

## D.46 KUVVET MASASI İLE DENEYLER

### Deneyin Konusu

I- Bir noktaya etkiyen iki kuvveti dengeleyen üçüncü kuvvetin, kuvvet masası yardımıyla deneysel olarak belirlenmesi.

II- Üç kuvvetin bileşenlerinin grafiksel ve analitik yöntemlerle incelenmesi.

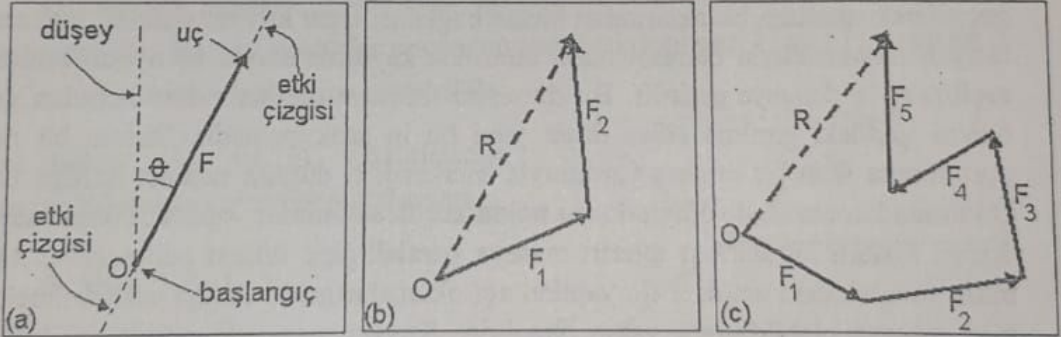
### Deneyde Kullanılan Araçlar

Açı ölçekli kuvvet masası, küçük sürtünmeli üç adet makara ve makara tutucu mengene, ipler, kütle takımı, , üç adet kütle askısı, cetvel ve iletke

**UYARI:** Her bir makara ipine asılan kütle miktarı en çok 200 gram olabilir.

### GENEL BİLGİ

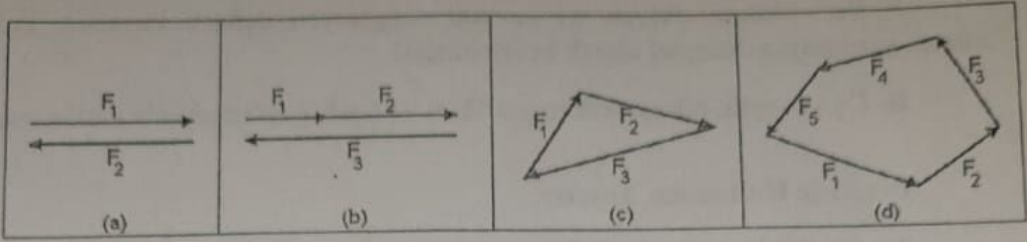
Vektörel bir nicelik olan kuvvet, büyüklüğü ve yönüyle tanımlanır. Herhangi bir vektör niceliği ise şekil 46.1 (a) daki gibi verilen yönde ve uzunluğu vektörün ölçü sayısı ile orantılı çizilen bir okla gösterilir.  $F_1$  ve  $F_2$  gibi iki kuvvetin  $R$  toplamını grafik yöntemiyle çizmek için şekil 46.1 (b) de görüldüğü üzere  $F_1$  in ucuna  $F_2$  kuvveti verilen yönde çizilir. Birinci kuvvetin başlangıcını ikinci kuvvetin ucuna birleştiren  $R$  vektörü toplam kuvveti belirtir. İki kuvvetin toplamını veya



Şekil 46-1. (a) Bir  $F$  vektörünün gösterimi, (b) İki kuvvetin  $R$  bileşkesinin çizimi (üçgen kuralı), (c) Beş kuvvetin  $R$  bileşkesinin çokgen kuralı ile çizimi

bileşkesini bu tarzda bulmaya üçgen kuralı denir. İki den çok kuvvetin toplamı, şekil (c) de görüldüğü gibi, kuvvetlerden birinin başlangıç noktası bir diğerinin ucuna gelecek şekilde art arda verilen yönde çizildikten sonra ilk kuvvetin başlangıç noktasını, son çizilen kuvvetin ucuna birleştirerek bulunur. Şekil 46.2 (c) ve (d) de görüldüğü gibi kuvvetler çokgeni kendi üzerine kapalı ise bileşke kuvvet sıfır olup

verilen kuvvetler birbirini dengelemiştir. Şekil 46.2'de, toplamları sıfır olan kuvvetlere bazı örnekler verilmiştir. Bir cisme etkiyen bileşke (net) kuvvet sıfır ise cisim öteleme hareketi bakımından dengededir, yani hızını değiştirmez.



Şekil 46-2. Toplamları sıfır olduğu için denge durumunda olan kuvvetlere dört farklı örnek

## KUVVET MASASI

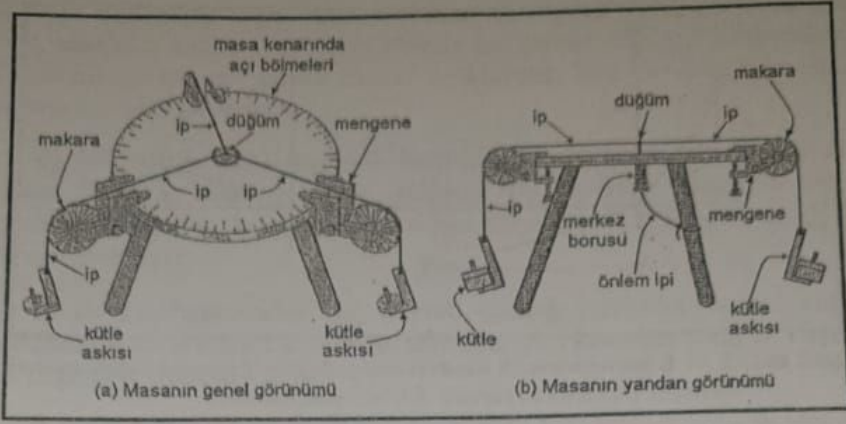
Kuvvet masası, denge durumundaki kuvvet vektörlerinin toplanması işlemini göstermede kullanılır. Kuvvetler makaralardan geçen ipin ucuna asılan kütlelerin ağırlıklarıyla oluşturulur. Farklı açılarda yerleştirilmiş makaralara asılan ağırlıklarla farklı açılarda kuvvetler oluşturulmakta ve bu kuvvetler diğer makaralara asılan ağırlıklar yardımıyla dengelenmektedir. Örneğin  $120^\circ$ 'lik açılarla kuvvet masası üzerine yerleştirilmiş üç makaraya üç eşit kütle asıldığında sistem dengededir. Kütleler, makaralar üzerinden geçen iplerin ucuna bağlanmış askılar üzerine yerleştirilir. Bu üç ipin diğer uçları düğümlenerek birleştirilmiştir. Denge şartı sağlandığında, düğüm noktası dairesel masanın merkezine gelir. Dengelenmenin yapılmaya çalışıldığı süreçte kütlelerin askılarıyla birlikte düşmelerini engellemek için düğüm noktasına bağlanan dördüncü bir ip masanın merkezindeki boru içinden geçirilerek masanın bacaklarından birine bağlanır. Üçlü kuvvet sistemi, makaraları taşıyan mengenelerin dairesel masa etrafında kaydırılmasıyla ve uygun kütlelerin seçilmesiyle dengeye getirilir. Bu durumda masanın merkezindeki borudan geçen önlem ipindeki gerilme sıfıra düşer yani bu ip artık boştaadır. Sistem bu denge durumunda iken bir cımbız yardımıyla merkezdeki düğüm noktası hafifçe denge konumundan uzaklaştırıldığında, bu nokta küçük salınımlar yaparak tekrar merkeze döner. Sistem kurulurken iplerin masaya paralelliğine dikkat edilmelidir. Ayrıca masa çevresindeki açıölçer ile yapılan açı okumalarındaki hatayı azaltabilmek için ipler masaya olabildiğince yakın olmalıdır. Kuvvet masasının yapısı şekil 46.3'te görülmektedir.

## DENEYİN YAPILIŞI

### I- İki kuvveti dengeleyen üçüncü kuvvetin belirlenmesi

Deneyde bileşke kuvvet üç ayrı yöntemle bulunacaktır: (a) Deneysel yöntem, (b) Analitik yöntem ve (c) Grafıksel yöntem.





Şekil 46-3. Kuvvet masasının yapısı

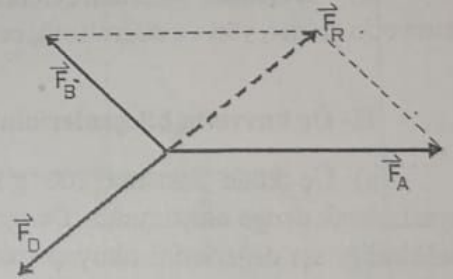
a) **Deneysel yöntem:** Dengelenecek iki kuvvet, kuvvet masasında belirlenen konumlardaki makaralardan geçen iplerin ucuna istenilen kütleler asılarak uygulanır. Bundan sonra üçüncü makaradan geçen ipe asılı olan kütle miktarı ve bu kütleyle etkileyen yerçekimi kuvvetinin (kütlelerin ağırlığının) etki çizgisinin açısal konumu, diğer iki kuvveti dengeleyecek şekilde değiştirilerek ayarlanır. Bu dengeyi kuran üçüncü kuvvete **dengeleyici kuvvet** denir. Örneğin şekil 46-4'te  $F_A$  kuvvetiyle  $F_B$  kuvvetinin bileşkesi  $F_R$  kuvvetidir.  $F_D$  dengeleyici kuvveti,  $F_R$  bileşke kuvvetine zıt yönde eşit olup onu dengelemiştir: ( $F_R = F_A + F_B = -F_D$ )

b) **Analitik yöntem:** Verilen iki kuvvet, dik koordinat eksenleri üzerindeki izdüşümleri olan bileşen vektörler cinsinden yazılarak toplanır.  $\hat{i}$  ve  $\hat{j}$ , sırası ile X ve Y doğrultularındaki birim vektörler olmak üzere  $\vec{A}$  ve  $\vec{B}$  vektörlerinin, Kartezyen bileşenleri cinsinden açılımları,

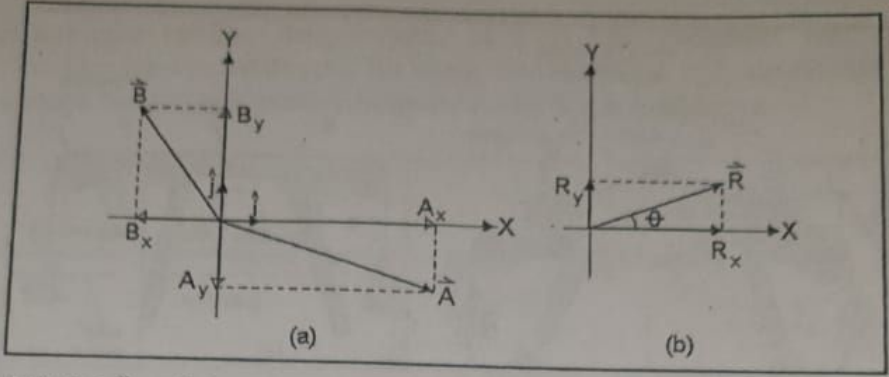
$$\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j},$$

$$\vec{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j}$$

şeklindedir (Şekil 46.5). Bu vektörlerin toplamı ise X ve Y bileşenleri ayrı ayrı toplanarak bulunur:



Şekil 46-4.  $F_D$  kuvveti,  $F_A$  ve  $F_B$  kuvvetlerinin bileşkesi olan  $F_R$  kuvvetini dengeler.



Şekil 46-5.  $\vec{A}$  ve  $\vec{B}$  kuvvetlerinin dik koordinat düzeninde X ve Y eksenleri doğrultusundaki bileşenleri, (b) Anılan iki kuvvetin  $\vec{R}$  bileşkesinin bulunması.

$$\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x)\hat{i} + (A_y + B_y)\hat{j} = \vec{R} = R_x\hat{i} + R_y\hat{j}.$$

Bileşke vektörün büyüklüğü,

$$R = |\vec{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

ve yatay eksen ile yaptığı açı ise

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

bağıntıları ile hesaplanır.

c) **Grafiksel yöntem:** Genel bilgi kesiminde belirtildiği gibi, bileşke kuvvetin şiddet, yön ve doğrultusu, cetvel ve açıölçer yardımı ile belirlenir.

## II- Üç kuvvetin bileşenlerinin grafiksel ve analitik yöntemle incelenmesi

a) Üç kütle askısına 100 g'lık kütleler asarak ve makaraların yerlerini ayarlayarak denge oluşturunuz. Denge konumunda iken kuvvetlerin etki çizgilerinin belirlediği açı değerlerini okuyup yazınız. Kuvvetleri ve aralarındaki açuları grafik kağıdına aktararak oluşan dengenin vektör diyagramını çiziniz.

b) İki makaranın konumunu, etki çizgileri olan ipler arasındaki açı  $120^\circ$  olacak durumda ayarlayınız. Sonra iplerden birinin ucuna 100 g diğerine'de 50 g'lık kütle asınız. Bu iki kütleyle etkiyen yerçekimi kuvvetlerini dengelemek üzere üçüncü makaradan geçen ipin ucuna asılması gereken dengeleyici kuvvetin hesapla belirlenmesi için, diğer iki kuvvetin bileşkesini, analitik ve grafik yöntem ile bulunuz. Sonra bulduğunuz kütleyle üçüncü ipin ucuna asınız ve açısal konumunu ayarlayarak dengeyi sağlayınız.

c) Oluşturduğunuz denge konumunda kuvvetlerin durumunu, açıölçer kullanarak milimetrik kâğıt üzerine çiziniz. Çizdiğiniz diyagramda dengeleyici kuvvet, bileşke kuvvetle aynı büyüklükte ve ters yönde çıktı mı? Kütle askılarının kütlelerini hesaba katmak gerekli midir? Açıklayınız. Net kuvvetin sıfır olduğunu diyagram üzerinde gösteriniz.

d) Milimetrik kağıt üzerinde birbirine dik X ve Y eksenlerini çiziniz. Askılara eklenen kütlelerle elde ettiğiniz üç kuvveti, çizdiğiniz eksenler doğrultusundaki bileşenlerine ayırarak denge durumunda  $\sum F_x = 0$  ve  $\sum F_y = 0$  olduğunu gösteriniz.

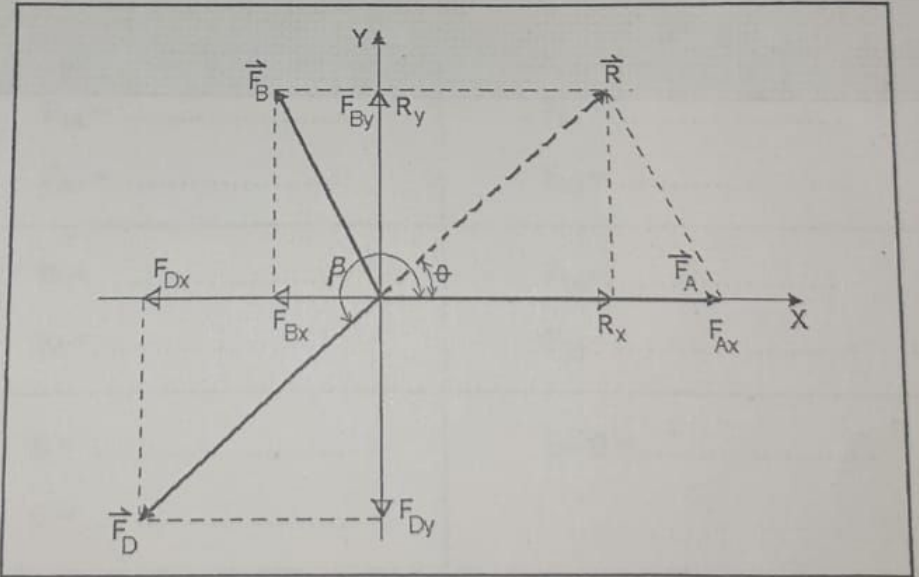
e) Denge durumundaki üç kuvveti çizerek kuvvetler üçgeni elde edip etmediğinizi kontrol ediniz. Bulduğunuz dengeleyici kuvvetin yönü ve büyüklüğü, teorik değerlerle uyumlu mudur?

f) Bulduğunuz tüm bu sonuçları sistemdeki hata kaynaklarını da göz önünde bulundurarak yorumlayınız.

g) Deney (b)'de oluşturduğunuz denge konumundaki kuvvetleri şekil 46.6'ya benzer bir biçimde çiziniz..  $\vec{F}_A$  ve  $\vec{F}_B$  kuvvetlerinin bileşkesi  $\vec{R}$  ve bunu dengeleyen kuvvet ise  $\vec{F}_D$  dir. Çizdiğiniz diyagramdan yararlanarak bulduğunuz değerleri 266. sayfadaki çizelgeye yazınız

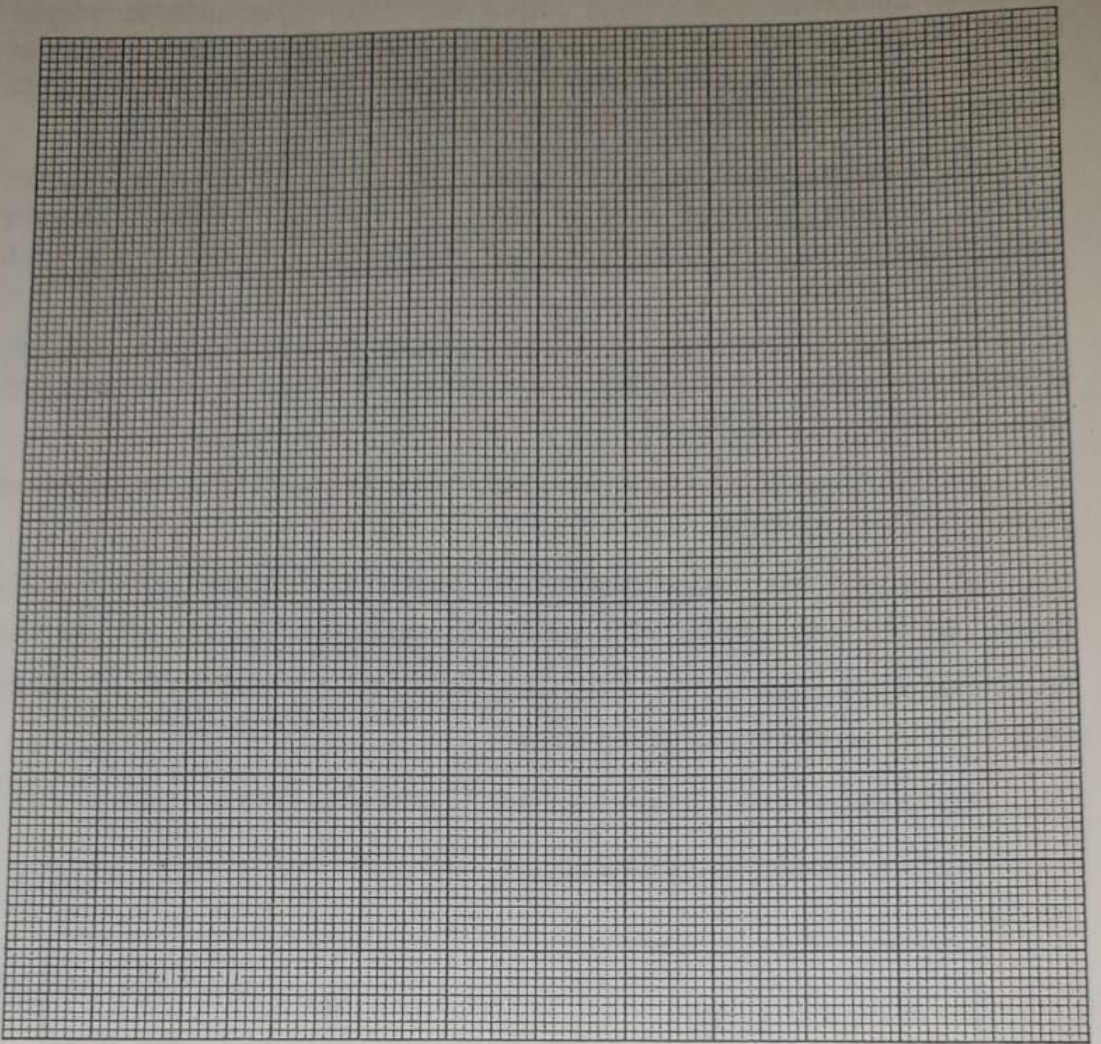
h) Deneydeki hata kaynakları nelerdir? Tartışınız.

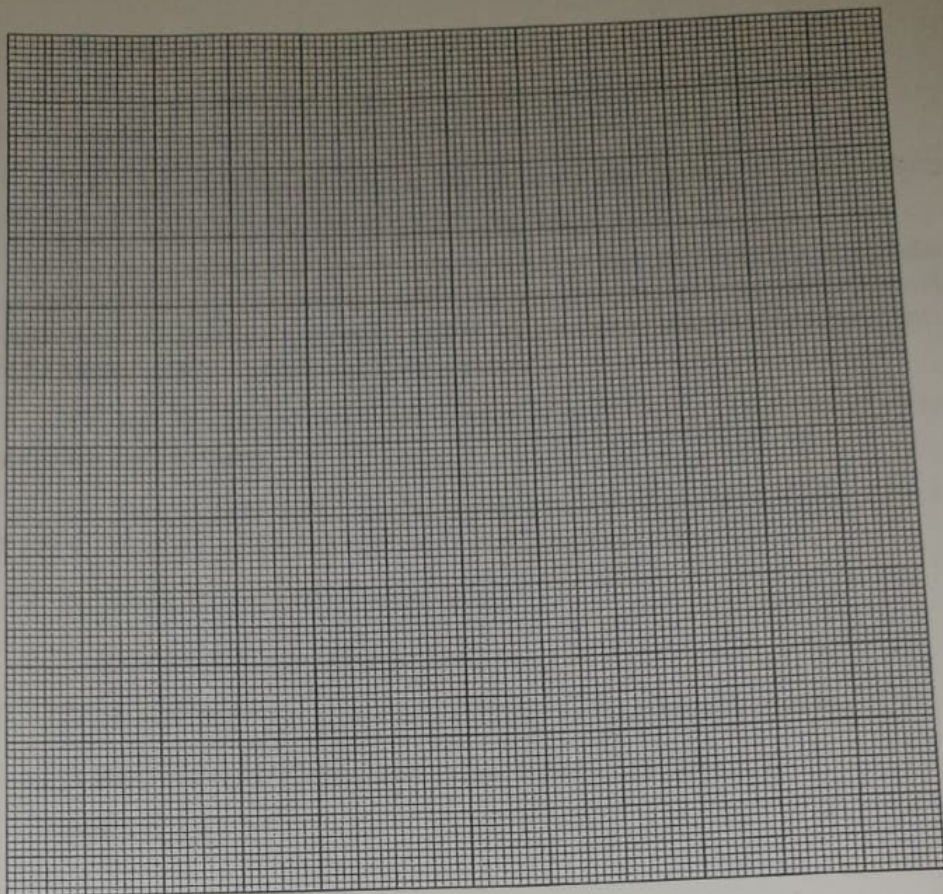
1) Makaralardaki sürtünmeyi ölçmek için bir yöntem öneriniz.



Şekil 46-6. X ve Y dik koordinat sisteminde ve  $\vec{F}_A$  ve  $\vec{F}_B$  kuvvetlerinin  $\vec{R}$  bileşkesinin ve bunu dengeleyen  $\vec{F}_D$  kuvvetinin X ve Y eksenleri doğrultusundaki bileşenleri cinsinden belirlenmesi







$F_{Ax} = \dots\dots\dots$	$F_{Bx} = \dots\dots\dots$
$F_{Ay} = \dots\dots\dots$	$F_{By} = \dots\dots\dots$
$R_x = \dots\dots\dots$	$F_{Dx} = \dots\dots\dots$
$R_y = \dots\dots\dots$	$F_{Dy} = \dots\dots\dots$
$\beta = \dots\dots\dots$	$\beta - \theta = \dots\dots\dots$
$\theta = \dots\dots\dots$	
$\Sigma F_x = \dots\dots\dots$	$\Sigma F_y = \dots\dots\dots$