

Danlele Sette

# Lezioni di fisica

Meccanica - Vibrazioni ed onde

Volume I

Quarta edizione

MASSON   
editoriale Veschi  
1993

## INDICE

Prefazione	Pag. V
Prefazione alla Prima Edizione	" VII

### INTRODUZIONE

1 - Scopo della Fisica e metodo scientifico	" 1
2 - Osservazioni soggettive ed oggettive	" 1
3 - Grandezze fisiche	" 2
4 - Grandezze fondamentali e derivate. Sistemi di unità di misura	" 2
5 - Lunghezza	" 3
6 - Metodi di misura della lunghezza e della grandezze derivate	" 8
7 - Intervallo di tempo	" 11
8 - Misura degli intervalli di tempo	" 13
9 - Sistemi di unità	" 14
10 - Dimensioni ed equazioni dimensionali	" 16
11 - Misure relative ed assolute	" 18
12 - Errori	" 18
13 - Rappresentazione dei risultati sperimentali. Tabelle. Grafici. Funzioni	" 25
14 - Relazioni empiriche e leggi fisiche	" 27

### Premessa I - RICHIAMI DI MATEMATICA

1 - Introduzione	" 29
2 - Funzioni	" 29
3 - Limiti	" 30
4 - Funzioni continue	" 30
5 - Infinitesimi	" 31
6 - Funzione derivata e differenziali	" 31
7 - Formule di differenziazione	" 33
8 - Derivate di funzioni usate frequentemente	" 34

9 - Funzioni di più variabili. Derivate parziali e differenziali	Pag.	35
10 - Funzione integrale	"	36
11 - Integrali di funzioni usate frequentemente	"	37
12 - Coordinate polari	"	38

#### Promessa II - VETTORI

1 - Grandezze scalari e vettoriali	"	40
2 - Vettore, vettore applicato	"	40
3 - Algebra vettoriale	"	41
4 - Componenti di un vettore	"	42
5 - Grandezze vettoriali e loro dimensioni	"	43
6 - Grandezze vettoriali applicate in punti. Campi vettoriali	"	44
7 - Prodotto scalare di due vettori	"	44
8 - Prodotto vettoriale	"	46
9 - Prodotti di tre vettori	"	48
10 - Derivata di un vettore	"	49
11 - Integrale di un vettore	"	50

### PARTE I - MECCANICA

#### CAPITOLO I - CINEMATICA DEL PUNTO MATERIALE

1 - Introduzione	"	53
2 - Sistema di riferimento	"	54
3 - Equazioni del moto. Moti componenti	"	55
4 - Traiettoria. Equazione oraria	"	56
5 - Spostamenti	"	57
6 - Gradi di libertà	"	58
7 - Moto rettilineo uniforme. Velocità	"	58
8 - Moto rettilineo vario. Accelerazione	"	61
9 - Moto rettilineo uniformemente accelerato	"	64
10 - Moto armonico	"	66
11 - Moto di un punto materiale con traiettoria giacente in un piano	"	70
12 - Moto circolare uniforme	"	74
13 - Moto circolare uniforme e moti armonici componenti	"	77
14 - Accelerazione in un moto con traiettoria giacente in un piano	"	82
15 - Moto di un punto con traiettoria qualsiasi	"	87
16 - Moti centrali. Velocità areolare	"	88

17 - Studio del moto essendo noto il vettore accelerazione ed il vettore velocità	Pag. 90
18 - Moti di uno stesso punto materiale rispetto a sistemi di riferimento diversi	" 93
19 - Metodi di osservazione delle grandezze cinematiche	" 101
Bibliografia	" 109

CAPITOLO II - DINAMICA DEL PUNTO MATERIALE

1 - Legge di inerzia. Torno di riferimento inerziali	" 110
2 - Forza	" 114
3 - Concetto di massa inerziale	" 116
4 - Secondo principio della dinamica	" 121
5 - Quantità di moto ed impulso	" 123
6 - Terzo principio della dinamica. Azione e reazione	" 124
7 - Metodo statico di misura delle forze	" 125
8 - Critica e limiti della meccanica Newtoniana	" 127
9 - Forze ed interazioni fondamentali	" 130
10 - Peso	" 133
11 - Forze elastiche	" 135
12 - Reazioni vincolari	" 136
13 - Attrito	" 137
14 - Resistenze passive	" 141
15 - Forze elettriche	" 142
16 - Forze magnetiche su cariche in moto	" 143
17 - Esempi di applicazione dei principi della dinamica	" 147
18 - Processi oscillatori	" 153
19 - Pendolo semplice	" 161
20 - Spazio degli stati dinamici o delle fasi	" 164
21 - Momento di una forza rispetto ad un punto e rispetto ad un asse	" 166
22 - Momento della quantità di moto	" 169
23 - Teorema del momento della quantità di moto. Teorema di conservazione del momento della quantità di moto	" 170
24 - Forze apparenti: la forza centrifuga	" 176
25 - Forze apparenti: la forza di Coriolis	" 182
26 - Conclusioni sulla dinamica del punto	" 187

CAPITOLO III - LAVORO ED ENERGIA PER IL PUNTO MATERIALE

1 - Definizione di lavoro	" 189
2 - Potenza	" 192

3 - Campi di forza conservativi	Pag. 194
4 - Energia potenziale	" 198
5 - Energia cinetica. Teorema del lavoro e dell'energia cinetica	" 202
6 - Conservazione dell'energia meccanica nel caso di forze conservative	" 205
7 - Energia nell'oscillatore armonico	" 206
8 - Energia meccanica di un punto materiale in campo conservativo	" 210
9 - Variazione dell'energia meccanica in presenza di forze non conservative	" 213
10 - Conservazione dell'energia	" 216
11 - Teoria della relatività "ristretta"	" 217
12 - Alcune conseguenze delle trasformazioni di Lorentz	" 225
13 - Massa ed energia nella teoria della relatività	" 228

## CAPITOLO IV - MECCANICA DEI SISTEMI DI PUNTI MATERIALI

1 - Introduzione	" 235
2 - Centro di massa e moto del centro di massa	" 236
3 - Quantità di moto di un sistema	" 243
4 - Teorema della quantità di moto	" 243
5 - Principio di conservazione della quantità di moto	" 247
6 - Teorema del momento della quantità di moto	" 251
7 - Principio di conservazione del momento della quantità di moto	" 254
8 - Teorema del lavoro e dell'energia cinetica nei sistemi di punti	" 258
9 - Energia cinetica e moto del centro di massa	" 259
10 - Energia potenziale	" 260
11 - Conservazione dell'energia meccanica	" 262
12 - Problemi di meccanica dei sistemi	" 263
13 - Processi d'urto	" 265
14 - Urto normale centrale	" 268
15 - Urto nello spazio	" 276
16 - Sezione d'urto	" 286

## CAPITOLO V - MECCANICA DEI CORPI RIGIDI

1 - Introduzione	" 291
2 - Cinematica dei corpi rigidi	" 292
3 - Dinamica del corpo rigido	" 296

4 - Sistemi equivalenti di forze	Pag. 297
5 - Corpo girevole intorno ad un asse fisso	" 302
6 - Momento d'inerzia	" 306
7 - Esempi di moto di rotazione intorno ad un asse fisso	" 309
8 - Energia cinetica di un corpo rigido libero	" 310
9 - Giroscopio. Moto di precessione	" 314
10 - Statica	" 319
11 - Leve. Bilancia	" 320

## CAPITOLO VI - GRAVITAZIONE

1 - Introduzione	" 324
2 - Legge della gravitazione universale	" 327
3 - Determinazione della costante di gravitazione universale	" 329
4 - Massa inerziale e massa gravitazionale	" 332
5 - Accelerazione di gravità	" 335
6 - Moto dei pianeti e dei satelliti	" 338
7 - Energia potenziale di gravitazione	" 339
8 - Energia meccanica nel sistema solare	" 343

## CAPITOLO VII - MECCANICA DEI CORPI DEFORMABILI - ELASTICITÀ

1 - Introduzione	" 345
2 - Deformazioni elastiche e plastiche	" 346
3 - Deformazioni semplici	" 348
4 - Forze applicate e sforzi	" 349
5 - Legge di Hooke. Legge di sovrapposizione	" 354
6 - Compressione di volume	" 355
7 - Deformazione lungo un asse	" 356
8 - Deformazione di scorrimento	" 358
9 - Deformazione di torsione	" 361
10 - Origine delle proprietà elastiche nei solidi	" 363
11 - Sollecitazioni e deformazioni nei fluidi: liquidi	" 369
12 - Sollecitazioni e deformazioni nei gas	" 376
13 - Attrito di rotolamento	" 377

## CAPITOLO VIII - MECCANICA DEI FLUIDI

1 - Introduzione	" 381
2 - Pressione in un punto di un fluido	" 382
3 - Equazioni della statica dei fluidi	" 385
4 - Statica dei fluidi pesanti	" 387
5 - Principio di Pascal	" 391

6 - Misura delle pressioni	Pag. 392
7 - Principio di Archimede	" 394
8 - Dinamica dei fluidi	" 396
9 - Linee di flusso e di corrente	" 401
10 - Equazione di continuità	" 402
11 - Teorema del lavoro e dell'energia cinetica per fluidi ideali. Equazione di Bernouilli	" 404
12 - Applicazioni della equazione di Bernouilli	" 406
13 - Applicazione del teorema del lavoro e dell'energia cinetica al moto stazionario di fluidi viscosi	" 410
14 - Moto turbolento	" 413
15 - Resistenza offerta a corpi in moto	" 418
16 - Campi di flusso	" 420

## CAPITULO IX - ONDE IN MEZZI ELASTICI

1 - Introduzione	" 424
2 - Vari tipi di onde elastiche	" 426
3 - Principio di sovrapposizione	" 432
4 - Teorema di Fourier sulle funzioni periodiche	" 433
5 - Onde sinusoidali	" 438
6 - Onde piane longitudinali sinusoidali	" 438
7 - Onde piane longitudinali	" 445
8 - Velocità di propagazione ed equazione delle onde longitudinali	" 448
9 - Trasporto di energia ed intensità delle onde	" 454
10 - Assorbimento e dispersione	" 457
11 - Onde longitudinali sferiche	" 461
12 - Onde trasversali	" 464
13 - Onde su superfici liquide	" 466
14 - Sovrapposizione ed interferenza di onde	" 468
15 - Onde complesse - Velocità di fase e velocità di gruppo	" 469
16 - Interferenza di onde sinusoidali propagatesi nella stessa direzione e nello stesso verso	" 475
17 - Interferenza di onde sferiche	" 477
18 - Onde stazionarie	" 480
19 - Principio di Huyghens	" 485
20 - Propagazione delle onde	" 487
21 - Riflessione	" 488
22 - Trattazione analitica della riflessione	" 491
23 - Rifrazione	" 498
24 - Riflessione parziale alla separazione fra due mezzi	" 500
25 - Propagazione geometrica di onde elastiche	" 503
26 - Fenomeni di diffrazione	" 507

27 - Diffrazione da una fenditura rettangolare o da un foro circolare	Pag. 509
28 - Sorgente o ricevitore in moto - Effetto Doppler	* 513
29 - Pressione di radiazione	* 519
Bibliografia	* 523
CAPITOLO X - SUONI ED ULTRASUONI	
1 - Introduzione	* 524
2 - Classifica delle sorgenti	* 525
3 - Sorgenti unidimensionali	* 526
4 - Sorgenti bidimensionali	* 533
5 - Sorgenti tridimensionali	* 536
6 - Eccitazione ed emissione delle sorgenti	* 538
7 - Rivelatori ed analizzatori	* 540
8 - Caratteri dei suoni	* 541
9 - Voce	* 542
10 - Orecchio	* 543
11 - Sensibilità dell'orecchio	* 545
12 - Ultrasuoni	* 552
13 - Piccole lunghezze d'onda	* 553
14 - Grandi intensità	* 560
CAPITOLO XI - DINAMICA NON LINEARE E CAOS DETERMINISTICO	
1 - Introduzione	* 564
2 - Spazio delle fasi. Attrattori	* 568
3 - Sezioni di Poincaré	* 573
4 - Attrattori strani o caotici. Caos deterministico	* 577
5 - Coesistenza di attrattori	* 583
6 - Biforcazioni	* 583
7 - Parabola logistica	* 587
8 - Universalità nel comportamento di sistemi non lineari che presentano cascata di biforcazioni per raddoppio di periodo	* 596
9 - Divergenza delle orbite. Esponenti di Lyapunov	* 598
10 - Ricostruzione di un attrattore	* 599
11 - Il pendolo forzato	* 602
12 - Oscillatori non lineari forzati	* 606
13 - Molla oscillante in un liquido	* 616
14 - Sistemi fluidodinamici	* 620
15 - Caos deterministico e meccanica celeste	* 628
16 - Geometria frattale	* 631
17 - Esempi di frattali	* 634
18 - Insiemi di Julia e di Mandelbrot	* 638