

Inhaltsverzeichnis

Vorwort *IX*

Danksagung *XIII*

1	Einführung	<i>1</i>
1.1	Mehrkörpersimulation	<i>2</i>
1.2	Bewegungen und Zwangsbedingungen	<i>4</i>
1.3	Freiheitsgrade	<i>7</i>
1.4	Kinematische Analyse	<i>10</i>
1.5	Kraftanalyse	<i>13</i>
1.6	Dynamische Gleichungen und ihre unterschiedlichen Formen	<i>14</i>
1.7	Direkte und inverse Dynamik	<i>16</i>
1.8	Ebene und räumliche Dynamik	<i>18</i>
1.9	Computermethoden und numerische Verfahren	<i>20</i>
1.10	Aufbau, Ziel und Schreibweisen dieses Buches	<i>22</i>
2	Lineare Algebra	<i>25</i>
2.1	Matrizen	<i>26</i>
2.2	Matrizenoperationen	<i>28</i>
2.3	Vektoren	<i>38</i>
2.4	Dreidimensionale Vektoren	<i>48</i>
2.5	Lösung algebraischer Gleichungssysteme	<i>55</i>
2.6	Dreiecksfaktorisierung	<i>63</i>
2.7	Die QR-Zerlegung	<i>68</i>
2.8	Singulärwertzerlegung	<i>84</i>
3	Kinematik	<i>97</i>
3.1	Kinematik starrer Körper	<i>98</i>
3.2	Geschwindigkeitsgleichungen	<i>102</i>
3.3	Beschleunigungsgleichungen	<i>104</i>
3.4	Kinematik eines sich auf einem starren Körper bewegenden Punkts	<i>105</i>
3.5	Kinematik mit Zwangsbedingungen	<i>107</i>

3.6	Der klassische kinematische Ansatz	115
3.7	Der rechnergestützte kinematische Ansatz	137
3.8	Formulierung der Antriebsbindungen	140
3.9	Formulierung von Gelenkbindungen	142
3.10	Computermethoden in der Kinematik	155
3.11	Umsetzung auf dem Computer	164
3.12	Kinematische Modellierung und Analyse	176
3.13	Schlussbemerkungen	184
4	Formen der dynamischen Gleichungen	193
4.1	Das d'Alembert'sche Prinzip	194
4.2	Das d'Alembert'sche Prinzip und die Newton-Euler-Gleichungen	199
4.3	Gebundene Dynamik	202
4.4	Erweiterte Formulierung	206
4.5	Lagrange-Multiplikatoren	208
4.6	Eliminierung der abhängigen Beschleunigungen	210
4.7	Einbettungsverfahren	213
4.8	Vereinigte Formulierung	215
4.9	Systeme mit offenen kinematischen Ketten	216
4.10	Systeme mit geschlossenen kinematischen Ketten	222
4.11	Schlussbemerkungen	229
5	Virtuelle Arbeit und Lagrange-Dynamik	231
5.1	Virtuelle Verrückungen	231
5.2	Kinematische Bindungen und Separation der Koordinaten	235
5.3	Virtuelle Arbeit	246
5.4	Beispiele für Kraftelemente	253
5.5	Ideale Bindungen	268
5.6	Das Prinzip der virtuellen Arbeit in der Statik	270
5.7	Das Prinzip der virtuellen Arbeit in der Dynamik	279
5.8	Die Lagrange-Gleichung	285
5.9	Gibbs-Appell-Gleichung	290
5.10	Die Hamilton-Formulierung	290
5.11	Der Zusammenhang zwischen der virtuellen Arbeit und dem Gauß'schen Eliminationsverfahren	297
6	Gebundene Dynamik	307
6.1	Verallgemeinerte Trägheit	308
6.2	Massenmatrix und Zentrifugalkräfte	313
6.3	Bewegungsgleichungen	319
6.4	System von starren Körpern	321
6.5	Eliminierung der Bindungskräfte	326
6.6	Lagrange-Multiplikatoren	336
6.7	Dynamische Bindungsgleichungen	344
6.8	Gelenkreaktionskräfte	352

- 6.9 Eliminierung der Lagrange-Multiplikatoren 355
- 6.10 Zustandsraumdarstellung 358
- 6.11 Numerische Integration 362
- 6.12 Implementierung von Algorithmen und dünn besetzten Matrizen 371
- 6.13 Differential- und algebraische Gleichungen 375
- 6.14 Inverse Dynamik 382
- 6.15 Statische Analyse 385

- 7 Räumliche Dynamik 393**
 - 7.1 Allgemeine Verschiebung 394
 - 7.2 Endliche Rotation 395
 - 7.3 Euler-Winkel 404
 - 7.4 Geschwindigkeit und Beschleunigung 406
 - 7.5 Verallgemeinerte Koordinaten 412
 - 7.6 Verallgemeinerte Trägheitskräfte 416
 - 7.7 Verallgemeinerte wirkende Kräfte 430
 - 7.8 Dynamische Bewegungsgleichungen 438
 - 7.9 Gebundene Dynamik 443
 - 7.10 Formulierung der Gelenkbindungen 446
 - 7.11 Newton-Euler-Gleichungen 456
 - 7.12 Das d'Alembert'sche Prinzip 458
 - 7.13 Linearer Impuls und Drehimpuls 459
 - 7.14 Rekursive Verfahren 462

- 8 Spezielle Themen aus der Dynamik 489**
 - 8.1 Kreisel und Euler-Winkel 489
 - 8.2 Rodriguez-Formel 494
 - 8.3 Euler-Parameter 498
 - 8.4 Rodriguez-Parameter 502
 - 8.5 Quaternionen 504
 - 8.6 Kontakt zwischen Körpern 508
 - 8.7 Stabilität und Eigenwertuntersuchungen 514

- 9 Computercodes für Mehrkörpersysteme 521**
 - 9.1 Einführung in SAMS/2000 522
 - 9.2 Codestruktur 525
 - 9.3 Systemerkennung und Datenstruktur 527
 - 9.4 Installation des Codes und theoretischer Hintergrund 529
 - 9.5 Einrichtung von SAMS/2000 531
 - 9.6 Anwendung des Codes 533
 - 9.7 Körperdaten 535
 - 9.8 Bindungsdaten 542
 - 9.9 Durchführung der Simulationen 545
 - 9.10 Stapelverarbeitung 548

- 9.11 Steuerung der Grafik 551
- 9.12 Möglichkeiten der Animation 554
- 9.13 Allgemeine Verwendung der Dateneingabemasken 554
- 9.14 Räumliche Analyse 558
- 9.15 Spezielle Module und Merkmale des Programms 561

Literatur 569

Sachverzeichnis 573