

MAURO FABRIZIO

INTRODUZIONE
ALLA MECCANICA RAZIONALE
E AI SUOI METODI MATEMATICI

seconda edizione

ZANICHELLI

Indice

IX Introduzione

Capitolo I CINEMATICA

- 1 1.1. CINEMATICA DEL PUNTO
 - 1 1.1.1. SPAZIO E TEMPO
 - 4 1.1.2. MOTO DI UN PUNTO
 - 5 1.1.3. VELOCITÀ ED ACCELERAZIONE
 - 10 1.1.4. MOTI PIANI
 - 12 1.1.5. VELOCITÀ AREALE
 - 13 1.1.6. MOTI CENTRALI
 - 15 1.1.7. MOTO UNIFORMEMENTE VARIO E PERIODICO
 - 16 1.1.8. MOTO CIRCOLARE ED UNIFORME
 - 18 1.1.9. MOTO ARMONICO
 - 20 1.1.10. MOTO ELICOIDALE
 - 22 1.1.11. ESEMPI
- 24 1.2. CINEMATICA DEI SISTEMI MATERIALI E DEL CORPO RIGIDO E MOTI RELATIVI
 - 24 1.2.1. VINCOLI E SISTEMI OLONOMI
 - 27 1.2.2. CINEMATICA DEI SISTEMI RIGIDI
 - 29 1.2.3. ANGOLI DI EULERO
 - 30 1.2.4. PARTICOLARI MOTI RIGIDI
 - 33 1.2.5. ATTO DI MOTO
 - 34 1.2.6. FORMULE DI POISSON
 - 37 1.2.7. TEOREMA DI MOZZI
 - 40 1.2.8. APPLICAZIONI
 - 41 1.2.9. CINEMATICA DEI MOTI RELATIVI
 - 44 1.2.10. PARTICOLARI MOTI DI TRASCINAMENTO
 - 45 1.2.11. MOTI RELATIVI PER CORPI RIGIDI
 - 46 1.2.12. APPLICAZIONI ED ESEMPI
 - 49 1.2.13. MOTI RIGIDI PIANI

- 52 1.2.14. TRAIETTORIE POLARI
 56 1.2.15. ACCELERAZIONE NEI MOTI RIGIDI PIANI
 57 1.2.16. MOTO DI UN CORPO RIGIDO CON UN PUNTO FISSO

Capitolo 2 DINAMICA DEI SISTEMI

- 60 2.1. PRINCIPI FONDAMENTALI
 60 2.1.1. MASSA E FORZA. LEGGI DI NEWTON
 62 2.1.2. SISTEMA DINAMICO, CAUSALITÀ E DETERMINISMO
 68 2.1.3. SISTEMI REGOLARI
 74 2.1.4. FORZE COSTITUTIVE COME SISTEMA DINAMICO
 77 2.1.5. UN RICHIAMO DELLA NOZIONE DI SISTEMA DINAMICO ED ESEMPI DI FORZE COSTITUTIVE
 79 2.1.6. FORZA PESO
 80 2.1.7. APPLICAZIONI ED ESEMPI
 82 2.1.8. TEOREMA DELLE FORZE VIVE PER UN SISTEMA MATERIALE LIBERO
 86 2.1.9. PRINCIPIO DI DISSIPAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA
 90 2.1.10. APPLICAZIONI
 93 2.1.11. QUANTITÀ DI MOTO E MOMENTO DELLA QUANTITÀ DI MOTO PER UN PUNTO MATERIALE
 94 2.2. STATICA E DINAMICA DEL PUNTO LIBERO
 94 2.2.1. LE EQUAZIONI DIFFERENZIALI DEL MOTO DI UN PUNTO MATERIALE LIBERO. INTEGRALI PRIMI
 97 2.2.2. STATICA DEL PUNTO MATERIALE LIBERO
 99 2.2.3. MOTO DEI GRAVI NEL VUOTO
 102 2.2.4. DEVIAZIONE DEI GRAVI PER EFFETTO DELLA ROTAZIONE DELLA TERRA
 103 2.2.5. OSCILLATORE ARMONICO
 106 2.2.6. MOTO ARMONICO SMORZATO
 111 2.2.7. RISONANZA
 114 2.2.8. OSCILLAZIONI ELETTRICHE
 118 2.2.9. PROBLEMA DEI DUE CORPI
 123 2.2.10. INTRODUZIONE ALLA NAVIGAZIONE SPAZIALE
 130 2.3. STATICA E DINAMICA DEL PUNTO E DEI SISTEMI VINCOLATI
 130 2.3.1. EQUAZIONI DEL MOTO
 134 2.3.2. ATRITO
 140 2.3.3. STATICA DEL PUNTO MATERIALE VINCOLATO
 143 2.3.4. DINAMICA DEL PUNTO MATERIALE VINCOLATO AD UNA SUPERFICIE
 144 2.3.5. MOTO SPONTANEO DI UN PUNTO SU UNA SUPERFICIE
 145 2.3.6. MOTO DI UN PUNTO VINCOLATO AD UNA CURVA. PENDOLO SEMPLICE
 149 2.3.7. OSCILLAZIONI NON LINEARI. METODO DI WEIERSTRASS
 153 2.3.8. PENDOLO SFERICO
 155 2.3.9. DIAGRAMMA DI FASE
 158 2.3.10. STABILITÀ DELL'EQUILIBRIO

- 163 2.3.11. APPLICAZIONI AI MOTI CENTRALI
 165 2.3.12. METODO DELLE APPROSSIMAZIONI SUCCESSIVE E DELLE PERTURBAZIONI

Capitolo 3

DINAMICA DEI SISTEMI MATERIALI

- 172 3.1. GEOMETRIA DELLE MASSE E GRANDEZZE DINAMICHE DEI SISTEMI MATERIALI
- 172 3.1.1. DEFINIZIONE DI BARICENTRO
 174 3.1.2. PROPRIETÀ DEL BARICENTRO
 176 3.1.3. CALCOLO DEL BARICENTRO PER ALCUNI SISTEMI PIANI
 178 3.1.4. QUANTITÀ DI MOTO. MOMENTO DELLA QUANTITÀ DI MOTO
 180 3.1.5. ENERGIA CINETICA E MOMENTI D'INERZIA
 182 3.1.6. ELLISSOIDE O MATRICE D'INERZIA
 184 3.1.7. ASSI PRINCIPALI D'INERZIA
 187 3.1.8. TEOREMA DI HUYGENS ED APPLICAZIONI
 190 3.1.9. MOMENTO DELLA QUANTITÀ DI MOTO
- 191 3.2. TEOREMI GENERALI DELLA MECCANICA DEI SISTEMI MATERIALI
- 191 3.2.1. GENERALITÀ
 192 3.2.2. EQUAZIONI CARDINALI
 195 3.2.3. TEOREMA DELLE FORZE VIVE PER UN SISTEMA MATERIALE VINCOLATO
 196 3.2.4. TEOREMA DI CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA PER UN SISTEMA MATERIALE VINCOLATO
 199 3.2.5. INTEGRALI PRIMI
 201 3.2.6. SISTEMI MATERIALI RIGIDI
 205 3.2.7. ATTRITO VULVENTE
 205 3.2.8. EQUAZIONI CARDINALI PER I SISTEMI RIGIDI
 209 3.2.9. EQUAZIONI CARDINALI DELLA STATICA
 210 3.2.10. APPLICAZIONI
 215 3.2.11. STATICA DEI SISTEMI MATERIALI RIGIDI APPOGGIATI AD UNA SUPERFICIE
 218 3.2.12. SISTEMI DI CORPI RIGIDI
 220 3.2.13. MOTO DI UN CORPO RIGIDO CON ASSE FISSO E CIMENTI VINCOLARI
 221 3.2.14. MOTO DI UN CORPO RIGIDO CON UN PUNTO FISSO
 223 3.2.15. MOTO DI UN CORPO RIGIDO LIBERO
 224 3.2.16. MOTO ALLA POINCARÉ
 227 3.2.17. BREVE INTRODUZIONE AI FENOMENI GIROSCOPICI
 229 3.2.18. MOTO DI UN GIROSCOPIO PESANTE

Capitolo 4

MECCANICA ANALITICA

- 234 4.1. EQUAZIONI SIMBOLICHE DELLA STATICA E DELLA DINAMICA
 234 4.1.1. INTRODUZIONE

- 234 4.1.2. EQUAZIONE SIMBOLICA DELLA DINAMICA E PRINCIPIO DI D'ALEMBERT
- 237 4.1.3. EQUAZIONE SIMBOLICA DELLA STATICA E PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI
- 238 4.1.4. APPLICAZIONI DEL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI
- 241 4.1.5. CONDIZIONI DI EQUILIBRIO PER UN SISTEMA OLONOMO
- 244 4.1.6. CALCOLO DELLE REAZIONI VINCOLARI MEDIANTE IL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI
- 245 4.1.7. SISTEMI OLONOMI SOLLECITATI DA FORZE CONSERVATIVE. TEOREMA DI TORRICELLI
- 248 4.1.8. EQUAZIONI DI LAGRANGE ED APPLICAZIONI
- 253 4.1.9. ENERGIA CINETICA DI UN SISTEMA OLONOMO E STUDIO DELLE EQUAZIONI DI LAGRANGE
- 255 4.1.10. TEOREMA DELLE FORZE VIVE PER UN SISTEMA OLONOMO A VINCOLI INDIPENDENTI DAL TEMPO
- 256 4.1.11. METODO DEI MOLTIPLICATORI DI LAGRANGE ED EQUAZIONI DI APPELL PER SISTEMI NON OLONOMI
- 260 4.1.12. EQUAZIONI DI LAGRANGE PER UN SISTEMA CONSERVATIVO. POTENZIALE GENERALIZZATO
- 265 4.1.13. SISTEMI LAGRANGIANI E LORO INTEGRALI PRIMI
- 266 4.1.14. EQUAZIONI DI HAMILTON
- 269 4.1.15. EQUAZIONI DI ROUTH
- 271 4.1.16. PARENTESI DI POISSON
- 275 4.2. METODO DI HAMILTON-JACOBI E PRINCIPI VARIAZIONALI
- 275 4.2.1. TRASFORMAZIONI CANONICHE
- 279 4.2.2. TEOREMA DI LOUVILLE
- 281 4.2.3. METODO DI HAMILTON-JACOBI
- 285 4.2.4. PRINCIPI VARIAZIONALI

Capitolo 5 **STABILITÀ E PICCOLE OSCILLAZIONI**

- 289 5.1. STABILITÀ
- 289 5.1.1. DEFINIZIONE DI STABILITÀ PER UN SISTEMA DINAMICO
- 291 5.1.2. PRIMO METODO DI LYAPUNOV PER LA STABILITÀ
- 294 5.1.3. SECONDO METODO DI LYAPUNOV
- 298 5.1.4. PICCOLE OSCILLAZIONI ATTORNO AD UNA POSIZIONE DI EQUILIBRIO STABILE
- 305 5.2. CONTROLLI OTTIMALI
- 305 5.2.1. CONTROLLABILITÀ E RAGGIUNGIBILITÀ
- 307 5.2.2. OTTIMIZZAZIONE

Capitolo 6 **INTRODUZIONE ALLA TERMOMECCANICA DEI CONTINUI**

- 310 6.1. CINEMATICA E DINAMICA DEI CONTINUI
- 310 6.1.1. CINEMATICA DEI MEZZI CONTINUI
- 318 6.1.2. TEOREMA DEL TRASPORTO ED EQUAZIONI DI BILANCIO DELLA MASSA

- 319 6.1.3. LEMMA DI CAUCHY E TEOREMA DI BILANCIO PER LA QUANTITÀ DI MOTO
 322 6.1.4. TEOREMA DELLE FORZE VIVE
 324 6.1.5. EQUAZIONE DEL CALORE
 325 6.1.6. RELAZIONI COSTITUTIVE DEI MATERIALI CORPI ELASTICI
 327 6.1.7. FLUIDI GAS PERFETTI
 331 6.1.8. FLUIDI VISCOSI. EQUAZIONI DI NAVIER-STOKES
 332 6.2. CENNI DI TERMODINAMICA DEI CONTINUI
 332 6.2.1. DEFINIZIONE DI MATERIALE COME SISTEMA DINAMICO
 333 6.2.2. PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA
 336 6.2.3. SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA
 339 6.2.4. APPLICAZIONI AI CORPI ELASTICI
 342 6.2.5. RESTRIZIONI TERMODINAMICHE PER I FLUIDI VISCOSI

Capitolo 7

ALCUNI ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA

- 345 7.1. INTRODUZIONE
 345 7.2. FUNZIONE DI DISTRIBUZIONE ED EQUAZIONI DI LIOUVILLE
 350 7.3. EQUAZIONE DI VLASOV
 351 7.4. TEORIA CINETICA ED EQUAZIONI DI BOLTZMANN
 354 7.5. TEOREMA H DI BOLTZMANN
 356 7.6. DISTRIBUZIONE DI MAXWELL-BOLTZMANN
 359 7.7. EQUAZIONI MACROSCOPICHE

Appendice A

CALCOLO VETTORIALE

- 365 A.1. SCALARI E VETTORI
 366 A.2. OPERAZIONI SUI VETTORI
 368 A.3. PRODOTTO SCALARE
 369 A.4. PRODOTTO VETTORIALE E MISTO
 372 A.5. RAPPRESENTAZIONE CARTESIANA DEI VETTORI
 374 A.6. DOPPIO PRODOTTO VETTORIALE E DIVISIONE VETTORIALE
 376 A.7. FUNZIONI A VALORI VETTORIALI
 378 A.8. APPLICAZIONI GEOMETRICO-DIFFERENZIALI ALLE CURVE

Appendice B

VETTORI APPLICATI

- 384 B.1. RISULTANTE E MOMENTO RISULTANTE
 387 B.2. SISTEMI DI VETTORI APPLICATI EQUIVALENTI
 391 B.3. SISTEMI DI VETTORI PIANI E PARALLELI

Appendice C
EQUAZIONI DIFFERENZIALI

- 393 C.1. RICHIAMI GENERALI
395 C.2. SISTEMI LINEARI
398 C.3. EQUAZIONI LINEARI DEL SECONDO ORDINE
A COEFFICIENTI COSTANTI
400 C.4. SISTEMI AUTONOMI
403 C.5. LINEARIZZAZIONE
411 C.6. SISTEMI NON LINEARI
411 C.6.1. CRITERIO DI LINEARIZZAZIONE
415 C.6.2. SOLUZIONI PERIODICHE E CICLI LIMITE
420 C.6.3. INTRODUZIONE AI FENOMENI DI BIFORCAZIONE
422 C.6.4. BIFORCAZIONE DI HOPF
426 C.6.5. CENNI SULLA TEORIA DELLE CATASTROFI
430 C.6.6. BREVE INTRODUZIONE ALLA STABILITÀ STRUTTURALE

Appendice D
ANALISI TENSORIALE

- 431 D.1. TENSORI
434 D.2. MATRICI
441 D.3. OPERATORI DIFFERENZIALI

Appendice E
INTRODUZIONE AL CALCOLO DELLE PROBABILITÀ

- 444 E.1. LA NOZIONE DI PROBABILITÀ
447 E.2. PROBABILITÀ CONDIZIONATA, EVENTI INDIPENDENTI
449 E.3. VARIABILI ALEATORIE
452 E.4. ALCUNE NOTEVOLI LEGGI DI PROBABILITÀ
454 E.5. LA DISTRIBUZIONE
- 461 **Problemi d'esame**
- 495 **Bibliografia**
- 497 **Indice analitico**