

BRUNO FINZI

# MECCANICA RAZIONALE

VOLUME PRIMO

TEORIE INTRODUTTIVE  
CINEMATICA - STATICA

224 PAGINE

BRUNO FINZI  
MECCANICA  
RAZIONALE  
P.L.  
ZANICHELLI  
1941/1955



ZANICHELLI BOLOGNA

# INDICE

## INTRODUZIONE

Che cosa è la Meccanica? . . . . .	pag.	1
Curia storico sullo sviluppo della Meccanica . . . . .	»	5
Preambolo alle teorie introduttive . . . . .	»	8

## TEORIE INTRODUTTIVE

### Cap. I. - QUANTITÀ FISICHE E LORO RELAZIONI

Quantità scalari, vettoriali, tensoriali . . . . .	pag.	12
Calcolo delle quantità fisiche, prescindendo da verso e direzione . . . . .	»	14
Quantità derivate . . . . .	»	17
Relazioni fisiche . . . . .	»	19
Quantità fondamentali . . . . .	»	24
Invarianza delle relazioni fisiche . . . . .	»	27
Metodi dimensionali . . . . .	»	28
Controlli dimensionali . . . . .	»	31
Calcolo e relazioni fra quantità scalari, vettoriali, tensoriali . . . . .	»	33
Calcolo infinitesimale di quantità fisiche . . . . .	»	34

### Cap. II. - CALCOLO VETTORIALE

#### Definizioni.

Vettori . . . . .	pag.	35
Il componente di un vettore secondo una retta e secondo un piano . . . . .	»	35
La componente di un vettore secondo un asse . . . . .	»	36
Componenti cartesiane di un vettore . . . . .	»	36
Cambiamento di riferimento . . . . .	»	38

#### Operazioni elementari.

Somma di vettori . . . . .	»	39
Differenza di vettori . . . . .	»	41

Prodotto di un vettore per uno scalare . . . . .	pag. 41
Scomposizione cartesiana . . . . .	» 41
Prodotto scalare . . . . .	» 42
Prodotto vettoriale . . . . .	» 43
Prodotto misto . . . . .	» 44
Doppio prodotto vettoriale . . . . .	» 45
Vettori piani . . . . .	» 45
Significato delle operazioni ed invarianza delle relazioni vettoriali . . .	» 46

#### Operazioni infinitesimali.

Vettore funzione di un parametro . . . . .	» 48
Derivazione . . . . .	» 48
Integrazione . . . . .	» 49
Punto funzione di un parametro . . . . .	» 49
Vettore funzione di più parametri . . . . .	» 51

#### Campi vettoriali.

Campo vettoriale . . . . .	» 52
Circolazione . . . . .	» 52
Flusso . . . . .	» 53
Campo irrotazionale . . . . .	» 53
Campo solenoideale . . . . .	» 56
Proprietà integrali di gradiente, rotore, divergenza . . . . .	» 58
Campo armonico . . . . .	» 59
Funzioni armoniche . . . . .	» 60
Campi armonici piani . . . . .	» 61
Funzioni di variabile complessa . . . . .	» 62
Rappresentazione conforme . . . . .	» 65

#### Vettori applicati e cursori.

Vettore applicato . . . . .	» 65
Curso . . . . .	» 66

### Cap. III. - CALCOLO TENSORIALE

#### Tensori.

Rappresentazione cartesiana di un tensore . . . . .	pag. 67
Eguaglianza ed operazioni tensoriali . . . . .	» 71
Coordinate generali . . . . .	» 74
Sistemi covarianti e controvarianti . . . . .	» 76
Rappresentazione di vettori e tensori in coordinate generali . . . . .	» 78
Tensore fondamentale . . . . .	» 80
Tensore di Ricci . . . . .	» 81
Tensori simmetrici ed antisimmetrici . . . . .	» 83

Tensori isotropi . . . . .	pag. 84
Campi tensoriali. Derivazione . . . . .	» 85
Calcolo tensoriale piano . . . . .	» 89
Calcolo tensoriale superficiale . . . . .	» 90
Calcolo tensoriale in una varietà riemanniana . . . . .	» 94
Uffizio del calcolo tensoriale . . . . .	» 95

*Omoografie vettoriali.*

Omoografia vettoriale . . . . .	» 96
Omoografie particolari . . . . .	» 97
Operazioni elementari . . . . .	» 98
Invarianti . . . . .	» 100
Quadrica indicatrice . . . . .	» 100

## CINEMATICA

## Cap. IV. — PUNTI E SISTEMI MOBILI

Punto mobile . . . . .	pag. 103
Sistema mobile . . . . .	» 105
Sistemi clonomi e sistemi anonomi . . . . .	» 106
Sistema rigido . . . . .	» 107
Vincoli d'accoppiamento fra corpi rigidi . . . . .	» 110

## Cap. V. — SPOSTAMENTO

*Definizioni.*

Spostamento di un punto . . . . .	pag. 113
Spostamento di un sistema . . . . .	» 113

*Spostamento rigido.*

Spostamento rigido . . . . .	» 114
Spostamento traslatorio . . . . .	» 114
Spostamento rotatorio . . . . .	» 115
Spostamento rigido parallelo ad un piano . . . . .	» 117
Spostamento rigido con un punto fisso . . . . .	» 118
Spostamento rototraslatorio . . . . .	» 119
Analisi dello spostamento rigido . . . . .	» 119
Rappresentazione analitica dello spostamento rigido . . . . .	» 121

*Spostamento omografico.*

Spostamento omografico . . . . .	» 123
Deformazione nello spostamento omografico . . . . .	» 124

*Spostamento regolare.*

Spostamento di un sistema continuo . . . . .	pag. 128
Tensore di deformazione, Congruenza . . . . .	• 129

*Spostamenti infinitesimali.*

Definizione . . . . .	• 129
Principio di sovrapposizione degli spostamenti infinitesimali. . . . .	• 130
Spostamenti rigidi infinitesimali . . . . .	• 131
Spostamento omografico infinitesimale . . . . .	• 133
Spostamento regolare infinitesimale . . . . .	• 134
Condizioni di congruenza . . . . .	• 136

## Cap. VI. — MOVIMENTO

*Motoni planetari.*

Il tempo . . . . .	pag. 139
Movimento . . . . .	• 140

*Movimento di un punto.*

Moto di un punto . . . . .	• 141
Moto rettilineo uniforme . . . . .	• 144
Moto circolare uniforme . . . . .	• 144
Moto armonico . . . . .	• 145
Movimento piano . . . . .	• 145
Composizione di movimenti . . . . .	• 146
Moto elicoidale uniforme . . . . .	• 147

*Movimento di un sistema.*

Movimento di un sistema olonomo . . . . .	• 148
Movimento rigido . . . . .	• 149
Movimento traslatorio . . . . .	• 150
Movimento rotatorio . . . . .	• 150
Movimento polare . . . . .	• 151
Analisi e rappresentazione del movimento rigido . . . . .	• 151

## Cap. VII. — VELOCITÀ

*Velocità di un punto.*

Velocità . . . . .	pag. 153
Velocità nei moti: rettilineo uniforme, circolare uniforme, armonico . . . . .	• 155
Velocità nel moto piano . . . . .	• 156
Determinazione del movimento, nota la velocità . . . . .	• 157
Spostamento elementare . . . . .	• 157

*Atto di movimento di un sistema.*

Definizione . . . . .	pag. 158
Spostamento elementare di un sistema . . . . .	• 158

*Atti di moto traslatorio, rotatorio, rototraslatorio.*

Atto di movimento traslatorio . . . . .	• 159
Atto di movimento rotatorio . . . . .	• 159
Atto di movimento rototraslatorio . . . . .	• 164
Analisi dell'atto di movimento rototraslatorio . . . . .	• 165

*Descrizione geometrica del moto rigido.*

Descrizione geometrica del moto rigido piano . . . . .	• 168
Teorema di Chasles . . . . .	• 170
Profili coniugati . . . . .	• 171
Trasmissioni a frizione . . . . .	• 172
Ingranaggi . . . . .	• 174
Descrizione geometrica del movimento polare . . . . .	• 174
Descrizione geometrica del movimento rigido generale . . . . .	• 176

*Atto di moto regolare.*

Punto di vista lagrangiano e punto di vista euleriano . . . . .	• 177
Linee di corrente e linee di flusso . . . . .	• 178
Analisi dell'atto di moto regolare . . . . .	• 179
Atto di moto omografico . . . . .	• 180
Atto di moto irrotazionale . . . . .	• 181
Atto di moto solenoidale . . . . .	• 181
Atto di moto armonico . . . . .	• 181

*Atto di movimento di un sistema viscolato.*

Atto di movimento di un sistema olonomo . . . . .	• 185
Atto di movimento di un sistema anolonomo . . . . .	• 185

*Atto di movimento virtuale.*

Spostamento e atto di movimento virtuali . . . . .	• 190
Rappresentazione analitica dell'atto di moto virtuale . . . . .	• 192

## Cap. VIII. - ACCELERAZIONI

*Accelerazioni di un punto.*

Accelerazione . . . . .	pag. 195
Accelerazione nei moti: rettilineo uniforme, circolare uniforme, armonico, eliocidale uniforme . . . . .	• 197

Accelerazione nel moto piano . . . . .	pag. 198
Determinazione del movimento, nota l'accelerazione . . . . .	+ 199

*Moto uniformemente accelerato.*

Accelerazione di gravità . . . . .	+ 200
Movimento uniformemente accelerato . . . . .	+ 201

*Moto centrale.*

Movimento centrale . . . . .	+ 203
Formula di Binet . . . . .	+ 204
Moto iperbolico . . . . .	+ 205
Moto centrale elastico . . . . .	+ 206

*Distribuzione dell'accelerazione nei sistemi.*

Accelerazione nel moto traslatorio e nel moto rotatorio . . . . .	+ 208
Accelerazione nel moto rigido . . . . .	+ 209
Accelerazione nel moto rigido piano . . . . .	+ 209

Cap. IX. — CINEMATICA RELATIVA E RELATIVISTICA

*Movimento relativo.*

Movimento assoluto e movimento relativo . . . . .	pag. 211
Postulati della Cinematica classica . . . . .	+ 212
Formule di trasformazione . . . . .	+ 212

*Velocità nel movimento relativo.*

Parallelogramma delle velocità . . . . .	+ 214
Atto di movimento assoluto e atto di movimento relativo . . . . .	+ 216

*Composizione degli atti di movimento.*

Atto di moto composto . . . . .	+ 217
---------------------------------	-------

*Accelerazione nel movimento relativo.*

Teorema di Coriolis . . . . .	+ 219
-------------------------------	-------

*Cinematica relativistica.*

Coordinato spaziali e temporali di un evento rispetto a due osservatori in movimento relativo . . . . .	+ 221
Postulati della Cinematica relativistica ristretta . . . . .	+ 223
Trasformazione di Lorentz . . . . .	+ 225

Relatività della contemporaneità . . . . .	pag. 227
Contrazione delle lunghezze . . . . .	» 227
Dilatazione dei tempi . . . . .	» 228
Composizione relativistica delle velocità . . . . .	» 229
Lo spazio-tempo pseudoeuclideo . . . . .	» 230
Lo spazio-tempo riemanniano . . . . .	» 234

## S T A T I C A

## Cap. X. - NOZIONI PRELIMINARI E STATICA DEL PUNTO

*Nozioni preliminari.*

Nozione statica di forza . . . . .	pag. 237
Equilibrio . . . . .	» 238
Misura statica delle forze . . . . .	» 238

*Statica del punto.*

Equilibrio di un punto libero . . . . .	» 239
Peso di un punto . . . . .	» 240
Equilibrio di un punto vincolato. Attrito . . . . .	» 241

*Statica dei sistemi.*

Equilibrio dei sistemi di punti . . . . .	» 243
---	-------

## Cap. XI. - STATICA DEI CORPI RIGIDI

*Sistemi equipollenti di forze agenti su corpi rigidi.*

Postulati fondamentali sulla Statica dei corpi rigidi . . . . .	pag. 245
Forze equipollenti. Operazioni invariative . . . . .	» 246
Forze concorrenti . . . . .	» 246
Forze parallele a risultante non nulla . . . . .	» 246
Forze piane a risultante non nulla. Metodo del poligono funicolare . . . . .	» 247
Riduzione a due forze . . . . .	» 249
Forze a risultante nulla. Coppie . . . . .	» 250

*Momenti.*

Momento di una forza rispetto ad un polo . . . . .	» 251
Momento di una forza rispetto ad un asse . . . . .	» 252
Momento di un sistema di forze . . . . .	» 253
Teorema fondamentale . . . . .	» 254



Riduzione dei sistemi di forze agenti su corpi rigidi . . . . .	pag. 256
Estensione ai cursori generici . . . . .	» 260

*Peso di un corpo rigido.*

Baricentro . . . . .	» 260
Proprietà dei baricentri . . . . .	» 263
Esempi di calcolo di baricentri . . . . .	» 266

*Statica dei corpi rigidi liberi.*

Equilibrio dei corpi rigidi liberi . . . . .	» 268
Casi particolari . . . . .	» 270

*Statica dei corpi rigidi vincolati.*

Equilibrio dei corpi rigidi vincolati . . . . .	» 271
Equilibrio di un corpo rigido con un punto fisso . . . . .	» 271
Equilibrio di un corpo rigido con un asse fisso . . . . .	» 273
Corpo rigido appoggiato ad un piano fisso liscio . . . . .	» 274
Equilibrio di un solido pesante su di un piano inclinato liscio . . . . .	» 276
Equilibrio di un solido appoggiato ad una superficie liscia . . . . .	» 277
Appoggi scabri . . . . .	» 277
Attrito volvente . . . . .	» 279
Calcolo delle reazioni vincolari . . . . .	» 281

Cap. XII. - STATICA DEI SISTEMI DEFORMABILI

*Postulati.*

Postulato dei vincoli addizionali. Equazioni cardinali della Statica. . . . .	pag. 287
Postulati delle pressioni e tensioni interne. Principio statico dell'azione e della reazione . . . . .	» 288

*Statica dei sistemi articolati.*

Equilibrio dei sistemi articolati semplicemente connessi . . . . .	» 290
Travature reticolari . . . . .	» 292

*Statica del filo.*

Tensione di un filo . . . . .	» 293
Sollecitazione discreta . . . . .	» 294
Sollecitazione continua . . . . .	» 295
Equilibrio di un filo omogeneo pesante . . . . .	» 299
Ponti sospesi . . . . .	» 301
Archi resistenti a sole pressioni . . . . .	» 302
Filo su di una superficie liscia . . . . .	» 303
Filo su di una superficie scabra . . . . .	» 304

*Statica delle verghe.*

Sforzi in una verga . . . . .	pag. 305
Equazioni di equilibrio . . . . .	» 306
Verghe soggette a piccole variazioni di configurazione . . . . .	» 307
Verghe soggette a variazioni finite di configurazione . . . . .	» 309

*Statica dei corpi deformabili continui.*

Sollecitazione continua di corpi continui . . . . .	» 311
Equazioni integrali di equilibrio . . . . .	» 312
Sforzi in un corpo continuo . . . . .	» 313
Tensore degli sforzi . . . . .	» 315
Equazioni di equilibrio . . . . .	» 317
Quadriche indicatrici degli sforzi . . . . .	» 321
Sforzi principali . . . . .	» 323
Valor medie degli sforzi. - Deviatore . . . . .	» 323
Sforzi piani . . . . .	» 324

*Statica dei fluidi.*

Pressione . . . . .	» 326
Equazioni di equilibrio . . . . .	» 327
Equilibrio dei fluidi pesanti . . . . .	» 329
Principio di Archimede . . . . .	» 331
Statica dei galleggianti . . . . .	» 332
Equilibrio dei gas pesanti . . . . .	» 333

*Statica dei corpi elastici.*

Legame fra sforzi e deformazioni. . . . .	» 334
Equazioni di equilibrio . . . . .	» 337
Estensione. Flessione. Torsione . . . . .	» 339

*Statica dei corpi plastici.*

Plasticità . . . . .	» 345
Equilibrio elastoplastico . . . . .	» 345
Sforzi piani. - Deformazione piana . . . . .	» 347

*Statica delle membrane e delle lastre.*

Equilibrio delle membrane . . . . .	» 348
Equilibrio delle lastre . . . . .	» 352

## Cap. XIII. — PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI

*Induzione del principio dei lavori virtuali.*

Lavoro virtuale . . . . .	pag. 355
Lavoro virtuale in condizioni di equilibrio . . . . .	* 356
Principio dei lavori virtuali . . . . .	* 359
Applicazioni . . . . .	* 361
Principio di sovrapposizione e principio di inversione . . . . .	* 363

*Statica dei sistemi vincolati.*

Equazioni di equilibrio . . . . .	* 364
Equilibrio dei sistemi olonomi . . . . .	* 369
Sollecitazione attiva conservativa . . . . .	* 371
Equilibrio dei sistemi pesanti . . . . .	* 372
Stabilità dell'equilibrio . . . . .	* 374

*Energia interna.*

Lavoro virtuale interno . . . . .	* 375
Energia interna . . . . .	* 377
Energia elastica . . . . .	* 378
Principio di reciprocità . . . . .	* 378