

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ

KUVVET VE BİLEŞKE

Ankara, 2014

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. KUVVETLERİN BİLEŞKESİ	3
1.1. Fonksiyonlu (Bilimsel) Hesap Makinesi Kullanımı	3
1.2. Açıların Trigonometrik Değerleri	6
1.3. Kuvvet Ve Kuvvetlerin Bileşkesi	8
1.3.1. Kuvvet	8
1.3.2. Kuvvetlerin Bileşkesi.....	8
1.3.3. Aynı Doğrultudaki Kuvvetlerin Bileşkesi	9
1.3.4. Kesişen İki Kuvvetin Bileşkesi.....	9
1.3.5. Paralel Kuvvetlerin Bileşkesi	10
1.3.6. Kesişen İki Kuvvetin Fazla Kuvvetin Bileşkesi	11
UYGULAMA FAALİYETİ	12
ÖLÇME DEĞERLENDİRME.....	13
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	14
2. KUVVETLERİ BİLEŞKELERİNE AYIRMA	14
2.1. Bir Kuvveti İki Bileşene Ayırma	14
2.1.1. Grafik Yöntemi.....	14
2.1.2. Hesap Yöntemi	16
2.2. Bir Kuvveti İki Kuvvetten Çok Bileşene Ayırma.....	18
2.2.1. Kuvvetler Üçgeni.....	18
2.2.2. Kuvvetler Paralelkenar Yöntemi	18
UYGULAMA FAALİYETİ	20
ÖLÇME DEĞERLENDİRME.....	22
MODÜL DEĞERLENDİRME	23
CEVAP ANAHTARLARI.....	25
KAYNAKÇA	26

AÇIKLAMALAR

ALAN	İnşaat Teknolojisi/Teknolojileri
DAL/MESLEK	Dal ortak
MODÜLÜN ADI	Kuvvet ve Bileşke
MODÜLÜN TANIMI	Kuvvet ve bileşke hesaplarını matematiksel ve fizik teoremlerine göre yapılmasına yönelik bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Kuvvet ve bileşke hesapları yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında kuvvet ve bileşke hesaplarını kuralına uygun olarak yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Kuvvetlerin bileşkelerini hesaplayabileceksiniz.2. Kuvvetleri bileşkelerine ayırabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye, sınıf ve laboratuvar ortamı Donanım: Gönye, paralel cetvel, 'T' cetveli, resim kalemi, silgi, çizim kâğıdı, yapıştırıcı bant, fonksiyonlu hesap makinesi
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan, her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modülün sonunda, size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru-yanlış, vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bir binanın türü, işlevi ve amacı ne olursa olsun öncelikle çeşitli hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Bu hesaplamaların binanın güvenliğine olduğu kadar sağlamlığına da büyük katkısı vardır. Binayı etkileyen iç ve dış etkenlerin hesaplamalarında da fizik kanunlarından yararlanılmaktadır.

Bu modülle binayı etkileyen kuvvet çeşitleri ve hesaplamaları hakkında ön bilgi ve beceri sahibi olacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda gerekli ortam sağlandığında kuvvetlerin bileşkelerini hesaplayabileceksiniz.

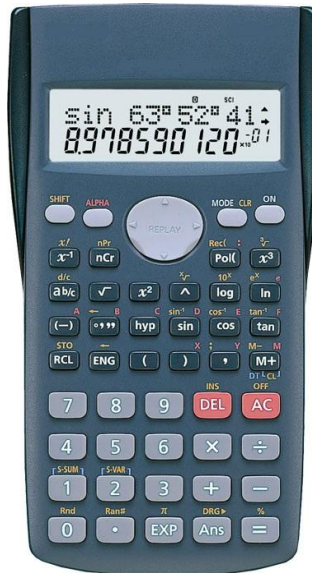
ARAŞTIRMA

- Kuvvet hakkındaki görüşlerinizi sınıf içerisinde öğretmen ve arkadaşlarınızla tartışınız.
- İnternette kuvvet ve bileşke arasındaki ilişkiyi araştırınız.

1. KUVVETLERİN BİLEŞKESİ

1.1. Fonksiyonlu (Bilimsel) Hesap Makinesi Kullanımı

Teknoloji ve fen dünyası geliştikçe hesaplamalar da gelişmekte ve kâğıt üzerinde çözülemeyecek kadar karmaşık bir hal almaktadır. İlk hesap makineleri sadece dört işlem yapabiliyorken bugün fonksiyonlu (bilimsel) hesap makineleri ile her türlü matematiksel işlem kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu konuyla fonksiyonlu bir hesap makinesinin temel kullanım kurallarını göreceğiz.



Resim 1.1: Fonksiyonlu hesap makinesi

➤ **Makinenin temel ayarları (MODE)**

MODE tuşu ile en temel ayarları yapınız. MODE tuşunu her tıkladığınızda ekranda farklı ayar seçenekleri çıkar.

MODE tuşuna bir defa basınca:

COMP	SD	REG
1	2	3

görüntülenir. **COMP** aritmetik hesaplarda, **SD** istatistik hesaplarda, **REG** eğri uydurma hesabında kullanılır. 1, 2 veya 3'ü tuşlayabilirsiniz. Burada aritmetik hesap yapacağımız için 1 tuşlayın.

MODE tuşuna iki defa basınca:

Deg	Rad	Gra
1	2	3

görüntülenir. **Deg** derece, **Rad** radyan **Gra** grad anlamındadır. Hesaplamak istediğiniz açı derece cinsinden ise 1'i, radyan cinsinden ise 2'yi, grad cinsinden ise 3'ü tuşlayın.

MODE tuşuna üç defa basınca:

Fix	Sci	Norm
1	2	3

görüntülenir. Bu durumda 1'i tuşlarsanız **Fix**, 2'yi tuşlarsanız **Sci** 3'ü tuşlarsanız **Norm** seçilmiş olur.

Fix seçeneği ondalık işaretinden sonra kaç hane görüntüleneceğini ayarlamak için kullanılır. 1'i tuşlarsanız ekranda Fix 0~9? görünür. Bununla makineniz size ondalık işaretinden sonra kaç hane görüntülemek istediğinizi sormaktadır. 0 ile 9 arasında bir rakamı tuşlayabilirsiniz.

Fix 0~9? görüntülendiğinde 0'ı tuşlarsanız makineniz artık sayıları tam sayı olarak yuvarlayarak gösterecektir. $1 \div 3 = 0$ ve $5 \div 3 = 2$ olarak hesaplanacaktır.

Fix 0~9? görüntülendiğinde 4'ü tuşlarsanız makineniz artık ondalık işaretinden sonra 4 hane gösterecek ve 4. hane yuvarlanacaktır. $1 \div 3 = 0.3333$ ve $5 \div 3 = 1.6667$ olarak hesaplanacaktır.

Fix 0~9? görüntülendiğinde 9 tuşlarsanız, makineniz artık ondalık sayısından sonra 9 hane gösterecek ve 9. hane yuvarlanacaktır. $1 \div 3 = 0.33333333$ ve $5 \div 3 = 1.66666667$ olarak hesaplanacaktır.

Sci seçeneği sayıları 10'un kuvvetleri olarak gösterir. Sci seçilince ekranda Sci 0~9? görüntülenir. 0 ile 9 arasında bir rakamı tuşlayabilirsiniz.

Norm küçük sayıları otomatik olarak 9 haneli fix gibi, büyük sayıları Sci gibi görüntüler. Norm 1~2? seçeneği vardır.

Genel olarak **Comp Deg Norm 1** uygundur. Özel durumlarda ayarı değiştiriniz; fakat tekrar **Comp Deg Norm 1** ayarına dönmeyi unutmayınız. Her yeni hesapta ayarları kontrol ediniz.

Fonksiyonlu hesap makinelerinde işlem sırası şu şekildedir:

1. Soldan sağa doğru sırayla önce üstel ifadeleri (kuvvet, kök gibi), sonra çarpma ve bölmeyi, sonra toplama ve çıkarmayı yapar.
2. Parantez varsa 1.maddede verilen sırada önce parantez içini hesaplar.
3. İç içe parantez varsa ilk önce en içteki parantezli ifadeyi 1.maddede verilen sırada hesaplar.

Örnek:

$$8-2x3+\frac{3(4^2+1)}{2}=27.5 \text{ işlemini fonksiyonlu makine nasıl hesaplar?}$$

Yukarıdaki işlemde önce parantez içindeki üstel ifadeyi hesaplar,

$$8-2x3+3x(16+1)\div 2$$

Sonra parantez içini hesaplar,

$$8-2x3+3x(17)\div 2$$

Sonra soldan sağa doğru çarpma ve bölmeleri hesaplar,

$$8-6+25,5$$

Sonra soldan sağa toplama çıkarmaları yaparak 27,5 sonucunu bulur.

Bu kural iyi bilinmediği takdirde sonuç hatalı olacaktır. Bu kurala göre gerektiğinde parantez kullanarak işlem sırasını değiştirmemiz gerekir.

➤ Trigonometrik ayarlar

Makinenizin doğru açı birimine ayarlı olduğundan emin olunuz. Mesela makineniz radyana ayarlı iken 30 derecenin sinüs değerini hesaplırsanız $\sin 30 = -0,9880..$ (yanlış) olacaktır. Doğru hesaplama için ya makinenizi dereceye ayarlamanız ya da 30 derecenin radyan karşılığını vermeniz gerekir. Makineniz radyanda iken $\sin(30 \times \pi \div 180) = 0,5$ (doğru) hesaplanır veya makinenizi dereceye ayarladıktan sonra $\sin 30 = 0,5$ (doğru) hesaplanır.

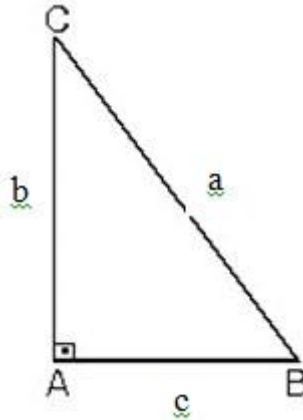
Piyasada çeşitli fonksiyonlu hesap makineleri vardır. Şekilleri birbirinden farklı olsa da bu makineler temelde aynı kurallar kapsamında işlem yapar.

Hesap makinenizin kullanım kitapçığını okuyunuz. Elinizde yoksa marka ve modelini yazarak internetten indiriniz.

Örnek: Casio fx-82ms için google'da casio fx-82ms users manual yazarak arayınız.

1.2. Açıların Trigonometrik Değerleri

Matematikte karşımıza sık sık çıkan çeşitli açı ve üçgenler vardır. İnşaat sektöründe özellikle inşaat ile ilgili hesaplamalarda karşımıza çıkan bu açı ve üçgenlerin trigonometrik değerlerini bilmemiz gerekir. Şimdi bu değerleri tanıyalım.



Şekil 1.1: Dik üçgen

Bir dik üçgende hipotenüs uzunluğu a, dik kenarlar b ve c olsun.

$\sin C = \text{karşı dik kenar uzunluğu} / \text{hipotenüs uzunluğu}$

$$\sin C = c / a$$

$\cos C = \text{komşu dik kenar uzunluğu} / \text{hipotenüs uzunluğu}$

$$\cos C = b / a$$

$\tan C = \text{karşı dik kenar uzunluğu} / \text{komşu dik kenar uzunluğu}$
 $\tan C = c / b$

$\cot C = \text{komşu dik kenar uzunluğu} / \text{karşı dik kenar uzunluğu}$
 $\cot C = b / c$

veya

$\tan x = \sin x / \cos x$

$\cot x = \cos x / \sin x$

$\tan x \cdot \cot x = 1$

$\sin x \cdot \sin x + \cos x \cdot \cos x = 1$

x açısı 0 derece ile 90 derece arasında;

Açı büyüdükçe $\sin x$ ve $\tan x$ artar, $\cos x$ ve $\cot x$ azalır.

Aşağıda bazı açıların bilinmesi gereken trigonometrik değerlerini gösteren bir tablo bulunmaktadır.

α	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π
	0°	30°	45°	60°	90°	180°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0	-1
$\tan \alpha$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	tanımsız	0
$\cot \alpha$	tanımsız	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0	tanımsız

Tablo 1.1: Trigonometrik değerler tablosu

1.3. Kuvvet Ve Kuvvetlerin Bileşkesi

1.3.1. Kuvvet

Hareket eden bir cismi durduran; duran bir cismi hareket ettiren; cisimlerin şekil, yön ve doğrultularını değiştiren etkiye kuvvet denir. Kuvvetin cisimler üzerinde bazı etkileri vardır. Bu etkiler şöyle sıralanabilir:

- Kuvvetin cisimlerin hareket durumlarını değiştirme etkisi vardır.
- Kuvvetin cisimlerin şekil, biçim, yön ve doğrultularını değiştirme etkisi vardır.
- Kuvvetin cisimler üzerinde döndürme etkisi vardır.

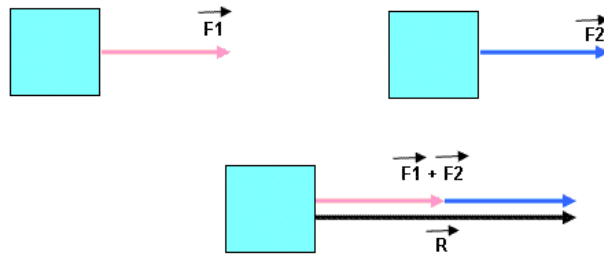
Fizikte temel anlamda skaler ve vektörel olarak iki adet büyüklük vardır. Skaler büyüklük, sadece bir sayı ve bir birimle belirtilen büyüklüktür. Örnek olarak kitabın boyu 160 cm, karpuz 5 kg gibi. Sıcaklık, kütle, zaman, uzunluk, öz kütle, enerji skaler büyüklüklerdir. Vektörel büyüklük ise yönü, doğrultusu ve değeri ile belirtilen büyüklüklere denir. Kuvvet, hız, ivme gibi büyüklükler vektörel büyüklük olduğundan vektörle gösterilir.

Vektör yönlendirilmiş, sınırlandırılmış, ölçülebilen doğru parçasıdır. Vektör (---->) işareti ile gösterilir. Ucundaki ok işareti kuvvetin yönünü belirtir.

1.3.2. Kuvvetlerin Bileşkesi

Bir cisme uygulanan birden fazla kuvvetin yapmış olduğu etkiyi tek başına yapan kuvvete bileşke kuvvet denir. Bileşke kuvvet “R” ile gösterilir. Bileşkeyi oluşturan kuvvetlerin her birine de bileşen kuvvet denir. Bileşen kuvvet F_1 , F_2 , ...ile gösterilir.

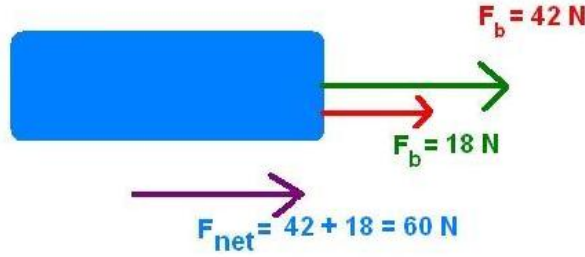
Örneğin bir kişinin A noktasından B noktasına taşıdığı bir yükün taşınmasına bir başka kişi yardım ederse bileşke kuvvet artacağından taşıma süresi kısalmaktadır veya bir cisme doğu yönünde 10 newton kuvvet uygulanırken bu kuvvete zıt yönde 15 newton kuvvet uygulandığında cisim ters yönde hareket edecektir. Bu özellikler kuvvetin bileşke kuvveti olarak bilinmektedir.



Şekil 1.2: Bileşke kuvvet

1.3.3. Aynı Doğrultudaki Kuvvetlerin Bileşkesi

Bir cisme aynı yön ve aynı doğru boyunca etkiyen iki ve daha fazla kuvvetin birleşmesi ile bu kuvvetlerin bileşke kuvveti ortaya çıkar. Bileşkenin şiddeti kuvvetlerin toplam şiddetine eşittir.



Şekil 1.3: Aynı doğrultudaki kuvvetlerin bileşkesi

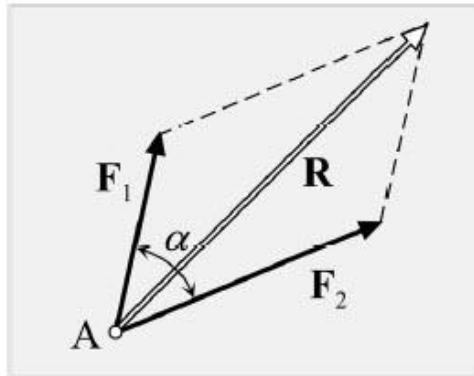
Aynı noktaya uygulanan ve aynı yönlü olan kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü, kuvvetlerin cebirsel toplamına eşittir.

$$R = F_1 + F_2 \text{ dir.}$$

Bu durumda kuvvetler arasındaki açı $\alpha = 0^\circ$ olduğundan bileşke kuvvetin şiddeti maksimum değerde olur.

1.3.4. Kesişen İki Kuvvetin Bileşkesi

Bir noktada kesişen iki kuvvetin bileşkesi, paralelkenar ilkesi ile statik eşdeğerlik prensibi kullanılarak bulunur. Şekil 1.4'te görüldüğü gibi aralarında α gibi bir açı olan ve bir A noktasına etkiyen F_1 ve F_2 kuvvetlerine ait bileşke kuvvetini R ile gösterelim.



Şekil 1.4: Kesişen iki kuvvet

Çizdiğimiz şekle kosinüs teoremini uygulamamız gerekmektedir. Kosinüs teoremi; geometride, üçgen üzerinde iki kenarı ve bu kenarlar arasındaki açı verilmişken bilinmeyen kenarı bulmak amacıyla kullanılan formüldür. Buna göre;

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1 F_2 \cos \beta \quad \text{bulunur.}$$

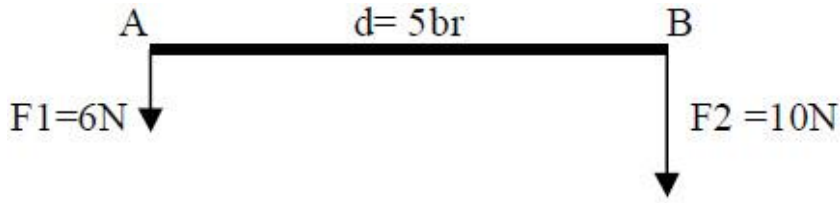
F1 ve F2 kuvvet vektörleri arasındaki α açısı bilindiğinden yukarıdaki formülde bir düzenleme yaparsak

$$\beta = 180^\circ - \alpha = \cos \beta = -\cos \alpha$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha} \quad \text{olur.}$$

1.3.5. Paralel Kuvvetlerin Bileşkesi

Paralel kuvvetler eğer aynı yönlü ise bileşke kuvvet, iki kuvvetin arasında ve büyük kuvvete daha yakın olur. Bileşke kuvvetin bulunduğu noktadan cisim asılacak olursa cisim dengede kalır.



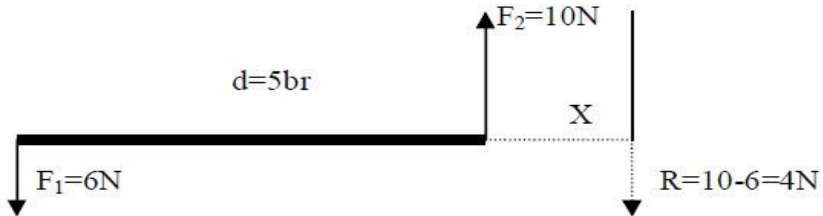
Şekil 1.5: Aynı yönlü paralel kuvvet hesabı

$$\begin{aligned} F_1 &= 6N \\ F_2 &= 10N \\ R &= ? \end{aligned}$$

$$R = F_1 + F_2 = 6 + 10 = 16N \quad \text{olur.}$$

Paralel kuvvetlerin bileşke noktası bulunurken herhangi bir noktaya göre moment alınır. Bu noktanın sol baştaki nokta olması durumunda o kuvvetin momenti "0" olacağından toplam moment / toplam kuvvetten çıkan sonuç, bileşke kuvvetin o noktadan uzaklığını verir.

Paralel kuvvetler eğer ters yönlü ise bileşke kuvvet büyük kuvvet yönünde ve onun dışında olur. Bu durumda büyük kuvvete göre moment almak gerekir.



Şekil 1.6: Zıt yönlü paralel kuvvet hesabı

$$\begin{aligned}F_1 &= 6\text{N} \\F_2 &= 10\text{N} \\d &= 5 \text{ birim} \\R &= 10 - 6 = 4\text{N}\end{aligned}$$

Bileşke kuvvet büyük kuvvet tarafında ve ondan x kadar dışarıda olması gerektiğinden F2 kuvvetine göre moment alırsak;

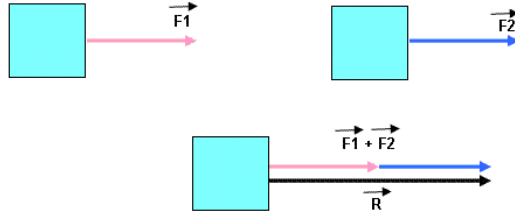
$$\begin{aligned}6(5+X) &= 10.X \\30 + 6X &= 10X \\30 &= 4X \\X &= 30/4 = 7,5 \text{ br (F2 ye olan uzaklık) bulunur.}\end{aligned}$$

1.3.6. Kesişen İki Kuvvetin Fazla Kuvvetin Bileşkesi

Bir kuvvetler topluluğunda ikiden fazla kuvvetin bileşkesi istendiği takdirde, kesişen kuvvetlerin bileşke hesaplarında olduğu gibi kosinüs teoremi uygulanarak toplam bileşke bulunur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen bilgiler doğrultusunda toplam bileşkeyi hesaplayınız.



$$F_1 = 15\text{N}$$
$$F_2 = 10\text{N}$$
$$R = ?$$

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Verilen şekle göre değerleri yerine yazınız.➤ Kuvvetlerin yönlerine dikkat ederek formülde yerlerine yazınız.➤ Matematiksel işlemi yaparak toplam bileşke ve yönünü bulunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ İş önlüğünüzü giyiniz.➤ Ölçülerinizi doğru yazınız.➤ $R = F_1 + F_2$ formülünde kuvvet yönlerine ve büyüklüklerine dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Verilen şekle göre değerleri yerine yazdınız mı?		
2. Kuvvetlerin yönlerine dikkat ederek formülde yerlerine yazdınız mı?		
1. Matematiksel işlemi doğru yaparak toplam bileşke ve yönünü buldunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Bilimsel hesap makinelerinde fix seçeneği, ondalık işaretinden sonra kaç hane görüntüleneceğini ayarlamak için kullanılır.
2. () Bilimsel hesap makinelerinde Norm fonksiyonu hiçbir işe yaramaz.
3. () Hareket eden bir cisim durduran, duran bir cisim hareket ettiren, cisimlerin şekil, yön ve doğrultularını değiştiren etkiye kuvvet denir.
4. () Kuvvetin, cisimler üzerinde döndürme etkisi yoktur.
5. () Kuvvet skaler ve vektörel olarak ikiye ayrılır.
6. () Bir noktada kesişen iki kuvvetin bileşkesi, paralelkenar ilkesi ile statik eşdeğerlik prensibi kullanılarak bulunur.
7. () İki veya daha çok kuvvetin bileşkesi hesaplanırken kosinüs teoremi kullanılmaz.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda, gerekli ortam sağlandığında kuvvetleri bileşenlerine grafik ve hesap yöntemlerini kullanarak ayırabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde bulunan hafif cisimlere değişik yönlerden kuvvet uygulayarak hareketlerini inceleyiniz.
- Kuvvet ve bileşkeleri hakkında fen bilimleri öğretmeninizin görüşlerini alınız.
- İnternette kuvvetlerin bileşkelerine ayrılmasında uygulanan yöntemleri araştırınız.

2. KUVVETLERİ BİLEŞKELERİNE AYIRMA

Verilen bir ağırlığı birden fazla bileşene bölme işlemine bileşkelerine ayırma denir. Kuvvet vektörel bir miktar olduğundan birleştirilmesi gibi bileşenlere ayrılması da vektörel (Paralelkenar metoduna göre) olarak yapılır.

Kuvvetlerin ayrıştırılması ile oluşan kuvvete bileşen denir. Bileşke kuvvetin meydana gelmesinde etkili olan kuvvetlerin her birine bileşen kuvvet denir.

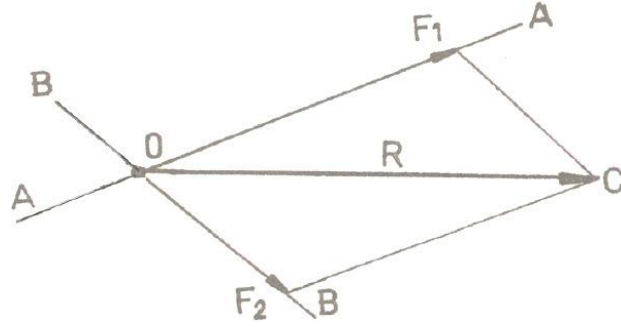
2.1. Bir Kuvveti İki Bileşene Ayırma

Bir kuvveti bileşenlerine ayırırken kullanılan iki yöntem vardır. Bu yöntemler: Grafik yöntemi ve hesap yöntemi olarak ikiye ayrılır.

2.1.1. Grafik Yöntemi

Bir kuvvet, paralelkenar metodu ile etki doğrultusu üzerinde bir noktadan geçen iki bileşene ayrılabilir. Aslında bileşenler, bileşke kuvveti köşegen kabul eden paralelkenarın kenarlarına eşit vektörlerdir.

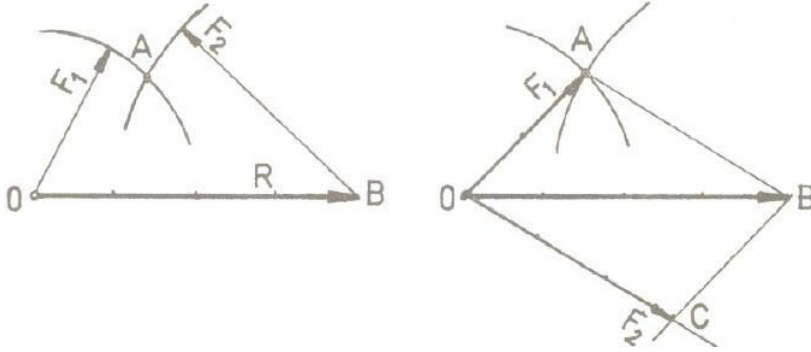
Aşağıdaki şekilde bileşke ve AA ile BB doğrultuları bellidir. Buna göre F1 ve F2 bileşenlerinin bulunması için bir ölçek dâhilinde R bileşkesi çizilir. Bu bileşkenin ucundan AA ve BB doğrultularına paraleller çizilir. Çizilen paraleller doğrultular ile birleştirildiğinde F1 ve F2 bileşenleri bulunur.



Şekil 2.1: R kuvvetini bileşenlere ayırma

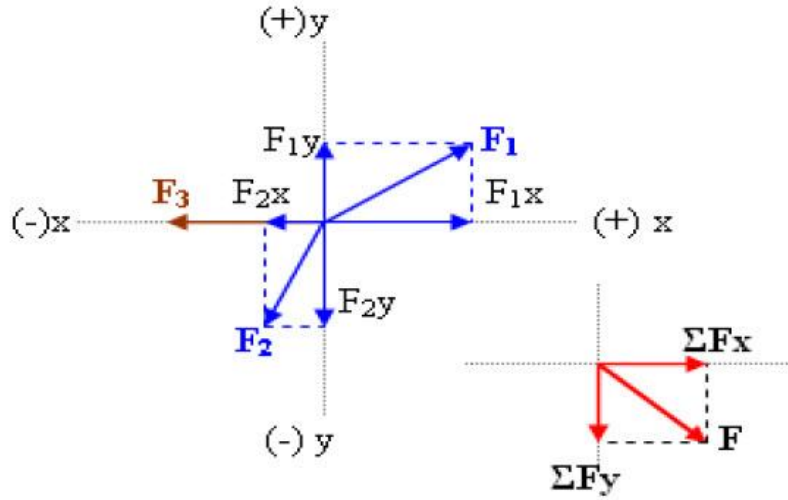
Bir kuvvet; bileşenlerinin şiddetlerinin belli olduğu, doğrultularının belli olmadığı durumda iki bileşene ayrılabilir. Yani $F_1 + F_2 > R$ olmalıdır.

Aşağıdaki şekilde olduğu gibi F_1 ve F_2 ile R 'nin şiddetleri belli değildir. Buna göre ayrıştırma şu şekilde bulunur: Bir ölçek dâhilinde R bileşkesi çizilir, yine aynı ölçek dâhilinde F_1 kuvveti alınır, pergeli bu değer kadar açılır ve O ucundan bir yay çizilir. Aynı şekilde F_2 alınır, yine pergelle bu değer kadar açılır ve biraz önceki yay kestirilir. Meydana gelen A noktası ile O noktası arasındaki doğru üzerinde F_1 kuvveti işaretlenir. Daha sonra B ucundan F_1 'e ve O ucundan AB 'ye paraleller çizildiğinde kesim noktası C ile O noktalarını birleştiren doğru üzerinde de F_2 bileşeni işaretlenir.



Şekil 2.2: Şiddetleri belli olmayan kuvvet ve bileşker

Grafik yönteminde kullanılan bir başka bileşenlere ayırma yöntemi de iz düşüm yöntemidir. İz düşüm yöntemi, genel bir yöntem olup her türlü kuvvete uygulanabilir. Bu yöntemde kuvvetlerin yatay ve düşey koordinatlara göre durumları değerlendirilir. Sistemde kullanılan kuvvetler, koordinat üzerine aktarılır; kuvvetlerin eksenler üzerindeki izleri yardımıyla ayrıştırma veya birleştirme işlemi yapılır.



Şekil 2.3: İz düşüm yöntemi

2.1.2. Hesap Yöntemi

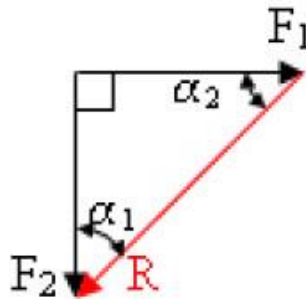
Bir kuvvetin iki bileşene ayrılması, kuvvetlerin ayrıştırılmasının temelini oluşturur. Bu nedenle kuvvetlerin bileşenlerine ayrılmasında uygulanan yöntemler şunlardır:

2.1.2.1. Sinüs (Lami) Teoremi

Bu teoremin uygulanabilmesi için kuvvet sayısı üç olmalı ve kuvvetler bir noktada kesişmelidir. Ayrıca kuvvetlerin vektörel toplamı sıfıra eşit olmalıdır. Yani kuvvetlerin uç uca toplamında üçgen kapanmalıdır. Lami teoremi iç ve dış lami olmak üzere ikiye ayrılır:

➤ İç lamiye göre

Bu teorem, dik üçgenlere ayıramayan kuvvetlerin ayrıştırılmasında kolaylık sağlar. Bir kuvvet ayrıştırılacağı kuvvetlerle geliş güzel bir üçgen oluşturduğunda, kuvvetlerin karşılardaki açılar biliniyorsa lami teoremine göre işlem yapılır. Dik üçgen oluşturan kuvvetlerin karşılardaki açılarının sinüsüne oranı birbirine eşittir.



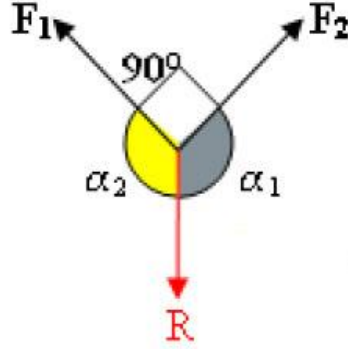
Şekil 2.4: İç lami

Açıların sinüsleri belli olduğundan orantılarında F_1 , F_2 ve F_3 ayrışan kuvvetleri analitik olarak bulunur.

$$\frac{R}{\sin 90^\circ} = \frac{F_1}{\sin \alpha_1} = \frac{F_2}{\sin \alpha_2}$$

➤ **Dış lamiye göre**

Lami teoremine göre, kesişen üç kuvvet dengede ise bunlardan herhangi birinin öbür ikisi arasındaki açının sinüsüne oranı sabittir. Kuvvetler arası açı bilindiği takdirde lami teoremine göre problem çözülür. Kuvvetin, diğer kuvvetlerin arasındaki açının sinüsüne oranı birbirine eşittir.



Şekil 2.5: Dış lami

$$\frac{R}{\sin 90^\circ} = \frac{F_1}{\sin \alpha_1} = \frac{F_2}{\sin \alpha_2}$$

Bu işlemde 90° 'nin üzerindeki açı değerlerinde, 180° 'ye tamamlayan açı değerleri alınmalıdır. Örneğin 120° yerine,

$$180^\circ - 120^\circ = 60^\circ \text{ alınmalıdır.}$$

2.2. Bir Kuvveti İki'den Çok Bileşene Ayırma

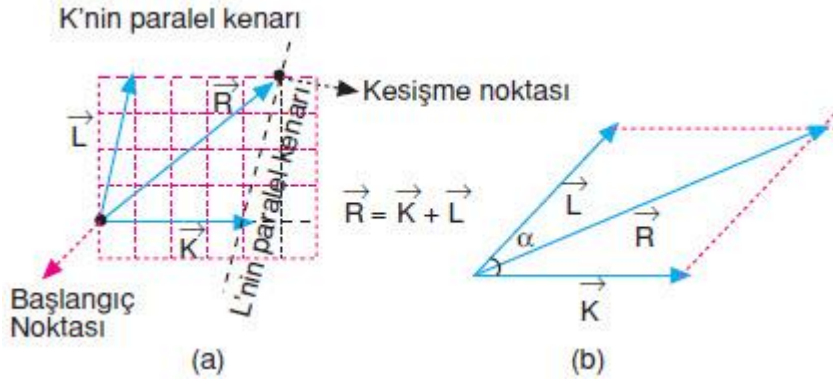
2.2.1. Kuvvetler Üçgeni

Bileşkenin şiddeti, bileşenler arasındaki açıya bağlıdır. Örneğin, bileşenlerin şiddeti değiştirilmeden aralarındaki açı değiştirilirse bileşkenin şiddeti aşağıda özetlendiği gibi değişir.

- Bileşenler arasındaki açı 0° ise bileşkenin şiddeti bileşenlerin toplamına eşittir.
- Bileşenler arasındaki açı büyüdükçe bileşke küçülür.
- Bileşenler arasındaki açı 90° ise bileşke dik üçgenin hipotenüsü kadar olur.
- Bileşenler arasındaki açı 180° ise bileşkenin şiddeti bileşenlerin farkına eşittir ve yönü büyük kuvvet yönündedir.
- Bileşenlerin şiddeti eşit ise bileşkenin doğrultusu kuvvetlerin açıortayıdır.

2.2.2. Kuvvetler Paralelkenar Yöntemi

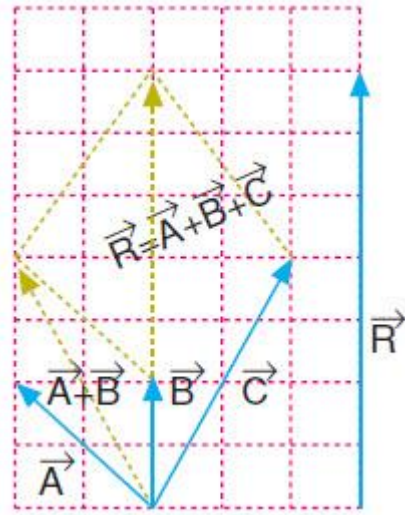
Paralelkenar yönteminde iki vektörün başlangıç noktalarını birleştirerek birbirine paralel doğrultular çizilir. Bu vektörlerin başlangıç noktası ile paralel kenarların kesişme noktasını birleştiren vektör bize bileşkeyi verir.



Şekil 2.6: Paralelkenar yöntemi

İki'den çok vektör sisteminin bileşkesini de bu yolla bulabiliriz. Burada iki vektörün bileşkesini üçüncü vektörle aynı şekilde toplayarak hesaplayabiliriz.

Öncelikle kuvvetlere ayrı ayrı paralelkenar yöntemi uygulanır ve sonrasında tek bir parça paralelkenar bulunur. Bulunan paralelkenarın karşılıklı açıortayları birleştirilerek tek bir kuvvet bulunur.

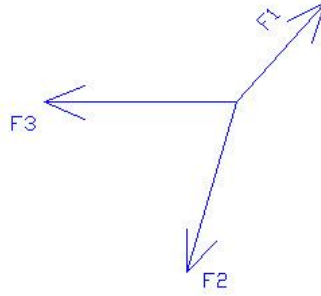


Şekil 2.7: Birden çok kuvvetin bileşenlerinin bulunması

Yukarıdaki şekilde noktalı çizgilerle gösterilenler diğer vektörlerin paralelkenar yöntemi ile toplamıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda şekli ve değerleri verilen F kuvvetlerinin iz düşüm metoduna göre bileşenlerine ayırmasını yapınız.



$$\begin{aligned}F_1 &= 30 \text{ Nt} \\F_2 &= 25 \text{ Nt} \\F_3 &= 20 \text{ Nt}\end{aligned}$$

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Verilen kuvvetleri koordinat sistemine yerleştiriniz.</p> <p>➤ Yerleştirdiğiniz kuvvetlerin iz düşümlerini koordinat sisteminde x ve y doğrultularına taşıyınız.</p> <p>(+)y</p> <p>(-)x</p> <p>(-)y</p>	<p>➤ Dikkatli olunuz</p> <p>➤ Okumaları dikkatli yapınız, gerektiğinde bulduğunuz değerleri tekrar kontrol ediniz.</p> <p>➤ Renkli kalem kullanınız.</p>
<p>➤ Taşıma yolu ile bulduğunuz F bileşenlerinin değerlerini x ve y doğrultuları üzerinden okuyunuz.</p> <p>➤ Bulduğunuz değerleri F_x ve F_y değerleri olarak koordinat sistemi üzerinde yazınız.</p>	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
3.	Verilen kuvvetleri koordinat sistemine yerleştirdiniz mi?		
4.	Yerleştirdiğiniz kuvvetlerin iz düşümlerini koordinat sisteminde x ve y doğrultularına taşıdınız mı?		
5.	Taşıma yolu ile bulduğunuz F bileşenlerinin değerlerini x ve y doğrultuları üzerinden okudunuz mu?		
6.	Bulduğunuz değerleri F_x ve F_y değerleri olarak koordinat sistemi üzerinde yazdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Verilen bir ağırlığın birden fazla bileşene bölme işlemine bileşkelerine ayırma denir.
2. () Kuvvetlerin ayrıştırılması ile oluşan kuvvetlere vektör denir.
3. () Grafik yönteminde kullanılan bir başka bileşenlere ayırma yöntemi de izdüşüm yöntemidir.
4. () Lami teoreminin uygulanabilmesi için kuvvet sayısının en az iki olması lazımdır.
5. () Dik üçgen oluşturan kuvvetlerin karşılardaki açıların sinüsüne oranı birbirine eşittir.
6. () Bileşkenin şiddeti, bileşenler arasındaki kenarortayına bağlıdır.
7. () Kuvvetler üçgeninde, bileşenler arasındaki açı 180° ise, bileşkenin şiddeti bileşenlerin farkına eşittir ve yönü, büyük kuvvet yönündedir.

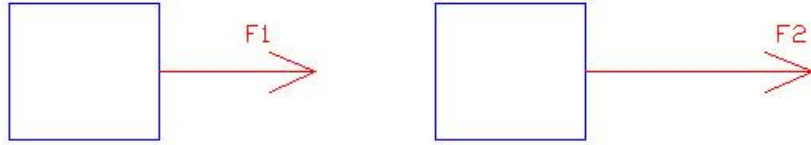
DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki uygulamaları öğretmeninizin gözetiminde yapınız.

- Aşağıda verilen şekle göre toplam bileşke (R) değerini bulunuz.

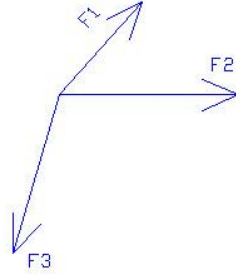


$$F_1 = 40 \text{ Nt}$$

$$F_2 = 50 \text{ Nt}$$

$$R = ?$$

- Aşağıda verilen şekle göre F kuvvetlerini iz düşüm metoduna göre bileşenlerine ayırınız.



$$F_1 = 30 \text{ Nt}$$

$$F_2 = 45 \text{ Nt}$$

$$F_3 = 55 \text{ Nt}$$

KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Verilen kuvvetleri koordinat sistemine yerleştirdiniz mi?		
2. Yerleştirdiğiniz kuvvetlerin iz düşümlerini koordinat sisteminde x ve y doğrultularına taşıdınız mı?		
3. Taşıma yolu ile bulduğunuz F bileşenlerinin değerlerini x ve y doğrultuları üzerinden okudunuz mu?		
4. Bulduğunuz değerleri F_x ve F_y değerleri olarak koordinat sistemi üzerinde yazdınız mı?		
5. Verilen kuvvetleri koordinat sistemine yerleştirdiniz mi?		
6. Yerleştirdiğiniz kuvvetlerin iz düşümlerini koordinat sisteminde x ve y doğrultularına taşıdınız mı?		
7. Taşıma yolu ile bulduğunuz F bileşenlerinin değerlerini x ve y doğrultuları üzerinden okudunuz mu?		
8. Bulduğunuz değerleri F_x ve F_y değerleri olarak koordinat sistemi üzerinde yazdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Doğru
6	Doğru
7	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Doğru
6	Yanlış
7	Doğru

KAYNAKÇA

- AYDIN Murat, **Kuvvet ve Hareket**, Celal Aydın Yayınları, İstanbul, 2012.
- BAKİOĞLU Mehmet, **Cisimlerin Mukavemeti**, Beta Yayınları, İzmir, 2009.