ise cisim dengededir(Şekil 2). Bir çok kuvvet etki ediyorsa bu kuvvetlerin vektörel toplamı sıfır olmalıdır.



Şekil 2. Denge ilkesi

### 3.Süperpozisyon İlkesi;

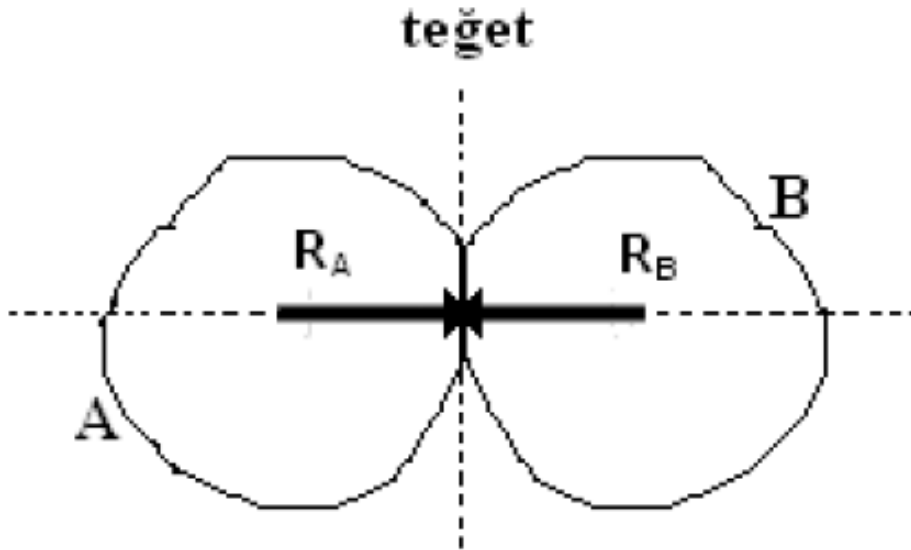
Bir rijit cisim birçok kuvvetin etkisi altında ise, bu kuvvetlerin arasından dengede olan bir grup kuvvetin çıkarılması yada denge halindeki bir grup kuvvetin eklenmesi dengeyi bozmayacaktır(Şekil 3).



Şekil 3. Süperpozisyon İlkesi

### 4. Etki-Tepki İlkesi;

Birbirine dayalı iki cismin dayandıkları noktada kuvvetlerin doğrultusu ve şiddetleri aynı fakat yönleri terstir(Şekil 4).



Şekil 4. Etki Tepki İlkesi

## Bileşen ve Bileşke, (Component and Resultant)

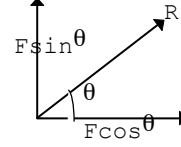
### 1.Bileşen:

i ) yatay bileşen (açıya yakın olan)

$$F_x = R \cos \theta$$

ii ) dikey bileşen (açıdan uzak olan)

$$F_y = R \sin \theta$$

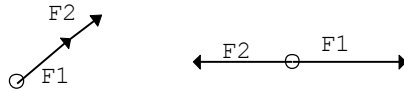


### 2.Bileşke:

#### 2.1 Bir Maddesele Etkiyen Kuvvetlerinin Bileşkesi ( R):

a ) Aynı uygulama çizgisi olan iki kuvvetin bileşkesi :

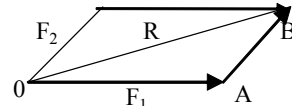
$$R = F_1 + F_2$$



$$R = F_1 + (-F_2) = F_1 - F_2$$

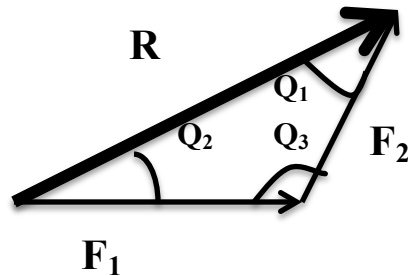
b) İki ayrı uygulama çizgisi olan iki kuvvetin bileşkesi:

- **Grafik Metodu** : F1 kuvvetinin A ucundan F2 kuvvetine paralel çizilir ve elde edilen B noktasıyla 0 noktası birleştirilerek bileşke kuvvet ( R) bulunur.



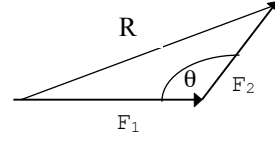
- **Sinüs Teoremi** : Üçgen oluşturan üç kuvvet sistemi düşünüldüğü zaman her kuvvetin karşısındaki açının sinüsüne oranı eşittir. Bu eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\frac{F_1}{\sin \theta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2} = \frac{R}{\sin \theta_3}$$



- **Kosinüs Teoremi** : Üçgen oluşturan kuvvet sisteminde iki kuvvet ve aralarındaki açının değeri biliniyorsa. bileşkenin denklemi :

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos \theta$$

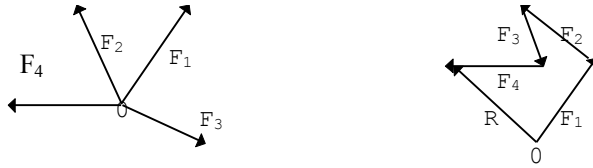


iii ) **Bir noktada uygulama çizgileri buluşan ikiden fazla kuvvet sisteminin bileşkesi:**

**-Grafik Metodu:**

İlk önce hangi kuvvetten başlanacağına ve hangi yönde (saat yönünde veya saat yönünün aksi) olacağına karar verilir.

Örneğin aşağıdaki kuvvet sistemi için F1 kuvvetten başlayarak O noktadan orijinal kuvvete paralel bir çizgi çizilerek ve kuvvetin değeri alınır ve aynı yöntemi kullanarak F2,F4,F3 çizilir. Başlangıç 0 noktasıyla son kuvvetin ucu birleştirilir. Bu iki noktanın arasındaki mesafe **bileşke** kuvveti oluşturur ve yönü de bileşkenin yönünü belirler.



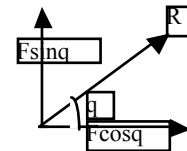
- **Bileşen Metodu:** Bu yöntem ile önce her kuvvet birleşenlerine ayrılır. Duruma bağlı olarak iki boyutluda X- birleşen ve Y- birleşenler iken üç boyutluda X-bileşen, Y-bileşen ve Z-bileşen olarak belirlenir.

i ) **yatay bileşen (açıya yakın olan)**

$$F_x = R \cos \theta$$

ii ) **dikey bileşen (açıdan uzak olan)**

$$F_y = R \sin \theta$$



X ve Y yönlerindeki bileşenler alcebrik olarak toplanır ve her yönde bir bileşke Rx ve Ry ile sonuçlanır,

$$R_x = \sum F_x \text{ ve } R_y = \sum F_y$$

Son olarak poligon kuralı kullanarak bileşke değeri R ve yön theta bulunur.

$$R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}, \quad \tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

### ***Mukavemet:***

Kirişlerin eğilme sorunuyla ilgili ilk olarak **Galilei** (1654-1722) uğraşmıştır. Fakat kirişte çekme ve basınç gibi bölgelerin bulunduğunu fark edememiştir.

Kuvvet ve şekil değiştirme arasındaki ilk matematiksel ilişki **Robert Hooke** (1635-1703) tarafından kuruldu.

Eğilmeye çalışan kirişteki iki çeşit normal gerilme bulunacağını ilk fark edenler arasında **Moriotte ve Leibnitz** bahsetmek gerekir.

**Bernoulli** 1694 yılında eğrilik ile moment arasındaki orantılılığı ileri sürdü.

**Navier** ise kiriş teorsinin geliştiren ve çeşitli mühendislik problemlerinin çözümünü sağlamıştır.

Mukavemet ve Elastisite teorisinin geliştirilmesinde katkısı olan **Poisson, de Saint-Venant, Maxwell, Kirchhof, Mohr, Engesser** gibi isimler sayılabilir.

Cisimlerin mukavemeti, şekil değiştirebilen katı cisimlerin üzerine etkiyen dış yükler altındaki davranışlarını, biçim değişikliklerini inceler.

Mukavemetin temel amacı “**boyutlandırma**” dır.

Boyutlandırma yaparken de şu iki koşulu göz önüne almak zorundadır;

#### ***1. Güvenlik Koşulu***

Herhangi bir yapı elemanı hiçbir zaman salt normal koşullarda üzerine düşebilecek dış yüklere dayanabilecek şekilde boyutlandırılmaz. Değişebilecek şartlar göz önüne alınması gerektiği için boyutlar büyük tutulur. Buna güvenlik şartı denir.

#### ***2. İktisat Koşulu***

Lüzumsuz malzeme ve işçilik sarfından kaçınarak, yapı elemanlarına yeter boyut vermeyi öngörür.

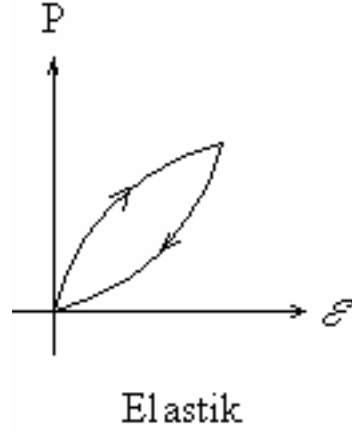
#### ***3. Estetik Şart***

Üçüncü olarak göz önüne alınması gereken bir konstrüksiyonun sağlam ve ekonomik olmasının yanı sıra zarif görünmesi de gerekir.



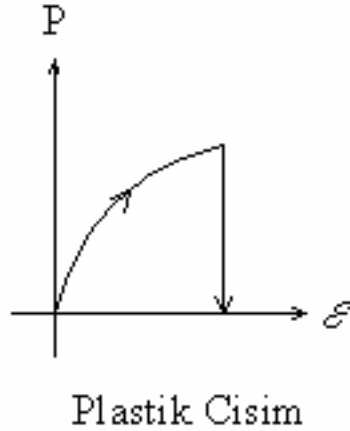
### İdeal Kavramlar

Mukavemette kullanılan ideal kavramlar arasında tam elastik cisim ve tam plastik cisim sınırda olan iki cismi gösterir. **Tam elastik** , dış etkinin neticesiyle şekil değiştiren cisimde, dış etkinin kalkmasıyla birlikte tekrar eski şekline geri gelmesidir (Şekil. 5).



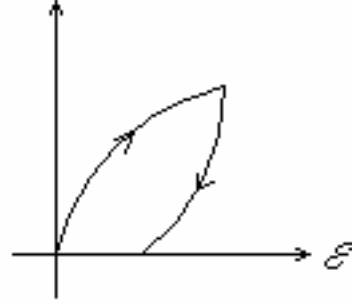
Şekil 5. Tam Elastik Cisim Diyagramı.

Tam tersi durumda ise yani **tam plastiklik**, cisim üzerinden dış etki ortadan kaldırılmasına rağmen cisimde meydana gelen şekil değişimi kalır(Şekil 6).



Şekil 6. Tam Plastik Cisim Diyagramı.

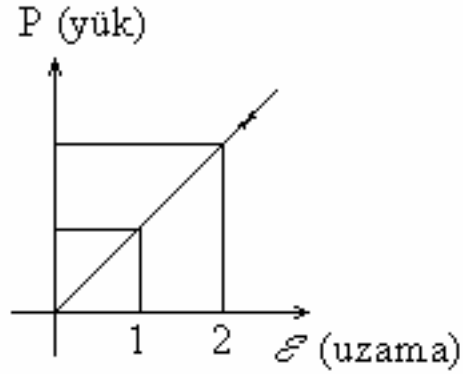
Cisimler genel olarak, yukarıda bahsedilen ideal durumların arasında bir davranış sergiler. Cismin maruz kaldığı dış etken geri dönerken şekil değiştirmenin bir kısmı geri dönerken bir kısmı da kalır.



Elasto-Plastik Cisim

Şekil 7. Elasto-Plastik Cisim Diyagramı.

Bunların dışında, bir cisim, kendisine uygulanan dış etkinin küçük değerleri için elastik davranış göstermesine rağmen, yüksek değerlere ulaşan dış etkiyle plastik davranış sergileyebilir. Bu nedenle mukavemet için önemli kavramlardan bir tanesi de, dış etkiler ile şekil değişimi arasındaki bağıntıyı tanımlayan **şekil değiştirme** kanunudur. Bu kanunun cisimden cisime karmaşıklık göstermesine rağmen ilk basit kanun **Robert Hooke** tarafından verilmiştir. **Hooke kanunu**; “Kuvvet ne kadarsa uzama o kadardır” bu cümleden de anlaşılmaktadır ki kuvvetle şekil değiştirme arasında lineer bir bağlantı vardır(Şekil 8).



Doğrusal Elastik

Şekil 8. Hooke kanununa örnek diyagram.