

SI VERSİYON

ALTINCI BASIMDAN ÇEVİRİ



ENGINEERING MECHANICS  
DYNAMICS

• MÜHENDİSLİK MEKANİĞİ •

# DİNAMİK

ÇEVİRİ EDITÖRÜ: PROF. DR. PAŞA YAYLA



J. L. MERIAM

L. G. KRAIGE





# MÜHENDİSLİK MEKANİĞİ DİNAMİK

ENGINEERING MECHANICS DYNAMICS

J. L. MERIAM

L. G. KRAIGE

ÇEVİRİ EDITÖRÜ: PROF. DR. PAŞA YAYLA

Geçtiğimiz 50 yıl boyunca Meriam ve Kraige tarafından yazılmış olan "Mühendislik Mekaniği: Dinamik" kitabı, çok saygın bir mükemmeliyet geleneği yaratmıştır. Kitapta yazılanların doğruluğu, yazımın anlaşılabilirliği, konunun ele alınışındaki sağlamlık ve uygulamalar bu geleneği oluşturmuştur. Yeni örnek problemler, yeni ödev soruları ve güncellenmiş içerik kitabı daha erişilir kılmaktadır. Bu basımda da, çok kapsamlı, kaliteli ve gerçek uygulamalara ilişkin problemler ile öğrenciler motive edilmekte ve problem çözme yetenekleri geliştirilmektedir. Öğrencilerin problemleri gözlerinde canlandırabilme ve problem çözme yeteneklerini geliştirmek için kitapta yine serbest cisim diyagramlarından kapsamlı bir biçimde yararlanılmaktadır.

 WILEY

[www.wiley.com/college/meriam](http://www.wiley.com/college/meriam)



Okuyucu öneri ve eleştirileri için  
[okuyucu@nobelyayin.com](mailto:okuyucu@nobelyayin.com)

[facebook.com/nobelyayin](https://facebook.com/nobelyayin)  
[twitter.com/nobelyayin](https://twitter.com/nobelyayin)  
[twitter.com/nobelkitap](https://twitter.com/nobelkitap)



ISBN 978-605-133-315-1



9 786051 333151



NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD ŞTİ.  
Ankara Büro: Mithatpaşa Cad. No.: 74/4 Kızılay / ANKARA  
Tel: 0312 418 20 10 Faks: 0312 418 30 20

Rasimpaşa Mah. Söğütluçayır Sok. No.: 16/21 Kat: 5  
Kadıköy / İSTANBUL Tel / Faks: +90 (216) 449 20 01  
[nobel@nobelyayin.com](mailto:nobel@nobelyayin.com) - [www.nobelyayin.com](http://www.nobelyayin.com)



**Dönüşüm Çarpanları**  
ABD Birimlerinden SI Birimlerine

ABD Biriminden	SI Birimine Çevirmek İçin	İle Çarpınız
<b>(İvme)</b>		
ayak/saniye <sup>2</sup> (ft/sn <sup>2</sup> )	metre/saniye <sup>2</sup> (m/s <sup>2</sup> )	$3.048 \times 10^{-1*}$
inç/saniye <sup>2</sup> (inç/sn <sup>2</sup> )	metre/saniye <sup>2</sup> (m/s <sup>2</sup> )	$2.54 \times 10^{-2*}$
<b>(Alan)</b>		
ayak <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	metre <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	$9.2903 \times 10^{-2}$
inç <sup>2</sup> (inç <sup>2</sup> )	metre <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	$6.4516 \times 10^{-4*}$
<b>(Yoğunluk)</b>		
pound kütle/inç <sup>3</sup> (lbk/inç <sup>3</sup> )	kilogram/metre <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	$2.7680 \times 10^4$
pound kütle/foot <sup>3</sup> (lbk/ft <sup>3</sup> )	kilogram/metre <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	$1.6018 \times 10$
<b>(Kuvvet)</b>		
kip (1000 lb)	newton (N)	$4.4482 \times 10^3$
pound kuvvet	newton (N)	4.4482
<b>(Uzunluk)</b>		
ayak (ft)	metre (m)	$3.048 \times 10^{-1*}$
inç (inç)	metre (m)	$2.54 \times 10^{-2*}$
mil (mil), (ABD)	metre (m)	$1.6093 \times 10^3$
mil (mil), (uluslararası deniz)	metre (m)	$1.852 \times 10^{3*}$
<b>(Kütle)</b>		
pound kütle (lbk)	kilogram (kg)	$4.5359 \times 10^{-1}$
slug (lb-sn <sup>2</sup> /ft)	kilogram (kg)	$1.4594 \times 10$
ton (2000 lbk)	kilogram (kg)	$9.0718 \times 10^2$
<b>(Kuvvetin momenti)</b>		
pound-ayak (lb-ft)	newton-metre (N · m)	1.3558
pound-inç (lb-inç)	newton-metre (N · m)	0.1129 8
<b>(Atalet momenti, alan)</b>		
inç <sup>4</sup>	metre <sup>4</sup> (m <sup>4</sup> )	$41.623 \times 10^{-8}$
<b>(Atalet momenti, kütle)</b>		
pound-ayak-saniye <sup>2</sup> (lb-ft-sn <sup>2</sup> )	kilogram-metre <sup>2</sup> (kg · m <sup>2</sup> )	1.3558
<b>(Momentum, lineer)</b>		
pound-saniye (lb-sn)	kilogram-metre/saniye (kg · m/s)	4.4482
<b>(Momentum, açısız)</b>		
pound-ayak-saniye (lb-ft-sn)	newton-metre-saniye (kg · m <sup>2</sup> /s)	1.3558
<b>(Güç)</b>		
ayak-pound/dakika (ft-lb/dak)	watt (W)	$2.2597 \times 10^{-2}$
beygircü (550 ft-lb/sn)	watt (W)	$7.4570 \times 10^2$
<b>(Basınç, gerilme)</b>		
atmosfer (stn)(14.7 lb/inç <sup>2</sup> )	newton/metre <sup>2</sup> (N/m <sup>2</sup> veya Pa)	$1.0133 \times 10^5$
pound/ayak <sup>2</sup> (lb/ft <sup>2</sup> )	newton/metre <sup>2</sup> (N/m <sup>2</sup> veya Pa)	$4.7880 \times 10$
pound/inç <sup>2</sup> (lb/inç <sup>2</sup> veya psi)	newton/metre <sup>2</sup> (N/m <sup>2</sup> veya Pa)	$6.8948 \times 10^3$
<b>(Yay sabiti)</b>		
pound/inç (lb/inç)	newton/metre (N/m)	$1.7513 \times 10^2$
<b>(Hız)</b>		
ayak/saniye (ft/sn)	metre/saniye (m/s)	$3.048 \times 10^{-1*}$
knot (deniz mil/saat)	metre/saniye (m/s)	$5.1444 \times 10^{-1}$
mil/saat (mi/saat)	metre/saniye (m/s)	$4.4704 \times 10^{-1*}$
mil/saat (mi/saat)	kilometre/saat (km/saat)	1.6093
<b>(Hacim)</b>		
ayak <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	metre <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	$2.8317 \times 10^{-2}$
inç <sup>3</sup> (inç <sup>3</sup> )	metre <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	$1.6387 \times 10^{-5}$
<b>(İş, Enerji)</b>		
İngiliz ısı birimi (BTU)	joule (J)	$1.0551 \times 10^3$
ayak-pound kuvvet (ft-lb)	joule (J)	1.3558
kilowatt-saat (kw-h)	joule (J)	$3.60 \times 10^6*$

\*Tam değer

## Mekanikte Kullanılan SI Birimleri

Büyüklik	Birim	SI Sembolü
<b>(Temel Birimler)</b>		
Uzunluk	metre	m
Kütle	kilogram	kg
Zaman	saniye	s
<b>(Türetilmiş Birimler)</b>		
İvme, lineer	metre/saniye <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
İvme, açısal	radyan/saniye <sup>2</sup>	rad/s <sup>2</sup>
Alan	metre <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Yoğunluk	kilogram/metre <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Kuvvet	newton	N (= kg · m/s <sup>2</sup> )
Frekans	hertz	Hz (= 1/s)
İmpuls, lineer	newton-saniye	N · s
İmpuls, açısal	newton-metre-saniye	N · m · s
Kuvvet Momenti	newton-metre	N · m
Atalet Momenti, alan	metre <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
Atalet Momenti, kütle	kilogram-metre <sup>2</sup>	kg · m <sup>2</sup>
Momentum, lineer	kilogram-metre/saniye	kg · m/s (= N · s)
Momentum, açısal	kilogram-metre <sup>2</sup> /saniye	kg · m <sup>2</sup> /s (= N · m · s)
Güç	watt	W (= J/s = N · m/s)
Basınç, gerilme	paskal	Pa (= N/m <sup>2</sup> )
Atalet Momenti, alan	metre <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
Atalet Momenti, kütle	kilogram-metre <sup>2</sup>	kg · m <sup>2</sup>
Yay sabiti	newton/metre	N/m
Hız, lineer	metre/saniye	m/s
Hız, açısal	radyan/saniye	rad/s
Hacim	metre <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
İş, enerji	joule	J (= N · m)
<b>(Diğer Kabul Edilebilir ve Tamamlayıcı Birimler)</b>		
Mesafe (denizcilikte)	Deniz mili	(= 1,852 km)
Kütle	ton (metrik)	t (= 1000 kg)
Düzlem açı	derece (desimal)	°
Düzlem açı	radyan	—
Hız	knot	(1.852 km/saat)
Zaman	gün	d
Zaman	saat	h
Zaman	dakika	dak

### SI Ön Ekleri

Çarpım Faktörü	Ön Ek	Sembol
1 000 000 000 000 = 10 <sup>12</sup>	tera	T
1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	giga	G
1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	mega	M
1 000 = 10 <sup>3</sup>	kilo	k
100 = 10 <sup>2</sup>	hekto	h
10 = 10	deka	da
0.1 = 10 <sup>-1</sup>	desi	d
0.01 = 10 <sup>-2</sup>	santi	c
0.001 = 10 <sup>-3</sup>	mili	m
0.000 001 = 10 <sup>-6</sup>	mikro	μ
0.000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>	nano	n
0.000 000 000 001 = 10 <sup>-12</sup>	piko	p

### Metrik Büyüklükleri Yazmak İçin Tercih Edilen Kurallar

1. (a) Sayısal değerleri genellikle 0.1 ila 1000 arasında tutmak için ön ek kullanın.
- (b) Kullanılmaması durumunda rakamların genellikle garip olacağı alanlar ve hacimler hariç hekto, deka, desi ve santi ön eklerinin kullanımından genellikle kaçınılmalıdır.
- (c) Sadece birim kombinasyonlarının paylarında ön ek kullanın. Bir müstesnası temel kilogram birimidir. (**Örneğin:** kN/m yazın ancak N/mm yazmayın; J/kg yazın ancak mJ/g yazmayın.)
- (d) İki ön ek kullanımından kaçının. (**Örneğin:** GN yazın ancak kMN yazmayın)
2. Birim gösterimi
  - (a) Birimlerin çarpımı için nokta kullanın. (**Örneğin:** N · m yazın ancak Nm yazmayın.)
  - (b) Çift birim kullanmaktan kaçının. (**Örneğin:** N/m<sup>2</sup> yazın ancak N/m/m yazmayın)
  - (c) Üstel tüm birim için geçerlidir. (**Örneğin:** mm<sup>2</sup> ifadesi (mm)<sup>2</sup> anlamındadır.)
3. Rakam gruplama
 

Rakamları üçlü gruplar halinde ayırırken nokta yerine boşluk kullanınız ve bu uygulamaya her iki yönde ondalık noktadan sayarak başlayın. (**Örneğin:** 4 607 321.048 72) Dört rakamlı sayılarda boşluk bırakılmayabilir. (**Örneğin:** 4296 veya 0.0476)

# MÜHENDİSLİK MEKANİĞİ

# DİNAMİK

ALTINCI BASIMDAN ÇEVİRİ

SI VERSİYON

# ENGINEERING MECHANICS

# DYNAMICS

SIXTH EDITION

SI VERSION

**J. L. MERIAM**

**L. G. KRAIGE**

*Çeviri Editörü: Prof. Dr. Paşa YAYLA*



WILEY

John Wiley & Sons, Inc.



[www.nobelyayin.com](http://www.nobelyayin.com)



NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ.

Yayın No.: 413

Mühendislik/Teknik No.: 27

ISBN: 978-605-133-315-1

© 6. Basımdan Çeviri, Ocak 2016

## MÜHENDİSLİK MEKANIĞI DİNAMİK ENGINEERING MECHANICS DYNAMICS

J. L. Meriam - L. G. Kraige

Çeviri Editörü: Prof. Dr. Paşa Yayla



Copyright 2016, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 20779

Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

Genel Yayın Yönetmeni: Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-

Dizi Editörü: Doç. Dr. Timur Aydemir -aydemir@nobelyayin.com-

Kahraman Boğaz -kahraman@nobelyayin.com-

Redaksiyon: Kahraman Boğaz -kahraman@nobelyayin.com-

Sayfa Tasarım: Aras Çiftçi -ars@nobelyayin.com-

Kapak Tasarım: Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-

Baskı ve Cilt: Atalay Matbaacılık Sertifika No.: 15689

Büyük Sanayi 1 Cad. Elif Sok. No.:7\236-237 İskitler/ANKARA

Genel Dağıtım: ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.

-siparis@nobelyayin.com-

Tel: +90 312 278 50 77 - Faks: 0 312 278 21 65

Dağıtım: Alfa, Arasta, Final ve Prefix

e-satış: www.nobelkitap.com - esatis@nobelkitap.com

www.atlaskitap.com - info@atlaskitap.com

### KÜTÜPHANE BİLGİ KARTI

Meriam, J. L.; Kraige L. G.

Engineering Mechanics Dynamics / J. L. Meriam - L. G. Kraige

Mühendislik Mekaniği Dinamik / Çeviri Editörü: Prof. Dr. Paşa Yayla

6. Basımdan Çeviri, XVIII + 724 s., 200 × 255 mm

Kaynakça ve dizin var.

ISBN: 978-605-133-315-1

1. Mekanik 2. Mühendislik Mekaniği 3. Rijit Cisimlerin Dinamiği



NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD ŞTİ.  
Ankara Büro: Mithatpaşa Cad. No.: 74/4 Kızılay / ANKARA  
Tel: 0312 418 20 10 Faks: 0312 418 30 20  
Rasimpaşa Mah. Söğütluçayır Sok. No.: 16/21 Kat: 5  
Kadıköy / İSTANBUL Tel / Faks: +90 (216) 449 20 01  
nobel@nobelyayin.com - www.nobelyayin.com



www.nobelkitap.com

# BÖLÜM ÇEVİRENLERİ

ÇEVİRİ EDITÖRÜ: *PROF. DR. PAŞA YAYLA*

*Marmara Üniversitesi, Müh. Fak.*

## Ünite I MADDESEL NOKTALARIN DİNAMIĞI

**Bölüm 1** : Dinamiğe Giriş

*Prof. Dr. E. Çınar YENİ*  
*Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Bölüm 2** : Maddesel Noktaların Kinematığı

*Doç. Dr. Binnur Gören KIRAL*  
*Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Bölüm 3** : Maddesel Noktaların Kinetığı

*Prof. Dr. E. Çınar YENİ*  
*Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Bölüm 4** : Maddesel Noktalar Sisteminin Kinetığı

*Doç. Dr. Binnur Gören KIRAL*  
*Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak.*

## Ünite II RİJİT CİSİMLERİN DİNAMIĞI

**Bölüm 5** : Rijit Cisimlerin Düzlem Kinematığı

*Prof. Dr. M. Kemal APALAK*  
*Erciyes Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Bölüm 6** : Rijit Cisimlerin Düzlemsel Kinetığı

*Prof. Dr. M. Kemal APALAK*  
*Erciyes Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Bölüm 7** : Rijit Cisimlerin Üç Boyutlu Dinamiğine Giriş

*Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇELİK*  
*Yıldız Teknik Üniversitesi, Mak. Fak.*

*Doç. Dr. Murat MAKARACI*  
*Kocaeli Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Bölüm 8** : Titreşim ve Zaman Cevabı

*Doç. Dr. Murat MAKARACI*  
*Kocaeli Üniversitesi, Müh. Fak.*

**Ekler**

*Prof. Dr. Paşa YAYLA*  
*Marmara Üniversitesi, Müh. Fak.*





# ÖN SÖZ

Mühendislik mekaniği, pek çok mühendislik alanı için hem bir temel hem de çerçevedir. İnşaat, makina, havacılık, ziraat ve şüphesiz kendi başına mühendislik mekaniği gibi birçok alandaki konular statik ve dinamik esasları üzerine inşa edilmiştir. Elektrik mühendisliği gibi bir alanda bile uygulamacılar, bir robotik cihazın elektriksel parçalarını göz önüne alırken veya bir üretim prosesini düşünürken kendilerini öncelikle mekaniğin içinde bulurlar.

Bu yüzden, mühendislik mekaniği dizisi mühendislik programlarında önemlidir. Bu dizi sadece gerekli olmakla kalmayıp aynı zamanda mühendislik mekaniği dersleri öğrencilerinin uygulamalı matematik, fizik ve grafik gibi diğer önemli konuların anlamasını da pekiştirmektedir. İlave olarak bu dersler, problem çözme yeteneklerini güçlendirmek için mükemmel bir dizi olarak da hizmet vermektedirler.

## FELSEFESİ

Mühendislik mekaniğini okumanın en temel amacı kuvvetleri ve hareketin etkilerini tahmin etme becerisini geliştirmek iken diğer taraftan da mühendisliğin yaratıcı tasarım fonksiyonlarını gerçekleştirmektir. Bu kapasite sırf mekaniğin fiziksel ve matematiksel prensiplerine ait bilgilerden daha fazlasına ihtiyaç duyar ve aynı zamanda makinaların ve yapıların davranışlarını belirleyen fiziksel konfigürasyonları, gerçek malzeme, gerçek kısıtlamalar ve pratik sınırlamalar açısından fiziksel konfigürasyonları görselleştirme yeteneğine de ihtiyaç duyulur. Mekanik dersinde en önemli amaçlardan biri, problemin formülasyonunda hayati derece önemli olan öğrencilerin bu görselleştirme yeteneğinin gelişmesine yardımcı olmaktır. Gerçekten anlamlı bir matematiksel modelin geliştirilmesi, onun çözümünden daha önemlidir. Maksimum ilerleme, bu prensiplerin ve bunların sınırlamalarının, mühendislik uygulamaları kapsamında öğrenildiğinde elde edilecektir. Mekaniğin ele alınmasında sıklıkla başvurulan eğilim, problemlerin çözümü için teori geliştirmeden ziyade teoriyi görselleştirme için problemleri bir araç olarak kullanmaktır. İlk eğilimin ön plana çıkmasına izin verildiğinde, problemler aşırı şekilde idealize edilme ve mühendislikle ilgisizleştirme durumuna gelir ve bu sayede bu uygulama sıkıcı, akademik ve ilginç olmayan bir hal alır. Bu yaklaşım öğrencileri problemleri formüle etme konu-

sunda önemli tecrübeden, dolayısı ile teoriye ihtiyacı ve teorinin anlamını keşfetme ihtiyacından mahrum bırakır. Bu konudaki ikinci eğilim, teorinin öğrenilmesi için daha güçlü motivasyon sağlar ve teori ile uygulama arasında daha iyi bir denge oluşturur. Öğrenme için mümkün olan en güçlü motivasyonu sağlamada ilgi ve amaç tarafından oynanan önemli rol göz ardı edilemez.

Ayrıca, mekanik eğitimcileri olarak bizler şu anlayışı vurgulamalıyız ki en iyi ihtimalle teori, mekaniğin gerçek dünyasına sadece bir yaklaşım olabilir ancak gerçek dünya problemleri teoriye yaklaşmaz. Felsefedeki bu farklılık gerçekten esastır ve mekaniğin *mühendisliğini*, mekaniğin *biliminden* ayırt eder.

Son birkaç on yıldır, mühendislik eğitiminde birçok şansız eğilim ortaya çıkmış durumdadır. Öncelikle, ön şart olan matematiğin geometrik ve fiziksel anlamı konusundaki vurgular azalmış gibi görünmektedir. İkinci olarak, geçmişte mekanik problemlerin görüştürülmesini ve sunumunu zenginleştiren grafiksel talimatlarda önemli oranda azalmalar hatta ortadan kaybolmalar olmaktadır. Üçüncü olarak, mekaniği ele alışımızdaki matematiksel seviyemizdeki ilerlemede vektör operasyonlarının notasyonel manipülasyonu, geometrik sunumu gölgede bırakmakta hatta onun yerini alma konusunda bir eğilim yaşanmaktadır. Mekanik, doğası gereği geometrik ve fiziksel algıya bağlı bir konudur ve bizim çabalarımız bu algıyı güçlendirmek doğrultusunda olmalıdır.

Bilgisayar kullanımı ile ilgili özel bir konu sıradadır. Öğrenciler için; probleme ait akıl ve muhakemenin geliştirildiği kısım olan problemin formülasyonu aşaması, manipülatif çözümü gerçekleştirilmeden belirgin bir şekilde daha önemlidir. Bu yüzden bilgisayar kullanımı dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. Şimdilik serbest cisim diyagramlarının oluşturulması ve ilgili denklemlerin çıkarılması en iyi şekilde kalem-kağıtla gerçekleştirilir. Öte yandan ilgili denklemlerin çözümünün ve görüntülenmesinin en iyi şekilde bilgisayar kullanımı ile gerçekleştirilebileceği durumlar da vardır. Bilgisayar yönelimli problemler, hiçbir gerekçe olmaksızın sırf bilgisayar kullanımını suni olarak kullanmaya zorlama adına bazı parametrelerin değiştirildiği “zoraki” problemlerden ziyade bir tasarım şartı veya karşılaşılan bir zorunluluk nedeni ile olmalıdır. Bu düşünceler bu Altıncı Baskıdaki bilgisayar yönelimli problemlerin tasarımında göz önüne alındı. Problem formülasyonu için yeterli zamanı ayırabilmek için, öğrencilerin bilgisayar yönelimli problemler konusunda sınırlı sayıda problemi göz önüne almalıdır.

Diğer baskılardaki gibi, *Mühendislik Mekaniği*'nin bu Altıncı Baskısı da yukarıdaki mantık doğrultusunda yazıldı. Öncelikle mekanikteki ilk mühendislik dersi, genellikle eğitimin ikinci yılında verilmek üzere tasarlanmıştır. *Mühendislik Mekaniği* hem kısa hem de kullanışlı olacak şekilde yazılmıştır. Özel durumlardan ziyade temel prensipler ve metotlar konusunda özel bir önem verilmiştir. Hem kısmen yeni temel fikirlerin uyumluluğu hem de az sayıdaki bu fikirlerin çözeceği geniş problem çeşitliliğini göstermek için özel bir çaba harcanmıştır.

## PEDAGOJİK ÖZELLİKLER

Bu kitabın temel yapısı, titizlikle ele alınan belirli bir konu, sonra da bir veya birkaç Örnek Problem, devamında ise bir Problemler grubu şeklinde sıralanmıştır. Her bir bölümün sonunda, bölümdeki temel noktaları özetleyen Bölüm Gözden Geçirme ve devamında da Gözden Geçirme Problemleri vardır.

### Problemler

121 adet Örnek Problem, özel olarak renklendirilmiş sayfalarda bulunmaktadır. Tipik dinamik problemlerin çözümleri detaylı bir şekilde sunulmuştur. İlave olarak, mavi halde açıklayıcı ve dikkat notları (Yararlı İpuçları) maddeler halinde sıralanmıştır.



Altıncı Baskıda yaklaşık yüzde 40'ı yenilenen 1569 ödev soruları vardır. Problem seti *Giriş Niteliğinde Problemler ve Tipik Örnek Sorular* şeklinde ayrılmıştır. İlk bölüm basit, öğrencilere yeni konuda kendilerinin güven kazanmalarına yardımcı olmak üzere tasarlanmış karışık olmayan problemlerden oluşmaktadır, ikinci bölümdeki problemlerin çoğu orta zorlukta ve uzunluktadır. Problemler genellikle artan zorluk derecesine göre düzenlenmiştir. Daha zor sorular *Tipik Örnek Soruların* sonlarına doğru yer almaktadır ve ► sembolü ile işaretlenmiştir. Yıldız sembolü ile işaretli olan *Bilgisayar Yönelimli Problemler* her bir bölümün sonundaki özel bir kısım olarak *Gözden Geçirme Problemlerinin* sonuç bölümünde verilmiştir. Tüm tek sayılı soruların ve tüm zor soruların cevapları verilmiştir.

SI sistemi ile bütünlük ve tezatlık sağlamak üzere içinde ABD biriminin kullanıldığı sınırlı sayıdaki giriş kısımları hariç, kitabın tümünde SI birim sistemi kullanılmıştır.

Diğer tüm baskılarda da olduğu gibi Altıncı Baskının önemli bir özelliği, mühendislik tasarımlarına uygulanan ilginç ve önemli problemlerin zenginliğidir. Bu şekilde direkt olarak belirlensin veya belirlenmesin hemen hemen tüm problemler, mühendislik yapılarının ve mekanik sistemlerin tasarım ve analizine özgü prensiplerle ve prosedürlerle ilgilidir.

## Çizimler

Çizimlere mümkün olan en gerçekçiliği ve açıklığı getirmek üzere, bu kitap serileri renkli olarak basılmaya devam etmektedir. Şu noktanın altını çizmek gerekir ki belirli özelliklerin ortaya çıkarılması için renk, uyumlu bir şekilde kullanılmıştır:

- *Kırmızı*, kuvvet ve momentler için,
- *Yeşil*, hız ve ivme okları için,
- *Turuncu çizgiler*, seçilen hareket eden noktaların yörüngeleri için.

Açık renkler, söz konusu problemde şeklin önemli olmayan parçaları için kullanılmıştır. Uygun yerlerde, genellikle ortak bir renge sahip olan mekanizmalar veya cisimler bu renkte resmedilmiştir. Bu *Mühendislik Mekaniği* serilerindeki kitapların önemli bir kısmı olan teknik çizimlerdeki temel elemanların tümü korunmuştur. Yazar, yüksek standartta bir çizimin, mekanik alanında yazılan kitaplarda önemli olduğu kanaatini koruduğunu bir kez daha vurgulamak ister.

## Bu Baskıya Ait Özellikler

Önceki baskılara damgasını vuran özellikleri korurken, aşağıdaki gelişmeleri gerçekleştirdik.

- İş-enerji ve İmpuls-momentum denklemleri konusunda temel vurgu şimdi hem Bölüm 3'teki maddesel noktalar hem de Bölüm 6'daki rijit cisimler konularında zaman-sıralı bir şekildedir.
- Hem maddesel noktalar hem de rijit cisimler için üç kısımlı İmpuls-momentum diyagramları konusuna yeni vurgu yapılmıştır. Bu diyagramlar, İmpuls – momentum denklemlerinin zaman-sıralı şekilleri ile iyi bir şekilde bütünleştirildi.
- Dinamiğin önemli bir rol oynadığı gerçek durumlarda ilave bağlantılar ortaya koymak üzere bölüm fotoğrafları ilave edilmiştir.
- Bu Altıncı Baskıda ev ödevlerinin yaklaşık %40'ı yenidir. Yüksek seviyede doğruluğu sağlamak amacıyla yeni problemlerin tümü bağımsız olarak çözülmüştür.
- Bilgisayar yönelimli problem çözümleri olan yeni Örnek Problemler ilave edilmiştir.

- Hızlı bir şekilde ayırt etmek için, tüm Örnek Problemler özel olarak renklendirilmiş sayfalarda verilmiştir.
- Kesinliği, netliği okunabilirliği ve kolaylığı en üst seviyeye çıkarmak amacıyla tüm teorik kısımlar yeniden gözden geçirilmiştir.
- Teorinin verilmesinde Anahtar Kavramlar özellikle işaretlenmiş ve renklendirilmiştir.
- Bölüm Gözden Geçirmeleri renklendirilmiş ve maddeler halinde özetlenmiştir.

## ORGANİZASYON

Maddesel noktaların dinamiği (Ünite I) ile rijit cisimlerin dinamiği (Ünite II) arasındaki mantıksal farklılık korunmuştur, her bir ünite kinematiği kinetikten önce ele alınmıştır. Bu düzenleme rijit cisimlerin dinamiği konusunda kapsamlı ve hızlı ilerlemeyi teşvik etmektedir ve maddesel noktanın dinamiğine kapsamlı bir ön girişi sağlamaktadır.

Bölüm 1'de dinamiğin çalışılması için gerekli temel kavramlar oluşturulmuştur.

Bölüm 2, farklı koordinat sistemlerinde maddesel noktaların kinematik hareketlerini, aynı zamanda bağıl ve sınırlandırılmış hareketi ele almaktadır.

Bölüm 3 maddesel noktanın kinematiğine ayrılmış olup üç temel metot konusuna odaklanmaktadır: kuvvet-kütle-ivme (Kısım A), iş-enerji (Kısım B) ve İmpuls-momentum (Kısım C). Çarpma, merkezi kuvvet hareketi ve bağıl hareket gibi özel konular özel bir uygulama bölümünde (Kısım D) bir arada gruplandırılmış olup eğiticinin tercihinin ve ders süresine göre belirlenmesi gereken bir alternatif kısım olarak hizmet vermektedir. Bu düzenleme ile öğrencilerin dikkati daha güçlü bir şekilde kinetik konusunda bu üç temel yaklaşıma odaklanmıştır.

Bölüm 4 maddesel noktalar sistemi konusuna ayrılmış olup tek bir maddesel noktanın hareket prensiplerinin devamı şeklindedir ve dinamiğin modern kapsamı için temel olan genel bağıntılara ayrılmıştır. Bu bölüm aynı zamanda kararlı kütle akışı ve değişken kütle konularını da içermekte olup ayrı bir seçenek kısım olarak da göz önüne alınabilir.

Bölüm 5 düzlemsel harekette rijit cisimlerin kinematiğine ayrılmış olup burada izafi hız ve izafi ivme denklemleri işlenmiş olup vektör geometrisi ile çözüm ve vektör cebri ile çözüm konularına birlikte değinilmiştir. Bu ikili yaklaşım, vektör matematiğinin anlamını güçlendirmeye yardımcı olmaktadır.

Bölüm 6 rijit cisimlerin kinetiğine ayrılmış olup burada düzlemsel hareketin tüm türlerini belirleyen temel denklemlere büyük bir vurgu yapılmıştır. Aynı zamanda gerçek kuvvetler ile momentler ve bunların  $m\bar{a}$  ve bileşenleri arasındaki direkt eşdeğer dengenin oluşturulması konusuna özel bir önem verilmiştir. Bu sayede moment bileşenlerinin değişkenliği prensibi vurgulanmış ve öğrencinin direkt olarak sonucu dinamik etkiler cinsinden düşünmesi teşvik edilmiştir.

Bölüm 7 seçmeli olarak ele alınabilir. Burada bilinen pek çok uzay hareket problemlerini çözmek için yeterli olacak üç boyutlu dinamik konusuna temel bir giriş yapılmaktadır. Daha sonra dinamik konusunda daha ileri bir çalışma yapacak olan öğrenciler için Bölüm 7 sağlam bir zemin sunacaktır. Kararlı devinimli bir jiroskopik hareket iki türlü ele alınır. İlk yaklaşım, kuvvet ile lineer momentum vektörleri ile momentum ve açısal momentum vektörleri arasındaki ilişkiyi esas alır. Bu sayede, öğrenci kararlı devinim jiroskopik olayını anlayabilir ve detaylı üç boyutlu dinamik çalışmadan da jiroskopi konusundaki mühendislik problemlerin çoğunun üstesinden gelebilir. İkinci yaklaşım üç boyutlu dönme için daha genel bir momentum denklemleri kullanır; bu durumda momentumun tüm bileşenleri göz önüne alınır.

Bölüm 8 titreşimler konusuna ayrılmıştır. Bu bölümün tümü, bilhassa temel dinamik dersinde titreşime ilgi duyması gereken öğrenciler açısından yararlıdır.

Kütlelerin momentlerin ve atalet momentleri Ek B'de sunulmuştur. Ek C, öğrencilere



rin bilgisayar çözümlü problemlerde kullanmak durumunda olduğu birçok matematik ve sayısal tekniğinin bazı temel konularını içermektedir. Yararlı fiziksel sabitler, ağırlık merkezleri ve atalet momentleri tablosu Ek D’de verilmiştir.

## DESTEKLER

Bu kitaba destek olmak üzere aşağıdaki ögeler hazırlanmıştır.

### Öğretim Elemanı Kılavuzu

Yazarlar tarafından hazırlanan ve bağımsız da olarak kontrol ettirilen kitaptaki tüm problemlerin detaylı çözümleri fakülteler için mevcut olup temini için yerel Wiley temsilcisi ile temasa geçilmesi gerekmektedir.

### Öğretim Elemanı Ders Kaynakları

(Metin şeklinde mevcut [www.wiley.com/college/meriam](http://www.wiley.com/college/meriam) adresinde mevcuttur.)

**WileyPlus:** Ders notları hazırlamak, sunmak, ev ödevlerini takip etmek, öğrencinin başarısını izlemek ve dersinizin içeriğini ve sunumunu kişiselleştirmek için tamamlanmış bir online öğrenme sistemi. Daha fazla bilgi için kitabın ön kısmına ve sunum için internet adresine bakınız. Kendi WileyPlus dersinizin oluşturulması için yerel Wiley temsilciniz ile görüşün.

**Ders için bilgisayar programı:** Öğretim elemanına yardımcı olmak üzere bilhassa büyük sınıflar için özel olarak tasarlandı. Kitaptaki şekillerden oluşturulmuş ve yazarlar tarafından yazılan bu bilgisayar programı Macromedia Flash® platformuna göre oluşturuldu. Animasyonların ana kullanımı, teoremin özet bir şekilde gözden geçirilmesi, pek çok örnek problemin var oluşu bu kaynağı öğrencilerin kendi kendine çalışmalarında oldukça yararlı hale getirmiştir.

**İnternet tabanlı simülasyonlar** ile dinamikteki temsili uygulamalarda duyarlılık (what-if) analizleri. Kettering Üniversitesinden Richard Stenley tarafından geliştirilen bu simülasyonlar öğretim elemanına bir değişkenin değişimi ile oluşan yeni sonuçların hem sayısal hem de görsel olarak incelenmesi imkanının sağlamaktadır. Buna kitabın internet adresinden ve WileyPlus paketinden ulaşılabilir.

Eğitim sunumları hazırlamak için kitaptaki tüm **şekillere** elektronik formatta ulaşılabilir.

Sınıfta sunmak ve tartışmak üzere tüm **Örnek Problemlere** elektronik doküman olarak ulaşılabilir.

Derste kullanılmak veya öğrencinin kendi kendine çalışması için, kitaptakine benzer şekilde 40’dan fazla çözümlü problemin pdf formatındaki **slaytlarına** ulaşılabilir.

**İlave örnek problemler** ile kitaptaki örnek problemler oluşturulmuş ve bu sayede “what-if” senaryolarını araştırmak üzere hesaplama araçlarının nasıl kullanılabileceğini gösterilmiştir. Hem fakülteler hem de öğrenciler için olan bu bölüm Ohio State Üniversitesinden Brain Harper tarafından geliştirilmiştir.

## Mekanik Problemlerin . . . İle Çözümü

Mekanik problemlerin çözümünde bilgisayar yazılımlarının kullanımı konusunda birçok kitapçık bulunmaktadır. Ohio State Üniversitesinden Brain Harper'in geliştirdiği bu kitaplar Matlab, MatCAD ve Maple için mevcuttur. Daha fazla bilgi için lütfen yerel Wiley temsilcinize başvurunuz veya kitaba ait [www.wiley.com/college/meriam](http://www.wiley.com/college/meriam) internet adresini ziyaret ediniz.

## TEŞEKKÜR

Değerli önerilerinden ve kitabın doğru bir şekilde kontrolü konusunda gösterdiği sürekli katkılarından dolayı önceleri Bell Telephone Laboratory'de çalışan Dr A.L. Hale'ye özel olarak teşekkür ederim. Dr Hale 1950'lere kadar geri giden bir şekilde bu mekanik kitaplarının serilerinin tüm önceki baskılarına benzer katkıyı yapmaktadır. Kendisi bu kitapların, eski ve yeni metinleri ve şekilleri dahil tüm konularını gözden geçirmiştir. Dr Hale her bir yeni ödev sorularının çözümleri için bağımsız bir çözüm oluşturmuştur ve yazara ve Öğretim Elemanı Kılavuzunda yer alan çözümler konusunda gerekli düzeltmeler ve önerilerde bulunmaktadır. Dr Hale, kendi çalışmalarındaki aşırı doğruluğu ile bilinir ve İngilizce dili konusundaki detaylı bilgisi bu kitabın her bir kullanıcıya yardımcı olan önemli bir değerdir.

Düzenli olarak yapıcı önerilerde bulunan VPI & SU'nin Department of Mechanical Science and Mechanics'in fakülte elemanlarına teşekkür ederim. Bu kişiler arasında Scott L. Hendricks, Saad A. Ragab, Norman E. Dowling, Michael W. Hyer ve J. Wallace Grant sıralanabilir. Daha önceki Beşinci Baskıya katkılarda bulunan University of Rhode Island'dan William J. Palm, III'a tekrar minnetle teşekkür ederim. İlave olarak 30 yıllık yardımcım olan Vanessa McCoy'a bu kitap projesine de sağladığı uzun süreli katkılarında dolayı teşekkür ederim.

Aşağıda (alfabetik olarak) verilen kişiler Beşinci Baskıya katkı sağladılar, Altıncı Baskısının örneklerini gözden geçirdiler ve Altıncı Baskıya diğer katkılarda bulundular.

Michael Ales, *U.S. Merchant Marine Academy*  
 Joseph Arumala, *University of Maryland Eastern Shore*  
 Eric Austin, *Clemson University*  
 Stephen Bechtel, *Ohio State University*  
 Peter Birkemoe, *University of Toronto*  
 Achala Chatterjee, *San Bernardino Valley College*  
 Yi-chao Chen, *University of Houston*  
 Mary Cooper, *Cal Poly San Luis Obispo*  
 Mukaddes Darwish, *Texas Tech University*  
 Kurt DeGoede, *Elizabethtown College*  
 John DesJardins, *Clemson University*  
 Larry DeVries, *University of Utah*  
 Craig Downing, *Southeast Missouri State University*  
 William Drake, *Missouri State University*  
 Raghu Echempati, *Kettering University*  
 Amelito Enriquez, *Canada College*  
 Sven Esche, *Stevens Institute of Technology*  
 Wallace Franklin, *U.S. Merchant Marine Academy*  
 Barry Goodno, *Georgia Institute of Technology*  
 Robert Harder, *George Fox University*  
 Javier Hasbun, *University of West Georgia*



Javad Hashemi, *Texas Tech University*  
Scott Hendricks, *Virginia Tech*  
Robert Hyers, *University of Massachusetts, Amherst*  
Matthew Ikle, *Adams State College*  
Duane Jardine, *University of New Orleans*  
Qing Jiang, *University of California, Riverside*  
Jennifer Kadlowec, *Rowan University*  
Robert Kern, *Milwaukee School of Engineering*  
John Krohn, *Arkansas Tech University*  
Keith Lindler, *United States Naval Academy*  
Francisco Manzo-Robledo, *Washington State University*  
Geraldine Milano, *New Jersey Institute of Technology*  
Saeed Niku, *Cal Poly San Luis Obispo*  
Wilfrid Nixon, *University of Iowa*  
Karim Nohra, *University of South Florida*  
Vassilis Panoskaltzis, *Case Western Reserve University*  
Chandra Putcha, *California State University, Fullerton*  
Blayne Roeder, *Purdue University*  
Eileen Rossman, *Cal Poly San Luis Obispo*  
Nestor Sanchez, *University of Texas, San Antonio*  
Scott Schiff, *Clemson University*  
Sergey Smirnov, *Texas Tech University*  
Sally Steadman, *University of South Alabama*  
Ertugrul Taciroglu, *UCLA*  
Constantine Tarawneh, *University of Texas*  
John Turner, *University of Wyoming*  
Mohammed Zikry, *North Carolina State University*

John Wiley & Sons Inc.'in elemanlarından Editör Joe Hayton, Kıdemli Üretim Editörü Lisa Wojcik, Kıdemli Tasarımcı Kevin Murphy, Görsel Editör Sigmund Malinowski ve Fotoğrafçı Lisa Gee yüksek seviyede profesyonel çabaları ile katkılarda bulundular ve katkıları hakkıyla takdir edilmektedirler. Camelot Editorial Services, LLC'den Christine Cervoni'yi önemli baskı çabalarından dolayı özel olarak anmak isterim. Precision Graphics'ten yetenekli çizerler yüksel standarttaki resimlerini sürdürmeye devam etmektedirler.

Son olarak ailemin son derece önemli katkılarını dile getirmek isterim. Bu proje için gösterdikleri sabır ve desteğe ilave olarak eşim Dale, Altıncı Baskının hazırlanmasını sağladı ve kontrolün her bir aşamasında anahtar bir kişi görevinde idi. İlave olarak oğlum David, problemler konusundaki fikirlerine, çizimlere ve birçok problemin çözümüne katkı sağladı.

Bu kitapların 50 yıllık zaman sürecinin uzatılmasına katkıda bulunabildiğim için son derece mutluyum. Gelecek yıllar için de mümkün olan en iyi eğitim materyallerini sizlere sunmak adına, görüş ve önerilerinizi bekliyoruz. Lütfen yorumlarınızı [kraige@vt.edu](mailto:kraige@vt.edu) adresine gönderin.

*L. Glenn Kraige*

Blacksburg, Virginia





# TÜRKÇE BASKIYA ÖN SÖZ

**Statik** ve **Dinamik** şeklinde iki ayrı kısımdan oluşan **Mühendislik Mekaniği** dersleri, başta Mühendislik Fakültelerinin çoğu bölümleri olmak üzere Teknoloji ve Teknik Eğitim Fakültelerinin de ilgili bölümlerinde lisans seviyesinde okutulan önemli bir mesleki temel derstir. Ders kapsamındaki konuların iyi bir şekilde anlaşılması gerek eğitim-öğretim açısında gerekse iş ve meslek hayatındaki başarılar açısından oldukça önem arz etmektedir.

Mühendislik Mekaniği konusunda yazılmış birçok kitap bulunmakla birlikte **J.L. Merriam** ve **L.G. Kraige** tarafından yazılan **Mühendislik Mekaniği - Dinamik** kitabının bu **6. Baskısı** dünyada bu konuda kabul görmüş en temel kitaplardan biridir. Kitabın elinizdeki bu Türkçe tercümesi dersin gerek öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılmasına gerekse öğretim elemanlarınca da daha iyi aktarılmasına önemli katkılar sağlayacağını düşünmekteyiz.

Bu önemli eserin Türkçeye tercüme edilmesi, konusunda uzman öğretim üyelerince özenli bir şekilde ve orijinaline bire-bir bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir.

Kitabı yayınları arasına alan **Nobel Akademik Yayıncılık**'tan **Nevzat Argun**'a öncelikle teşekkür ederiz. Kitabın yayına hazırlanmasında emeği geçen **Aras Çiftçi**, **Kahraman Boğaz**, **Mehtap Yürümez** ve yayınevinin diğer çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

Kitabın tercümesine aktif katkı sağlayan **Prof. Dr. Mustafa Kemal Apalak**'a **Doç. Dr. Binnur GÖREN Kırıl**'a, **Prof. Dr. Emine Çınar Yeni**'ye, **Yrd. Doç. Dr. Ahmet Çelik**'e ve **Doç. Dr. Murat Makaracı**'ya teşekkür ederiz.

Kitabın tüm kullanıcılara yararlı olmasını diliyoruz.

*Prof. Dr. Paşa YAYLA*  
*İstanbul, 2016*

# İÇİNDEKİLER

## ÜNİTE I

### MADDESEL NOKTALARIN DİNAMİĞİ 1

#### BÖLÜM 1

#### DİNAMİĞE GİRİŞ 3

1/1	Tarihçe ve Modern Uygulamalar	3
1/2	Temel Kavramlar	4
1/3	Newton Yasaları	6
1/4	Birimler	6
1/5	Yer Çekimi	8
1/6	Boyutlar	11
1/7	Dinamikte Problemlerin Çözümü	12
1/8	Bölüm Gözden Geçirme	15

**BÖLÜM 2****MADDESEL NOKTALARIN KİNEMATİĞİ 21**

2/1	Giriş	21
2/2	Doğrusal Hareket	22
2/3	Düzlem Eğrisel Hareket	40
2/4	Kartezyen Koordinatlar ( $x-y$ )	43
2/5	Normal ve Teğetsel Koordinatlar ( $n-t$ )	55
2/6	Kutupsal Koordinatlar ( $r-\theta$ )	68
2/7	Uzayda Eğrisel Hareketi	81
2/8	İzafi Hareket (Ötelenen Eksenler)	91
2/9	Birbirini Bağlı Maddesel Noktaların Sınırlandırılmış Hareketi	101
2/10	Bölüm Gözden Geçirme	109

**BÖLÜM 3****MADDESEL NOKTALARIN KİNETİĞİ 119**

3/1	Giriş	119
<b>KISIM A. KUVVET, KÜTLE VE İVME</b>		120
3/2	Newton'un İkinci Yasası	120
3/3	Hareket Denklemi ve Problemlerin Çözümleri	124
3/4	Doğrusal Hareket	126
3/5	Eğrisel Hareket	140
<b>KISIM B. İŞ VE ENERJİ</b>		157
3/6	İş ve Kinetik Enerji	157
3/7	Potansiyel Enerji	177
<b>KISIM C. İMPULS VE MOMENTUM</b>		193
3/8	Giriş	193
3/9	Doğrusal İmpuls ve Doğrusal Momentum	193
3/10	Açısal İmpuls ve Açısal Momentum	209
<b>KISIM D. ÖZEL UYGULAMALAR</b>		221
3/11	Giriş	221
3/12	Çarpma	221
3/13	Merkezi-Kuvvet Hareketi	234
3/14	İzafi Hareket	248
3/15	Bölüm Gözden Geçirme	259

**BÖLÜM 4****MADDESEL NOKTALAR SİSTEMİNİN KİNETİĞİ 273**

4/1	Giriş	273
4/2	Newton'un Genelleştirilmiş İkinci Yasası	274
4/3	İş-Enerji	275



4/4	İmpuls-Momentum	277
4/5	Enerji ve Momentumun Korunumu	281
4/6	Kararlı Kütle Akışı	293
4/7	Değişken Kütle	308
4/8	Bölüm Gözden Geçirme	321

## ÜNİTE II

### RİJİT CİSİMLERİN DİNAMİĞİ 329

#### BÖLÜM 5

#### RİJİT CİSİMLERİN DÜZLEM KİNEMATİĞİ 331

5/1	Giriş	331
5/2	Dönme	333
5/3	Mutlak Hareket	344
5/4	İzafi Hız	356
5/5	Ani Dönme Merkezi	371
5/6	İzafi İvme	381
5/7	Dönen Eksen Takımlarına Göre İzafi Hareket	395
5/8	Bölüm Gözden Geçirme	411

#### BÖLÜM 6

#### RİJİT CİSİMLERİN DÜZLEMSEL KİNETİĞİ 419

6/1	Giriş	419
<b>KISIM A. KUVVET, KÜTLE VE İVME</b>		421
6/2	Hareketin Genel Denklemleri	421
6/3	teleme	428
6/4	Sabit Eksen Dönmesi	441
6/5	Genel Düzlemsel Hareket	454
<b>KISIM B. İŞ VE ENERJİ</b>		471
6/6	İş-Enerji Bağıntıları	471
6/7	İş-Enerjiden Dolayı İvmelenme; Virtüel İş	489
<b>KISIM C. İMPULS VE MOMENTUM</b>		498
6/8	İmpuls-Momentum Denklemleri	498
6/9	Bölüm Gözden Geçirme	515

#### BÖLÜM 7

#### RİJİT CİSİMLERİN  BOYUTLU DİNAMİĞİNE GİRİŞ 527

7/1	Giriş	527
-----	-------	-----

<b>KISIM A. KİNEMATİK</b>	<b>528</b>
7/2 Öteleme	528
7/3 Sabit Eksen Dönmesi	528
7/4 Paralel Düzlem Hareketi	529
7/5 Sabit Bir Noktaya Göre Dönme	529
7/6 Genel Hareket	542
<b>KISIM B. KİNETİK</b>	<b>554</b>
7/7 Açısal Momentum	554
7/8 Kinetik Enerji	557
7/9 Hareketin Momentum ve Enerji Denklemleri	566
7/10 Paralel-Düzlem Hareketi	568
7/11 Jiroskopik Hareket: Kararlı Devinim	575
7/12 Bölüm Gözden Geçirme	594
<b>BÖLÜM 8</b>	
<b>TİTREŞİM VE ZAMAN CEVABI</b>	<b>601</b>
8/1 Giriş	601
8/2 Maddesel Noktaların Serbest Titreşimi	602
8/3 Maddesel Noktaların Zorlanmış Titreşimi	620
8/4 Rijit Cisimlerin Titreşimi	634
8/5 Enerji Yöntemleri	644
8/6 Bölüm Gözden Geçirme	654
<b>EKLER</b>	
<b>EK A</b>	
<b>ALAN ATALET MOMENTLERİ</b>	<b>661</b>
<b>EK B</b>	
<b>KÜTLE ATALET MOMENTLERİ</b>	<b>663</b>
B/1 Bir Eksene Göre Kütle Atalet Momenti	663
B/2 Çarpım Ataletleri	680
<b>EK C</b>	
<b>MATEMATİKTE SEÇİLMİŞ KONULAR</b>	<b>691</b>
C/1 Giriş	691
C/2 Düzlem Geometri	691
C/3 Katı Cisimler	692
C/4 Cebir	692
C/5 Analitik Geometri	693
C/6 Trigonometri	693
C/7 Vektör İşlemleri	694
C/8 Seriler	697
C/9 Türevler	697
C/10 İntegraller	698

<b>C/11</b>	<b>Zor Denklemlerin özümü İin Newton Prensibi</b>	<b>701</b>
<b>C/12</b>	<b>Sayısal İntegrasyon İin Seilmiş Teknikler</b>	<b>703</b>
<b>EK D</b>		
<b>YARARLI TABLOLAR</b>		<b>707</b>
<b>Tablo D/1</b>	<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>707</b>
<b>Tablo D/2</b>	<b>Güneş Sistemi Sabitleri</b>	<b>708</b>
<b>Tablo D/3</b>	<b>Düzlemsel Şekillerin Özellikleri</b>	<b>709</b>
<b>Tablo D/4</b>	<b>Homojen Katıların Özellikleri</b>	<b>711</b>
<b>DİZİN</b>		<b>715</b>