

# *INDICE*

## *PARTE PRIMA*

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Introduzione</i>                                     | <i>1</i>  |
| <br>  |           |
| <i>PRELIMINARI</i>                                      | <i>3</i>  |
| <br>  |           |
| <i>OG. Osservatori e grandezze</i>                      | <i>4</i>  |
| <i>Scalari</i>  | <i>4</i>  |
| <i>Vettori</i>  | <i>5</i>  |
| <i>Operatori lineari</i>                                | <i>6</i>  |
| <br>  |           |
| <i>VA. Vettori applicati</i>                            | <i>8</i>  |
| <i>Momento polare di un vettore applicato</i>           | <i>9</i>  |
| <i>Momento assiale di un vettore applicato</i>          | <i>12</i> |
| <i>Sistemi di vettori applicati</i>                     | <i>15</i> |
| <i>Legge di distribuzione dei momenti</i>               | <i>16</i> |
| <i>Invarianza del momento rispetto al polo</i>          | <i>17</i> |
| <i>Coppia</i>   | <i>18</i> |
| <i>Sistemi a momento nullo rispetto a un polo</i>       | <i>21</i> |
| <i>Teorema di Varignon</i>                              | <i>21</i> |
| <i>Momento assiale di un sistema di vettori</i>         | <i>22</i> |
| <i>Trinomio invariante</i>                              | <i>23</i> |
| <i>Asse centrale di un sistema di vettori applicati</i> | <i>24</i> |
| <i>Operazioni elementari</i>                            | <i>34</i> |
| <i>Sistemi riducibili</i>                               | <i>35</i> |
| <i>Teoremi di riducibilità</i>                          | <i>36</i> |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Sistemi a invariante nullo</i>                  | 41  |
| <i>Centro dei vettori paralleli</i>                | 45  |
| <br>   |     |
| <i>Cinematica</i>                                  | 57  |
| <br>   |     |
| <i>CP. Cinematica del punto</i>                    | 58  |
| <i>Cinematica lungo una traiettoria assegnata</i>  | 60  |
| <i>Cinematica vettoriale</i>                       | 64  |
| <i>Moti piani in coordinate polari</i>             | 71  |
| <i>Velocità areale</i>                             | 76  |
| <i>Moti centrali</i>                               | 77  |
| <i>Formula di Binet</i>                            | 81  |
| <i>Moti celesti</i>                                | 83  |
| <br>   |     |
| <i>CR. Cinematica del corpo rigido</i>             | 86  |
| <i>Corpo rigido e condizione di rigidità</i>       | 86  |
| <i>Retta solidale e velocità di scorrimento</i>    | 88  |
| <i>Riferimento solidale</i>                        | 92  |
| <i>Velocità angolare e formule di Poisson</i>      | 95  |
| <i>Legge di distribuzione delle velocità</i>       | 101 |
| <i>Derivata di un vettore solidale</i>             | 103 |
| <i>Moto rigido</i>                                 | 104 |
| <i>Classificazione dei moti rigidi</i>             | 104 |
| <i>Accelerazione in un moto rigido</i>             | 118 |
| <i>Legge di distribuzione degli spostamenti</i>    | 121 |
| <i>Angoli di Eulero</i>                            | 122 |
| <i>Punti di vista lagrangiano ed Euleriano</i>     | 126 |
| <i>Atto di moto</i>                                | 128 |
| <i>Teorema di Mozzi</i>                            | 130 |
| <br>   |     |
| <i>MR. Cinematica relativa</i>                     | 135 |
| <i>Teorema di derivazione relativa</i>             | 136 |
| <i>Teorema di composizione delle velocità</i>      | 138 |
| <i>Teorema di composizione delle accelerazioni</i> | 141 |

|  |         |
|--|---------|
| <i>Teorema di composizione delle velocità angolari</i>   | 144     |
| <i>Rotolamento di due superfici rigide</i>               | 146     |
| <i>MP. Moti rigidi piani</i>                             | 150     |
| <i>Centro di istantanea rotazione</i>                    | 153     |
| <i>Determinazione analitica del centro</i>               | 155     |
| <i>Base e rulletta</i>                                   | 157     |
| <i>CS. Cinematica dei sistemi</i>                        | 164     |
| <i>Vincoli</i>   | 164     |
| <i>Sistemi olonomi</i>                                   | 175     |
| <i>Spazio delle configurazioni e spazio degli eventi</i> | 178     |
| <i>Vettori velocità in un sistema olonomo</i>            | 179     |
| <i>Spostamenti possibili e virtuali</i>                  | 180     |
| <i>Spostamenti reversibili e irreversibili</i>           | 181     |
| <br><i>Geometria delle masse</i>                         | <br>185 |
| <i>BA. Baricentri</i>                                    | 187     |
| <i>Massa</i>   | 187     |
| <i>Densità</i>   | 188     |
| <i>Baricentro</i>  | 190     |
| <i>Proprietà di ubicazione del baricentro</i>            | 193     |
| <i>MI. Momenti d'inerzia</i>                             | 199     |
| <i>Teorema di Huygens-Steiner</i>                        | 201     |
| <i>Matrice d'inerzia</i>                                 | 206     |
| <i>Assi principali d'inerzia</i>                         | 212     |
| <i>Ellissoide d'inerzia</i>                              | 213     |
| <i>Ricerca degli assi principali d'inerzia</i>           | 217     |
| <i>Figure piane</i>                                      | 222     |
| <i>Traslazione degli assi</i>                            | 223     |
| <i>Rotazione degli assi</i>                              | 226     |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Cinematica delle masse</i>   | 229 |
| <i>CM. Cinematica delle masse</i>   | 230 |
| <i>Quantità di moto, momento della quantità di moto ed energia cinetica</i> | 230 |
| <i>Teorema del moto del baricentro</i>                                      | 232 |
| <i>Moto relativo al baricentro</i>  | 233 |
| <i>Primo teorema di König</i>   | 235 |
| <i>Secondo teorema di König</i>   | 237 |
| <i>Corpo rigido</i>   | 238 |
| <i>Sistema olonomo</i>  | 249 |
| <br>  |     |
| <i>Lavoro e potenziale</i>  | 253 |
| <i>LP. Lavoro e potenziale</i>  | 254 |
| <i>Forza</i>  | 254 |
| <i>Lavoro di una forza</i>  | 255 |
| <i>Lavoro lungo un cammino finito</i>                                       | 256 |
| <i>Forza conservativa e potenziale</i>                                      | 261 |
| <i>Superfici equipotenziali e linee di forza</i>                            | 265 |
| <i>Forza peso</i>   | 267 |
| <i>Forza centrale</i>   | 270 |
| <i>Lavoro di un sistema di forze</i>  | 272 |
| <i>Lavoro di un sistema di forze applicate a un corpo rigido</i>            | 275 |
| <i>Lavoro di un sistema di forze applicate a un sistema olonomo</i>         | 278 |
| <i>Sistemi di forze conservativi</i>  | 280 |
| <i>Determinazione del potenziale</i>  | 283 |
| <i>Forze elastiche</i>  | 288 |
| <i>Potenziale di una coppia applicata a un corpo rigido</i>                 | 291 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Principi della meccanica</i>                             | 293 |
| <i>PM. Principi della meccanica</i>                         | 295 |
| <i>Attrito</i>  | 298 |
| <i>Attrito dinamico</i>                                     | 300 |
| <i>Attrito statico</i>                                      | 303 |
| <i>Vincoli privi di attrito</i>                             | 306 |
| <i>Principio delle reazioni vincolari</i>                   | 307 |
| <i>Corpo rigido con un punto fisso</i>                      | 309 |
| <i>Vincolo di puro rotolamento</i>                          | 310 |
| <i>Unicità della soluzione</i>                              | 311 |
| <br>  |     |
| <i>STATICA</i>  | 315 |
| <br>  |     |
| <i>SP. Statica del punto</i>                                | 317 |
| <i>Quiete</i>   | 317 |
| <i>Equilibrio</i>   | 317 |
| <i>Punto vincolato su una superficie priva di attrito</i>   | 319 |
| <i>Punto vincolato su una curva priva di attrito</i>        | 323 |
| <i>Punto vincolato su una superficie con attrito</i>        | 325 |
| <i>Punto vincolato su una curva con attrito</i>             | 328 |
| <i>Statica relativa del punto</i>                           | 331 |
| <i>Potenziale della forza centrifuga</i>                    | 334 |
| <i>Forza peso</i>   | 336 |
| <i>Equilibrio relativo su un piano ruotante con attrito</i> | 339 |
| <br>  |     |
| <i>LV. Principio dei lavori virtuali</i>                    | 342 |
| <i>Condizione necessaria</i>                                | 345 |
| <i>Condizione sufficiente</i>                               | 347 |
| <i>Condizioni di sicurezza</i>                              | 350 |
| <i>Equilibrio di un corpo rigido</i>                        | 351 |
| <i>Lavoro delle forze interne</i>                           | 351 |
| <i>Corpo rigido con un punto fisso</i>                      | 353 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Corpo rigido con un asse fisso</i>                           | 354 |
| <i>Corpo rigido scorrevole su una semiretta fissa</i>           | 357 |
| <i>Equilibrio di un sistema olonomo</i>                         | 361 |
| <i>Sistemi a legami completi</i>                                | 375 |
| <i>Equilibrio relativo e potenziale della forza centrifuga</i>  | 377 |
| <i>Reazioni vincolari</i>                                       | 379 |
| <br>  |     |
| <i>ES. Equazioni cardinali della statica</i>                    | 381 |
| <i>Sufficienza delle equazioni cardinali per i corpi rigidi</i> | 386 |
| <i>Corpo rigido con un punto fisso</i>                          | 390 |
| <i>Corpo rigido con un asse fisso</i>                           | 392 |
| <i>Corpo rigido scorrevole su una semiretta fissa</i>           | 396 |
| <i>Equilibrio di sistemi costituiti da più corpi rigidi</i>     | 400 |
| <i>Corpo rigido appoggiato a un piano orizzontale liscio</i>    | 401 |
| <i>Insieme discreto di punti di appoggio</i>                    | 402 |
| <i>Insieme continuo di punti di appoggio</i>                    | 413 |
| <i>Equilibrio di un tavolo</i>                                  | 416 |
| <i>Equilibrio della scala</i>                                   | 418 |
| <br>  |     |
| <i>TF. Statica delle travi e dei fili</i>                       | 420 |
| <i>Equilibrio delle travi</i>                                   | 420 |
| <i>Classificazione delle forze</i>                              | 421 |
| <i>Equazioni delle travi in forma integrale</i>                 | 424 |
| <i>Condizioni al contorno</i>                                   | 428 |
| <i>Trave incastrata a un estremo</i>                            | 430 |
| <i>Trave appoggiata agli estremi</i>                            | 434 |
| <i>Equazioni delle travi in forma differenziale</i>             | 437 |
| <i>Equilibrio dei fili</i>                                      | 438 |
| <i>Equazioni intrinseche dei fili</i>                           | 441 |
| <i>Filo fortemente teso su una superficie</i>                   | 443 |
| <i>Equazioni cartesiane dei fili</i>                            | 449 |
| <i>Fili soggetti a forze parallele</i>                          | 450 |
| <i>Curva dei ponti sospesi</i>                                  | 453 |
| <i>Catenaria</i>  | 455 |

## *PARTE SECONDA*

|  |    |
|--|----|
| <i>DINAMICA</i>  | 1  |
| <i>DP. Dinamica del punto</i>  | 2  |
| <i>Integrale generale e integrali particolari del moto</i>             | 2  |
| <i>Integrali primi del moto</i>  | 4  |
| <i>Teorema dell'energia cinetica</i>                                   | 5  |
| <i>Integrale primo dell'energia</i>                                    | 7  |
| <i>Integrale primo delle aree</i>                                      | 8  |
| <i>Dinamica del punto materiale libero</i>                             | 10 |
| <i>Moto di un grave</i>  | 10 |
| <i>Moto di un punto in presenza di resistenza del mezzo</i>            | 15 |
| <i>Moto di un punto soggetto a forza elastica</i>                      | 20 |
| <i>Moto di un punto soggetto a forza elastica e resistenza viscosa</i> | 26 |
| <i>Oscillazioni forzate e risonanza</i>                                | 33 |
| <i>Dinamica del punto materiale vincolato</i>                          | 37 |
| <i>Moto di un punto su una superficie priva di attrito</i>             | 37 |
| <i>Moto di un punto su una curva priva di attrito</i>                  | 43 |
| <i>Moto di un punto su una curva qualunque</i>                         | 44 |
| <i>Pendolo semplice</i>  | 49 |
| <i>DR. Dinamica relativa</i>   | 55 |
| <i>Teorema dell'energia cinetica</i>                                   | 57 |
| <i>Problema dei due corpi</i>  | 59 |
| <i>Integrazione della traiettoria</i>                                  | 64 |
| <i>Legge oraria del moto</i>   | 72 |
| <i>Velocità di fuga</i>  | 73 |
| <i>Deviazione dei gravi verso oriente</i>                              | 74 |
| <i>ED. Equazioni cardinali della dinamica</i>                          | 80 |
| <i>Dinamica dei sistemi</i>  | 80 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Integrale generale e integrali particolari del moto</i>    | 81  |
| <i>Integrali primi del moto</i>                               | 82  |
| <i>Teorema dell'energia cinetica</i>                          | 82  |
| <i>Integrale primo dell'energia</i>                           | 83  |
| <i>Equazioni cardinali della dinamica</i>                     | 84  |
| <i>Equazione del moto del baricentro</i>                      | 88  |
| <i>Dinamica del corpo rigido</i>                              | 90  |
| <i>Corpo rigido libero</i>                                    | 90  |
| <i>Corpo rigido con un punto fisso: equazioni di Eulero</i>   | 93  |
| <i>Corpo rigido con un asse fisso</i>                         | 97  |
| <i>Equilibratura dinamica</i>                                 | 105 |
| <i>Principio dell'effetto giroscopico</i>                     | 107 |
| <i>Giroscopio pesante</i>                                     | 113 |
| <i>Moti alla Poincot</i>                                      | 118 |
| <br>  |     |
| <i>EL. Equazioni di Lagrange</i>                              | 127 |
| <i>Disuguaglianza variazionale della dinamica</i>             | 128 |
| <i>Principio di D'Alembert</i>                                | 129 |
| <i>Equazioni di Lagrange</i>                                  | 131 |
| <i>Sistemi conservativi: lagrangiana</i>                      | 137 |
| <i>Potenziali generalizzati</i>                               | 138 |
| <i>Forze giroscopiche</i>                                     | 140 |
| <i>Forze dissipative</i>                                      | 141 |
| <i>Integrale generale e integrali particolari del moto</i>    | 143 |
| <i>Integrale primo del moto</i>                               | 144 |
| <i>Coordinate cicliche o ignorabili</i>                       | 144 |
| <br>  |     |
| <i>EH. Equazioni di Hamilton</i>                              | 150 |
| <i>Formulazione del primo ordine delle equazioni del moto</i> | 151 |
| <i>Trasformate di Legendre</i>                                | 153 |
| <i>Equazioni di Hamilton</i>                                  | 155 |
| <i>Integrale generale e integrali particolari del moto</i>    | 157 |
| <i>Integrale primo del moto</i>                               | 157 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Coordinate cicliche o ignorabili</i>                               | 158 |
| <i>Parentesi di Poisson e integrali primi del moto</i>                | 158 |
| <i>Hamiltoniana</i>   | 160 |
| <i>Formulazione mista: funzione di Routh</i>                          | 163 |
| <br>  |     |
| <i>5SO. Stabilità e piccole oscillazioni</i>                          | 165 |
| <i>Criterio di stabilità di Ljapunov</i>                              | 165 |
| <i>Stabilità asintotica</i>   | 166 |
| <i>Stabilità dell'equilibrio</i>                                      | 166 |
| <i>Stabilità dell'equilibrio di un sistema meccanico</i>              | 167 |
| <i>Teorema di Ljapunov</i>  | 169 |
| <i>Teorema di Dirichlet</i>   | 173 |
| <i>Studio del potenziale nelle configurazioni di equilibrio</i>       | 174 |
| <i>Piccole oscillazioni</i>   | 176 |
| <i>Lagrangiana approssimata</i>                                       | 177 |
| <i>Equazioni linearizzate</i>   | 179 |
| <i>Frequenze proprie di oscillazione</i>                              | 180 |
| <i>Coordinate normali</i>   | 183 |
| <br>  |     |
| <i>AQ. Analisi qualitativa del moto</i>                               | 185 |
| <i>Sistemi non autonomi e sistemi autonomi</i>                        | 185 |
| <i>Spazio delle fasi</i>  | 187 |
| <i>Sistemi a un grado di libertà: piano delle fasi</i>                | 189 |
| <i>Velocità di fase</i>   | 191 |
| <i>Punti fissi e punti di equilibrio</i>                              | 192 |
| <i>Sistemi autonomi: equazione delle curve integrali</i>              | 193 |
| <i>Sistemi conservativi: curve di livello dell'energia</i>            | 197 |
| <i>Curve di livello degli integrali primi</i>                         | 202 |
| <i>Andamento di <math>V(x)</math> e curve di livello dell'energia</i> | 204 |
| <i>Diagramma di fase del pendolo semplice</i>                         | 222 |
| <i>Sistemi autonomi non conservativi</i>                              | 225 |
| <i>Linearizzazione nell'intorno di un punto singolare</i>             | 228 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Classificazione dei punti singolari</i>         | 231 |
| <i>Nodi</i>  | 234 |
| <i>Punti di sella</i>                              | 237 |
| <i>Nodi degeneri</i>                               | 238 |
| <i>Fuochi</i>                                      | 245 |
| <i>Quadro riassuntivo</i>                          | 250 |
| <i>Pendolo in presenza di resistenza del mezzo</i> | 251 |
| <i>Soluzioni periodiche e cicli limite</i>         | 256 |
| <br>   |     |
| <b>MECCANICA DEI CONTINUI</b>                      | 263 |
| <br>   |     |
| <b>MC. Meccanica dei continui deformabili</b>      | 264 |
| <i>Cinematica</i>                                  | 264 |
| <i>Punto di vista lagrangiano</i>                  | 265 |
| <i>Punto di vista euleriano</i>                    | 266 |
| <i>Deformazione</i>                                | 267 |
| <i>Coefficiente di dilatazione lineare</i>         | 272 |
| <i>Deformazione angolare</i>                       | 274 |
| <i>Coefficiente di dilatazione superficiale</i>    | 277 |
| <i>Coefficiente di dilatazione cubica</i>          | 279 |
| <i>Problema inverso</i>                            | 280 |
| <i>Statica</i>                                     | 282 |
| <i>Forze esterne</i>                               | 282 |
| <i>Forze interne</i>                               | 284 |
| <i>Formula di Cauchy</i>                           | 285 |
| <i>Principio di Pascal</i>                         | 289 |
| <i>Condizioni al contorno</i>                      | 291 |
| <i>Principio di indifferenza materiale</i>         | 294 |
| <i>Condizioni di equilibrio di un continuo</i>     | 394 |
| <i>Spostamenti rigidi</i>                          | 298 |
| <i>Dinamica</i>                                    | 301 |
| <i>Equazioni di bilancio</i>                       | 302 |
| <i>Bilancio della massa</i>                        | 303 |
| <i>Teorema del trasporto</i>                       | 307 |

|   |            |
|---|------------|
| <i>Bilancio della quantità di moto</i>                          | 309        |
| <i>Bilancio del momento della quantità di moto</i>              | 309        |
| <i>Bilancio dell'energia</i>                                    | 312        |
| <i>Equazioni costitutive</i>                                    | 314        |
| <i>Fluidi</i>   | 316        |
| <i>Fluidi incomprimibili</i>                                    | 316        |
| <i>Fluido ideale pesante in quiete</i>                          | 317        |
| <i>Teorema delle tre quote</i>                                  | 319        |
| <i>Lavoro delle forze interne</i>                               | 321        |
| <br>  |            |
| <b>COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA</b>                       | <b>326</b> |
| <br>  |            |
| <i>PV. Principi variazionali</i>                                | 327        |
| <i>Introduzione al calcolo delle variazioni</i>                 | 327        |
| <i>Funzionale continuo</i>                                      | 331        |
| <i>Massimi e minimi relativi di un funzionale</i>               | 333        |
| <i>Variazione di un funzionale</i>                              | 334        |
| <i>Condizione necessaria di massimo e minimo</i>                | 334        |
| <i>Equazioni di Eulero</i>                                      | 335        |
| <i>Principio di Hamilton</i>                                    | 344        |
| <i>Prima formulazione</i>                                       | 344        |
| <i>Seconda formulazione</i>                                     | 345        |
| <i>Principio di Maupertuis</i>                                  | 346        |
| <i>Principio di Hamilton per le teorie di campo</i>             | 350        |
| <i>Prima formulazione</i>                                       | 350        |
| <i>Seconda formulazione</i>                                     | 325        |
| <i>Leggi di conservazione</i>                                   | 354        |
| <i>Teorema di Noether</i>                                       | 355        |
| <br>  |            |
| <i>TC. Trasformazioni canoniche</i>                             | 359        |
| <i>Funzione generatrice</i>                                     | 359        |
| <i>Invarianti canonici</i>                                      | 366        |
| <i>Condizioni di canonicità - Parentesi di Poisson</i>          | 366        |
| <i>Parentesi di Lagrange e invarianti integrali di Poincaré</i> | 370        |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Trasformazioni infinitesime di contatto</i>                 | 371 |
| <i>Teorema di Liouville</i>                                    | 378 |
| <i>Teoria di Hamilton-Jacobi</i>                               | 379 |
| <i>Funzione principale di Hamilton</i>                         | 379 |
| <i>Equazione di Hamilton-Jacobi</i>                            | 379 |
| <i>Funzione caratteristica di Hamilton</i>                     | 384 |
| <i>Coordinate cicliche</i>                                     | 385 |
| <i>Separazione delle variabili</i>                             | 386 |
| <br>   |     |
| <i>APPENDICI</i>   | 403 |
| <br>   |     |
| <i>AL. Algebra vettoriale e matriciale</i>                     | 404 |
| <i>Vettori</i>   | 404 |
| <i>Rappresentazioni di un vettore</i>                          | 414 |
| <i>Operatori lineari e matrici</i>                             | 423 |
| <i>Rappresentazioni di un operatore lineare</i>                | 424 |
| <i>Prodotto tensoriale</i>                                     | 428 |
| <i>Determinante</i>  | 430 |
| <i>Operatori di proiezione</i>                                 | 435 |
| <i>Teoremi di Laplace e matrice inversa</i>                    | 438 |
| <i>Operatori simmetrici</i>                                    | 447 |
| <i>Operatori antisimmetrici</i>                                | 448 |
| <i>Traccia di un operatore</i>                                 | 453 |
| <i>Operatori unitari o ortogonali e operatori di rotazione</i> | 455 |
| <i>Trasformazione di similitudine</i>                          | 462 |
| <i>Inversione spaziale</i>                                     | 465 |
| <i>Problema agli autovalori</i>                                | 469 |
| <i>Diagonalizzazione di una matrice simmetrica</i>             | 417 |
| <i>Operatori definiti di segno</i>                             | 480 |
| <i>Rappresentazione polare di un operatore</i>                 | 490 |
| <br>   |     |
| <i>CU. Proprietà differenziali delle curve</i>                 | 494 |
| <i>Triedro di Frenet</i>                                       | 497 |
| <i>Torsione e formule di Frenet</i>                            | 502 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>NA. Operatore nabla</i>                               | 505 |
| <i>  Gradiente</i>                                       | 505 |
| <i>  Divergenza</i>                                      | 506 |
| <i>  Rotore</i>  | 507 |
| <i>  Laplaciano</i>                                      | 508 |
| <i>  Formule</i>   | 508 |
| <i>  Campo irrotazionale</i>                             | 509 |
| <i>  Campo solenoidale</i>                               | 509 |
| <i>Rappresentazione di un campo vettoriale qualunque</i> | 510 |