

INDICE

- XI *Introduzione*
- XIV *Guida alla lettura*
- XVII *Convenzioni e notazioni utilizzate nel testo*
- XIX *L'Editore ringrazia*

3 **Capitolo primo • Introduzione**

- 3 1.1 La meccanica applicata alle macchine
- 4 1.2 Macchine e meccanismi
 - 1.2.1 Tipi di macchine, p. 6 – 1.2.2 Componenti, p. 9 – 1.2.3 Tipi di meccanismi, p. 10
- 13 1.3 Tipici problemi della meccanica delle macchine
- 14 1.4 La creazione di modelli
- 16 1.5 Contenuto del testo

19 **Capitolo secondo • Coppie cinematiche e meccanismi**

- 19 2.1 Vincoli e geometria del contatto fra corpi rigidi
- 21 2.2 Coppie cinematiche
- 27 2.3 Realizzazione delle coppie cinematiche
- 29 2.4 Catene cinematiche
- 32 2.5 Mobilità delle catene cinematiche piane
- 34 2.6 Criteri geometrici di mobilità
- 37 2.7 Mobilità dei meccanismi in moto rigido generale
- 41 *Esercizi*

43 **Capitolo terzo • Forze di contatto ed effetti dissipativi**

- 43 3.1 Introduzione
- 45 3.2 Contatti superficiali: la teoria di Hertz
 - 3.2.1 Contatti puntiformi, p. 46 – 3.2.2 Contatti lineari, p. 48
- 50 3.3 Attrito radente: il modello di Coulomb
- 55 3.4 Azioni fluidodinamiche
 - 3.4.1 Attrito viscoso, p. 56 – 3.4.2 Resistenza fluidodinamica (regime turbolento), p. 57 – 3.4.3 Attrito nei cuscinetti lubrificati, p. 59
- 60 3.5 Attrito interno

61	3.6	Resistenze al rotolamento
64	3.7	Usura
67	3.8	Cenni sugli urti
71	<i>Esercizi</i>	
75	Capitolo quarto • Cinematica dei meccanismi piani	
75	4.1	Introduzione
76	4.2	Fondamenti
80	4.3	Modello matematico
83	4.4	Analisi di posizione
90	4.5	Analisi di velocità
		4.5.1 Formulazione geometrica, p. 90 – 4.5.2 Formulazione matematica, p. 94
98	4.6	Aspetti geometrici della cinematica dei meccanismi
		4.6.1 Centro di istantanea rotazione, p. 98 – 4.6.2 Polari del moto, p. 101 –
		4.6.3 Profili coniugati, p. 104
106	4.7	Analisi di accelerazione
		4.7.1 Formulazione geometrica, p. 106 – 4.7.2 Formulazione matematica, p. 108
113	<i>Esercizi</i>	
115	Capitolo quinto • Statica dei meccanismi	
116	5.1	Introduzione
117	5.2	Analisi statica di meccanismi e strutture
122	5.3	Equilibrio dei meccanismi
		5.3.1 Equazioni cardinali della statica, p. 122 – 5.3.2 Principio dei lavori virtuali, p. 126 – 5.3.3 Analisi grafica, p. 128
131	5.4	Statica dei sistemi in presenza di attrito
		5.4.1 Verifica dell'equilibrio: il problema non impone una condizione di moto incipiente, p. 132 – 5.4.2 Strisciamento globale: il problema impone una condizione di moto incipiente in tutti i punti di contatto, p. 134 – 5.4.3 Strisciamento locale: il problema impone una condizione di moto incipiente in alcuni dei punti di contatto, p. 135 – 5.4.4 Strisciamento o ribaltamento: il problema impone una condizione di moto incipiente che può essere di strisciamento oppure di ribaltamento, p. 137
139	5.5	Qualità della trasmissione
		5.5.1 Angoli di pressione e di trasmissione, p. 139 – 5.2.2 Guadagno meccanico, p. 141
144	<i>Esercizi</i>	
151	Capitolo sesto • Dinamica dei sistemi meccanici	
152	6.1	Introduzione
153	6.2	Modellazione dinamica
		6.2.1 Equazioni di Newton-Eulero, p. 153 – 6.2.2 Principio di D'Alembert, p. 157 – 6.2.3 Principio dei lavori virtuali, p. 158 – 6.2.4 Bilancio delle potenze, p. 160 – 6.2.5 Equazioni di Lagrange, p. 161
162	6.3	Condizioni di funzionamento
		6.3.1 Bilancio energetico, p. 162 – 6.3.2 Macchine a regime o in moto vario, p. 163
164	6.4	Rendimento
		6.4.1 Rendimento delle macchine, p. 164 – 6.4.2 Flusso di potenza retrogrado, p. 167 – 6.4.3 Flusso di potenza nelle trasmissioni, p. 170

- 174 6.5 Forze e inerzie ridotte
- 175 6.6 Caratteristiche statiche
- 180 6.7 Transitori in avviamento
- 185 6.8 Irregolarità del moto
6.8.1 Irregolarità dei sistemi con masse traslanti, p. 185 – 6.8.2 Dimensionamento dei volani, p. 186
- 190 6.9 Bilanciamento delle macchine alternative
6.9.1 Cinematica semplificata del manovellismo ordinario, p. 190 – 6.9.2 Metodo delle masse di sostituzione, p. 192 – 6.9.3 Bilanciamento del manovellismo di spinta, p. 194
- 196 *Esercizi*
- 205 **Capitolo settimo • Vibrazioni meccaniche**
- 205 7.1 Introduzione
- 210 7.2 Esempi di sistemi vibranti e modelli matematici
7.2.1 Sistemi ad un grado di libertà, p. 210 – 7.2.2 Linearizzazione di sistemi debolmente nonlineari, p. 213 – 7.2.3 Sistema a due gradi di libertà, p. 215 – 7.2.4 Dissipazione, p. 220
- 222 7.3 Vibrazioni libere di sistemi ad un grado di libertà
7.3.1 L'oscillatore armonico non smorzato, p. 222 – 7.3.2 Moto armonico, p. 224 – 7.3.3 L'oscillatore armonico smorzato, p. 228
- 232 7.4 Vibrazioni forzate di sistemi ad un grado di libertà
7.4.1 Forzante sinusoidale, p. 232 – 7.4.2 Trasmissibilità: forze trasmesse al basamento, p. 235 – 7.4.3 Eccitazione sismica armonica: trasmissibilità, p. 236
- 240 7.5 Sistemi a due gradi di libertà (cenni)
- 244 *Esercizi*
- 247 **Capitolo ottavo • Dinamica dei rotori**
- 247 8.1 Introduzione
- 249 8.2 Squilibrio statico
- 250 8.3 Squilibrio dinamico
- 252 8.4 Macchina equilibratrice
8.4.1 Macchina equilibratrice supercritica, p. 253 – 8.4.2 Macchine equilibratrici subcritiche, p. 255
- 258 8.5 Velocità critiche flessionali: rotore di Jeffcott
- 262 *Esercizi*
- 263 **Capitolo nono • Meccanica delle coppie cinematiche**
- 263 9.1 Introduzione
- 266 9.2 Cuscinetti radenti
9.2.1 Coppia prismatica, p. 266 – 9.2.2 Coppia rotoideale portante, p. 268 – 9.2.3 Coppia rotoideale di spinta, p. 270 – 9.2.4 Coppia elicoidale, p. 271
- 278 9.3 Cuscinetti volventi
9.3.1 Analisi cinematica, p. 279 – 9.3.2 Distribuzione dei carichi, p. 280 – 9.3.3 Attrito nei cuscinetti volventi radiali, p. 281
- 283 9.4 Introduzione alla lubrificazione idrodinamica e cenni storici
- 284 9.5 Teoria elementare della lubrificazione idrodinamica
9.5.1 Equazione di Reynolds, p. 284 – 9.5.2 Pattino piano di lunghezza infinita, p. 290 – 9.5.3 Interpretazione fisica dell'equazione di Reynolds, p. 294
- 296 9.6 Coppie lubrificate: classificazione

- 297 9.7 Coppie rotoidali lubrificate
 9.7.1 Forma del meato, p. 297 – 9.7.2 Equazione di Reynolds e semplificazioni, p. 298 – 9.7.3 Condizioni al contorno, p. 298 – 9.7.4 Cuscinetto infinitamente lungo: soluzione analitica di Sommerfeld, p. 299 – 9.7.5 Capacità di carico, p. 300 – 9.7.6 Perdite per attrito, p. 303
- 303 9.8 Coppia rotoidale di spinta lubrificata di tipo idrodinamico (cenni)
- 304 9.9 Cenni sui cuscinetti idrostatici
- 305 9.10 Confronto fra le caratteristiche delle coppie rotoidali
- 311 *Esercizi*
- 313 Capitolo decimo • Ruote dentate**
- 313 10.1 Introduzione
- 316 10.2 Generalità e nomenclatura
- 320 10.3 L'evolvente e le applicazioni agli ingranaggi
- 325 10.4 Ruote dentate modulari: definizioni e cenni sul taglio
- 327 10.5 Ruote modulari e correzione di taglio
- 330 10.6 Ingranamento
 10.6.1 Ruote normali, p. 331 – 10.6.2 Calcolo dello spessore del dente e del vano, p. 332 – 10.6.3 Ingranamento ruote con correzione di taglio e calcolo del gioco, p. 334
- 337 10.7 Interferenza nelle ruote a denti dritti
- 340 10.8 Continuità del moto: rapporto di condotta
- 345 10.9 Ruote dentate elicoidali
- 352 10.10 Forze scambiate tra ruote dentate cilindriche
- 354 10.11 Strisciamenti, velocità relative e forze d'attrito
- 359 10.12 Ruote coniche (cenni)
- 362 10.13 Ruote ad assi sghembi, ingranaggi a vite (cenni)
 10.13.1 Ingranaggi a vite (Worm gear), p. 363
- 366 *Esercizi*
- 367 Capitolo undicesimo • Trasmissioni di potenza**
- 367 11.1 Introduzione
- 370 11.2 Trasmissioni ad ingranaggi: rotismi
 11.2.1 Rotismi ordinari, p. 370 – 11.2.2 Rotismi epicicloidali, p. 378 – 11.2.3 Rotismi complessi, p. 382 – 11.2.4 Rendimenti delle trasmissioni ad ingranaggi, p. 391 – 11.2.5 Esempi applicativi, p. 399
- 409 11.3 Cinghie di trasmissione
 11.3.1 Cinghie piatte: principi di funzionamento, p. 412
- 418 11.4 Catene
- 421 11.5 Giunti meccanici
 11.5.1 Giunto di Cardano (Hooke joint o Universal joint), p. 423 – 11.5.2 Giunti omocinetici, p. 426
- 428 *Esercizi*
- 429 Capitolo dodicesimo • Meccanismi per il moto vario**
- 429 12.1 Introduzione
- 432 12.2 Leggi di moto
 12.2.1 Legge di moto ad accelerazione costante, p. 433 – 12.2.2 Legge di moto cicloidale, p. 435 – 12.2.3 Altre leggi di moto, p. 437

- 438 12.3 Sistemi articolati
 12.3.1 Generalità, p. 438 – 12.3.2 Generazione di moti alternativi, p. 440 –
 12.3.3 Generazione di moti di traslazione e rettilinei, p. 440 – 12.3.4 Mecca-
 nismi a alto guadagno meccanico, p. 442 – 12.3.5 Considerazioni conclusive
 sui sistemi articolati, p. 445
- 446 12.4 Meccanismi a camma
 12.4.1 Descrizione tipologica, p. 446 – 12.4.2 Descrizione funzionale, p. 449
 – 12.4.3 Meccanismo equivalente, p. 453 – 12.4.4 Equazioni del profilo di
 una camma a cedente piano, p. 455
- 457 12.5 Meccanismi unidirezionali
- 460 12.6 Meccanismi per moto intermittente
 12.6.1 Generalità, p. 460 – 12.6.2 Analisi cinematica del meccanismo a ruota
 di Ginevra, p. 463
- 467 *Esercizi*

469 **Capitolo tredicesimo • Altri meccanismi e trasmissioni a fluido**

- 470 13.1 Altri meccanismi
 13.1.1 Variatori di velocità, p. 470 – 13.1.2 Innesti, p. 473 – 13.1.3 Freni, p.
 482 – 13.1.4 Funi e paranchi, p. 489
- 495 13.2 Trasmissioni a fluido
 13.2.1 Pompe, p. 497 – 13.2.2 Motori - Attuatori, p. 500 – 13.2.3 Valvole,
 p. 500 – 13.3.4 Valvole proporzionali, p. 502 – 13.2.5 Altri componenti di
 trasmissioni a fluido, p. 508 – 13.2.6 Esempi di circuiti oleodinamici, p. 509
- 512 *Esercizi*



Capitolo quattordicesimo • Le frontiere della meccanica

- 14.1 Micro-meccanica
 14.1.1 Cosa significa ‘micro’ – 14.1.2 Forze agenti nel micro-mondo –
 14.1.3 Operazioni di manipolazione (micro-handling) – 14.1.4 Dispositivi di
 presa e rilascio – 14.1.5 Sensori ed attuatori – 14.1.6 Considerazioni finali
- 14.2 La Meccatronica
 14.2.1 Introduzione – 14.2.2 Ingegneri e tecnici specialisti o “tutto fa-
 re”? – 14.2.3 Un po’ di storia – 14.2.4 Una macchina automatica intelli-
 gente – 14.2.5 Sistemi retroazionati – 14.2.6 Un controllore industriale
 – 14.2.7 Robotica industriale – 14.2.8 Sistemi Real Time, campionamento e
 quantizzazione – 14.2.9 Altri esempi mecatronici – 14.2.10 Sistemi autono-
 mi o semi autonomi – 14.2.11 Meccanica e mecatronica
- 14.3 Biomeccanica
 14.3.1 Biomeccanica Articolare – 14.3.2 Nuova procedura sequenziale di
 modellazione – 14.3.3 Modello anatomico del ginocchio M1 – 14.3.4 Pro-
 gettazione della protesi – 14.3.5 Futuro della Biomeccanica (funzionale) –
 14.3.6 Considerazioni finali

515 **Appendice A • Richiami di geometria, algebra e calcolo numerico**

- 515 A.1 Vettori
- 518 A.2 Matrici e sistemi lineari
 A.2.1 Matrici, p. 518 – A.2.2 Sistemi lineari, p. 520 – A.2.3 Autovalori e au-
 tovettori di una matrice, p. 521
- 523 A.3 Equazioni non lineari
- 524 A.4 Equazioni differenziali

- 526 A.5 Metodi numerici
 A.5.1 Sistemi di equazioni lineari, p. 527 – A.5.2 Sistemi di equazioni non lineari, p. 530 – A.5.3 Equazioni differenziali, p. 532 – A.5.4 Strumenti software di calcolo numerico, p. 537
- 539 **Appendice B • Fondamenti di cinematica del punto e del corpo rigido**
- 539 B.1 Sistemi di riferimento
- 542 B.2 Cinematica del punto
- 544 B.3 Cinematica del corpo rigido
 B.3.1 Velocità, p. 544 – B.3.2 Accelerazione, p. 547
- 547 B.4 Moti relativi in generale
- 548 B.5 Alcune proprietà dei moti rigidi
 B.5.1 Caratterizzazione degli spostamenti finiti (Teoremi di Chasles e Eulero), p. 548 – B.5.2 Atti di moto e centro di istantanea rotazione, p. 550
- 553 **Appendice C • Equilibrio dei corpi**
- 553 C.1 Forze e momenti
- 557 C.2 Equazioni di equilibrio
- 558 C.3 Principio dei lavori virtuali
- 559 C.4 Casi particolari di equilibrio
- 561 **Appendice D • Geometria delle masse e dinamica del corpo rigido**
- 561 D.1 Introduzione
- 561 D.2 Richiami della dinamica di sistemi di particelle
- 564 D.3 Equazioni di Eulero
 D.3.1 Corpo rigido in rotazione pura, p. 564 – D.3.2 Corpo rigido in rototraslazione, p. 566 – D.3.3 Casi notevoli, p. 569 – D.3.4 Effetto giroscopico, p. 571
- 575 D.4 Energia cinetica del corpo rigido
 D.4.1 Caso: \mathbf{A} fisso ($\equiv 0$), p. 576 – D.4.2 Caso: $\mathbf{A} \equiv \mathbf{G}$, p. 576 – D.4.3 Caso di moto piano, teorema di Huygens (piano x, y di simmetria), p. 576
- 576 D.5 Equazioni di Lagrange
 D.5.1 Lavoro ed energia, p. 577 – D.5.2 Principio di D'Alembert e principio dei lavori virtuali, p. 578 – D.5.3 Equazioni di Lagrange, p. 579 – D.5.4 Equazioni di Lagrange per sistemi lineari, p. 581
- 583 *Riferimenti bibliografici*
- 585 *Indice analitico*