
THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS

Second Edition

Joseph Edward Shigley

*Late Professor of Mechanical Engineering
The University of Michigan*

John Joseph Uicker, Jr.

*Professor of Mechanical Engineering
University of Wisconsin-Madison*

**TÀI LIỆU LƯU HÀNH NỘI BỘ
KHÔNG MUA BÁN, SAO CHÉP**



V.1

621.8
6355

THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS

Second Edition

Joseph Edward Shigley

*Late Professor of Mechanical Engineering
The University of Michigan*

John Joseph Uicker, Jr.

*Professor of Mechanical Engineering
University of Wisconsin-Madison*

McGraw-Hill, Inc.

New York St. Louis San Francisco Auckland Bogotá
Caracas Lisbon London Madrid Mexico City Milan
Montreal New Delhi San Juan Singapore Sydney Tokyo Toronto



CONTENTS

Preface

xvii

Part I Kinematics and Mechanisms

1	The World of Mechanisms	3
1-1	Introduction	3
1-2	Analysis and Synthesis	4
1-3	The Science of Mechanics	4
1-4	Terminology, Definitions, and Assumptions	6
1-5	Planar, Spherical, and Spatial Mechanisms	11
1-6	Mobility	13
1-7	Classification of Mechanisms	17
1-8	Kinematic Inversion	32
1-9	Grashof's Law	33
1-10	Mechanical Advantage	35
	Problems	37
2	Position and Displacement	39
2-1	Locus of a Moving Point	39
2-2	Position of a Point	42
2-3	Position Difference between Two Points	43
2-4	Apparent Position of a Point	45
2-5	Absolute Position of a Point	46
2-6	The Loop-Closure Equation	47
2-7	Graphical Position Analysis	52
2-8	Algebraic Position Analysis	59
2-9	Complex-Algebra Solutions of Planar Vector Equations	63
2-10	Complex Polar Algebra	65
2-11	Position Analysis Techniques	68
2-12	The Chace Solutions to Planar Vector Equations	72
2-13	Coupler-Curve Generation	76
2-14	Displacement of a Moving Point	78

ix

2-15	Displacement Difference between Two Points	79
2-16	Rotation and Translation	81
2-17	Apparent Displacement	81
2-18	Absolute Displacement	83
	Problems	84

3	Velocity	89
3-1	Definition of Velocity	89
3-2	Rotation of a Rigid Body	90
3-3	Velocity Difference between Points of the Same Rigid Body	93
3-4	Geometric Methods; Velocity Polygons	95
	Apparent Velocity of a Point in a Moving Coordinate System	103
	Apparent Angular Velocity	108
	Direct Contact and Rolling Contact	109
	Complex-Algebra Methods	111
	Analytical Methods	115
3-10	The Instantaneous Center of Velocity	116
3-11	The Three-Center Theorem of Three Centers	118
3-12	The Kennedy Theorem of Three Centers	120
3-13	Locating Instant Centers of Velocity	122
3-14	Velocity Analysis Using Instant Centers	125
	The Angular-Velocity-Ratio Theorem	129
	Freudenstein's Theorem	130
	Indexes of Merit; Mechanical Advantage	132
	Cam-Follower Mechanisms	135
	Problems	137

4	Acceleration	149
4-1	Definition of Acceleration	149
4-2	Angular Acceleration	152
4-3	Acceleration Difference between Points of a Rigid Body	152
4-4	Acceleration Polygons	159
4-5	The Apparent Acceleration of a Point in a Moving Coordinate System	163
4-6	Apparent Angular Acceleration	171
4-7	Direct Contact and Rolling Contact	172
4-8	Analytical Methods	175
4-9	The Chace Solutions	177
4-10	The Instant Center of Acceleration	179
4-11	The Euler-Savory Equation	181
4-12	The Bobillier Constructions	186
4-13	The Cubic of Stationary Curvature	190
	Problems	192

Part II Design of Mechanisms

5	Cam Design	201
5-1	Introduction	201
5-2	Classification of Cams and Followers	202
5-3	Displacement Diagrams	205
5-4	Graphical Layout of Cam Profiles	208
5-5	Derivatives of the Follower Motion	212
5-6	High-Speed Cams	216
5-7	Standard Cam Motions	218
5-8	Matching Derivatives of Displacement Diagrams	229
5-9	Plate Cam with Reciprocating Flat-Face Follower	232
5-10	Plate Cam with Reciprocating Roller Follower	237
	Problems	248
6	Spur Gears	250
6-1	Terminology and Definitions	250
6-2	Fundamental Law of Toothed Gearing	252
6-3	Involute Properties	253
6-4	Interchangeable Gears; AGMA Standards	255
6-5	Fundamentals of Gear-Tooth Action	256
6-6	The Forming of Gear Teeth	260
6-7	Interference and Undercutting	263
6-8	Contact Ratio	266
6-9	Varying the Center Distance	269
6-10	Involutometry	271
6-11	Nonstandard Gear Teeth	274
	Problems	284
7	Helical Gears	288
7-1	Parallel-Axis Helical Gears	288
7-2	Helical-Gear-Tooth Relations	289
7-3	Helical-Gear-Tooth-Proportions	292
7-4	Contact of Helical-Gear Teeth	293
7-5	Herringbone Gears	294
7-6	Crossed-Axis Helical Gears	294
	Problems	296
8	Bevel Gears	298
8-1	Straight-Tooth Bevel Gears	298
8-2	Tooth Proportions for Bevel Gears	303
8-3	Crown and Face Gears	304
8-4	Spiral Bevel Gears	305
8-5	Hypoid Gears	307
	Problems	307

9	Worm Gears	308
9-1	Basics	308
	Problems	312
10	Mechanism Trains	313
10-1	Parallel-Axis Gear Trains and Definitions	313
10-2	Examples of Gear Trains	315
10-3	Determining Tooth Numbers	316
10-4	Epicyclic Gear Trains	317
10-5	Bevel-Gear Epicyclic Trains	320
10-6	Solution of Planetary Trains by Formula	321
10-7	Tabular Analysis of Planetary Trains	323
10-8	Differentials	326
10-9	All-Wheel Drive Train	331
	Problems	332
11	Synthesis of Linkages	338
11-1	Type, Number, and Dimensional Synthesis	339
	Function Generation, Path Generation, and Body Guidance	339
	Two-Position Synthesis of Crank-and-Crank Mechanisms	340
	Two-Position Synthesis of Crank-and-Rocker Mechanisms	340
11-5	Crank-Rocker Mechanisms with Optimum Transmission Angle	342
11-6	Three-Position Synthesis	345
11-7	Four-Position Synthesis; Point-Precision Reduction	347
11-8	Precision Positions; Structural Error; Chebychev Spacing	349
11-9	The Overlay Method	351
11-10	Coupler-Curve Synthesis	353
11-11	Cognate Linkages; The Roberts-Chebychev Theorem	358
11-12	Bloch's Method of Synthesis	361
11-13	Freudenstein's Equation	363
11-14	Analytical Synthesis Using Complex Algebra	367
11-15	Synthesis of Dwell Mechanisms	371
11-16	Intermittent Rotary Motion	373
	Problems	376
12	Spatial Mechanisms	380
12-1	Introduction	380
12-2	Exceptions in the Mobility of Mechanisms	383
12-3	The Position-Analysis Problem	387
12-4	Velocity and Acceleration Analysis	392
12-5	The Eulerian Angles	399
12-6	The Denavit-Hartenberg Parameters	403

12-7	Transformation-Matrix Position Analysis	405
12-8	Matrix Velocity and Acceleration Analysis	408
12-9	Generalized Mechanism-Analysis Computer Programs	413
	Problems	416
13	Robotics	421
13-1	Introduction	421
13-2	Topological Arrangements of Robotic Arms	422
13-3	Forward Kinematics	425
13-4	Inverse Position Analysis	428
13-5	Inverse Velocity and Acceleration Analysis	432
13-6	Robot-Actuator Force Analysis	436
	Problems	438

Part III Dynamics of Machines

14	Static Force Analysis	443
14-1	Introduction	443
14-2	Newton's Laws	445
14-3	Systems of Units	446
14-4	Applied and Constraint Forces	448
14-5	Free-Body Diagrams	451
14-6	Conditions for Equilibrium	453
14-7	Two- and Three-Force Members	454
14-8	Four-Force Members	459
14-9	Friction-Force Models	462
14-10	Static Force Analysis with Friction	465
14-11	Spur- and Helical-Gear Force Analysis	467
14-12	Straight-Bevel-Gear Force Analysis	473
14-13	The Method of Virtual Work	476
	Problems	480
15	Dynamic Force Analysis (Planar)	490
15-1	Introduction	490
15-2	Centroid and Center of Mass	491
15-3	Mass Moments and Products of Inertia	495
15-4	Inertia Forces and D'Alembert's Principle	499
15-5	The Principle of Superposition	506
15-6	Planar Rotation about a Fixed Center	511
15-7	Shaking Forces and Moments	514
	Problems	515
16	Dynamic Force Analysis (Spatial)	522
16-1	Introduction	522
16-2	Measuring Mass Moment of Inertia	523
16-3	Transformation of Inertia Axes	52
16-4	Euler's Equations of Motion	5

16-5	Impulse and Momentum	535
16-6	Angular Impulse and Angular Momentum Problems	536 542
17	Vibration Analysis	548
17-1	Differential Equations of Motion	548
17-2	A Vertical Model	552
17-3	Solution of the Differential Equation	553
17-4	Step-Input Forcing	557
17-5	Phase-Plane Representation	560
17-6	Phase-Plane Analysis	563
17-7	Transient Disturbances	566
17-8	Free Vibration with Viscous Damping	571
17-9	Damping Obtained by Experiment	573
17-10	Phase-Plane Representation of Damped Vibration	575
17-11	Response to Periodic Forcing	580
17-12	Harmonic Forcing	583
17-13	Forcing Caused by Unbalance	589
17-14	Relative Motion	590
17-15	Isolation	590
17-16	Rayleigh's Method	594
17-17	Torsional Systems	597
	Problems	599
18	Mechanics of Reciprocating Engines	605
18-1	Engine Types	605
18-2	Indicator Diagrams	610
18-3	Dynamic Analysis—General	616
18-4	Inertial Forces	616
18-5	Equivalent Masses	619
18-6	Inertia Forces	621
18-7	Bearing Loads in the Single-Cylinder Engine	623
18-8	Crankshaft Torque	627
18-9	Engine Shaking Forces	628
18-10	Computation Hints	629
	Problems	631
19	Balancing	633
19-1	Static Unbalance	633
19-2	Equations of Motion	634
19-3	Static Balancing Machines	637
19-4	Dynamic Unbalance	639
19-5	Analysis of Unbalance	640
19-6	Dynamic Balancing	645
19-7	Balancing Machines	648
19-8	Field Balancing with a Programmable Calculator	652
19-9	Balancing a Single-Cylinder Engine	655
19-10	Balancing Multicylinder Engines	660

19-11	Balancing Linkages	664
19-12	Balancing of Machines Problems	670 671
20	Cam Dynamics	675
20-1	Rigid- and Elastic-Body Cam Systems	675
20-2	Analysis of an Eccentric Cam	676
20-3	Effect of Sliding Friction	680
20-4	Analysis of a Disk Cam with Reciprocating Roller Follower	681
20-5	Analysis of Elastic Cam Systems	683
20-6	Unbalance, Spring Surge, and Windup Problems	686 688

Appendix

Table 1	Standard SI Prefixes	691
Table 2	Conversion from US Customary Units to SI Units	692
Table 3	Conversion from SI Units to US Customary Units	692
Table 4	Properties of Areas	693
Table 5	Mass Moments of Inertia	694
Table 6	Involute Function	695
	Answers to Selected Problems	699
	Index	707

Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!

Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !

Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !



Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại
Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: thuvienspkt@hcmute.edu.vn
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

Thông tin tài trợ!



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing. There are 18 lines in total, providing a structured space for text.



Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!

Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !

Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !



Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại
Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: thuvienspkt@hcmute.edu.vn
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

Thông tin tài trợ!



A series of horizontal dotted lines arranged in a column, providing a space for writing. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.

