

Maurizio Zani

Raccolta di lezioni per  
**Meccanica**

Punto materiale. Gravitazione. Corpo rigido

II edizione



*“I will be there  
at your side...”*

*Queen*



# Prefazione

Questo testo è una raccolta delle lezioni svolte in aula dal sottoscritto in questi anni durante i corsi di Fisica Sperimentale a Ingegneria presso il Politecnico di Milano. Il testo è organizzato con una sequenza che bene o male segue quella tenuta in aula.

Lungi da me pensare che il testo sia esaustivo, e che consenta di evitare di frequentare le lezioni in aula; è invece uno strumento complementare, che può aiutare a seguire più agevolmente le tematiche proposte, con il supporto di avere sott'occhio i procedimenti seguiti in aula.

**Consigli:** nel testo sono contenuti degli esercizi d'esempio per le diverse tematiche, evidenziati con un segno a lato come il seguente

## | Esercizio d'esempio

E' comunque importante che di ogni tematica trattata si capisca l'ambito di validità, così da poterla applicare ai vari casi che si presentano e non fermandosi ai soli esempi presentati.

Ogni termine o definizione importante compare in **grassetto** nel testo, e viene poi riportato per comodità nell'indice degli argomenti a fondo libro; è presente anche un indice degli autori richiamati nel testo, un indice delle costanti e un indice delle unità di misura.

**Errori:** ne è piena la Terra, figurarsi qui dentro!! Che dire, vi sarei grato, e con me gli studenti futuri, se voleste segnalarmeli, così che questo strumento possa essere continuamente migliorato nelle successive edizioni (maurizio.zani@polimi.it)

**Ringraziamenti:** mi fa piacere cominciare a ringraziare proprio gli studenti, dai quali molte volte ho preso ispirazione per cercare nuovi esempi che chiarissero la tematica, per continuare con i colleghi con i quali ho condiviso il compito di docente e dai quali ho appreso utili consigli per il compito dell'insegnamento.

Ora basta essere così seri (chi ha seguito le mie lezioni sa a cosa mi riferisco): 😊 prendete carta, penna e calamaio e... buon lavoro!

Maurizio Zani

*Marzo, 2017*



# Sommario

<b>Metrologia</b> .....	<b>11</b>
Metodo sperimentale.....	11
<i>Scienza</i> .....	11
<i>Fisica</i> .....	13
<b>Grandezze fisiche</b> .....	<b>15</b>
<i>Unità di misura</i> .....	15
<i>Grandezze fondamentali e derivate</i> .....	17
<i>Grandezze adimensionali</i> .....	19
<i>Sistemi di unità di misura</i> .....	20
<i>Conversioni di unità</i> .....	21
<i>Operazioni tra grandezze con unità</i> .....	22
<i>Analisi dimensionale</i> .....	23
<b>Notazione</b> .....	<b>24</b>
<i>Notazione scientifica</i> .....	24
<i>Notazione ingegneristica</i> .....	25
<b>Errori e cifre significative</b> .....	<b>26</b>
<i>Errore sistematico</i> .....	26
<i>Errore statistico</i> .....	26
<i>Propagazione degli errori</i> .....	29
<i>Cifre significative</i> .....	30
<i>Arrotondamenti</i> .....	31
<b>Cinematica del punto</b> .....	<b>33</b>
<b>Cinematica scalare</b> .....	<b>33</b>
<i>Sistema di riferimento</i> .....	33
<i>Posizione</i> .....	34
<i>Velocità</i> .....	38
<i>Accelerazione</i> .....	44
<i>Moto del grave</i> .....	52
<i>Moto armonico</i> .....	54
<b>Cinematica vettoriale</b> .....	<b>56</b>
<i>Posizione</i> .....	56
<i>Velocità</i> .....	61
<i>Accelerazione</i> .....	66
<i>Moto del proiettile</i> .....	74
<i>Moto piano</i> .....	77
<b>Dinamica del punto</b> .....	<b>81</b>
<b>Primo principio della dinamica</b> .....	<b>81</b>
<i>Sistema di riferimento inerziale</i> .....	83
<b>Secondo principio della dinamica</b> .....	<b>84</b>
<i>Forza</i> .....	84
<i>Massa</i> .....	86
<i>Struttura della materia</i> .....	89
<i>Problema fondamentale della dinamica</i> .....	90
<i>Quantità di moto</i> .....	92
<b>Terzo principio della dinamica</b> .....	<b>95</b>
<i>Reazioni vincolari</i> .....	95
<i>Azione e reazione</i> .....	96
<b>Grandezze angolari</b> .....	<b>98</b>
<i>Momento della forza</i> .....	98
<i>Momento d'inerzia</i> .....	98
<i>Momento angolare</i> .....	99

Statica del punto.....	102
<i>Equilibrio</i> .....	102
<i>Forze</i> .....	102
<b>Esempi di forze.....</b>	<b>105</b>
Forza d'inerzia.....	105
Peso.....	106
Appoggio.....	107
Forza d'attrito.....	109
<i>Attrito radente</i> .....	109
<i>Attrito volvente</i> .....	114
<i>Attrito viscoso</i> .....	115
Tensione.....	117
<i>Filo ideale</i> .....	117
<i>Filo reale</i> .....	119
<i>Carrucola</i> .....	119
Forza elastica.....	120
<i>Moto armonico libero</i> .....	123
<i>Moto armonico smorzato</i> .....	128
<i>Moto armonico forzato</i> .....	132
<b>Meccanica relativa.....</b>	<b>135</b>
Cinematica relativa.....	135
<i>Posizione</i> .....	136
<i>Velocità</i> .....	137
<i>Accelerazione</i> .....	140
Dinamica relativa.....	142
<i>Forze apparenti</i> .....	142
<i>Sistemi inerziali</i> .....	143
<i>Sistemi non inerziali</i> .....	144
Statica relativa.....	145
<b>Meccanica relativistica.....</b>	<b>147</b>
Metrologia relativistica.....	147
<i>Misure indipendenti</i> .....	148
<i>Simultaneità</i> .....	149
<i>Lunghezza trasversale</i> .....	151
<i>Intervallo di tempo</i> .....	152
<i>Lunghezza longitudinale</i> .....	154
Cinematica relativistica.....	156
<i>Cinematica inerziale relativa</i> .....	156
<i>Cinematica inerziale relativistica</i> .....	157
Principi di relatività.....	158
<i>Principi semplici</i> .....	158
<i>Principi speciali</i> .....	158
<i>Principi generali</i> .....	158
<b>Relazioni integrali.....</b>	<b>159</b>
Impulso.....	159
<i>Impulso</i> .....	159
<i>Impulso angolare</i> .....	161
Lavoro e potenza.....	162
<i>Lavoro</i> .....	162
<i>Potenza</i> .....	165
Energia.....	166

<i>Energia cinetica</i> .....	166
<i>Energia potenziale</i> .....	169
<i>Statica del punto</i> .....	175
<i>Energia meccanica</i> .....	178
Principi di conservazione.....	180
<b>Meccanica dei sistemi</b> .....	<b>181</b>
Cinematica dei sistemi.....	181
<i>Centro di massa</i> .....	181
<i>Densità</i> .....	184
Dinamica dei sistemi.....	187
<i>Quantità di moto</i> .....	187
<i>Momento angolare</i> .....	189
<i>Equazioni cardinali</i> .....	192
Dinamica relativa dei sistemi.....	193
<i>Sistema di riferimento del centro di massa</i> .....	193
<i>Primo teorema di König</i> .....	194
<i>Secondo teorema di König</i> .....	195
Relazioni integrali.....	196
<i>Impulso</i> .....	196
<i>Impulso angolare</i> .....	198
<i>Energia cinetica</i> .....	200
<i>Energia potenziale</i> .....	201
<i>Energia propria</i> .....	202
<i>Energia interna</i> .....	203
<i>Principi di conservazione</i> .....	204
Urti.....	205
<i>Urti elastici</i> .....	207
<i>Urti anelastici</i> .....	212
<b>Gravitazione</b> .....	<b>217</b>
Cinematica gravitazionale.....	217
<i>Prima legge di Kepler</i> .....	219
<i>Seconda legge di Kepler</i> .....	223
<i>Terza legge di Kepler</i> .....	224
Dinamica gravitazionale.....	225
<i>Forza gravitazionale</i> .....	225
<i>Massa gravitazionale</i> .....	228
<i>Campo gravitazionale</i> .....	229
<i>Energia potenziale gravitazionale</i> .....	230
Orbite planetarie.....	232
<i>Energia potenziale efficace</i> .....	232
<i>Energia totale</i> .....	234
<b>Meccanica del corpo rigido</b> .....	<b>235</b>
Statica del corpo rigido.....	235
<i>Sistema equipollente</i> .....	235
<i>Sistema di forze parallele</i> .....	236
<i>Centro di gravità</i> .....	237
<b>Bibliografia</b> .....	<b>239</b>
<b>Indice</b> .....	<b>241</b>
Indice degli autori.....	241
Indice delle costanti.....	242

Indice delle unità di misura .....	243
Indice degli argomenti .....	244

## Bibliografia

- A. Bandini Buti**, *La relatività*, Editoriale Delfino Milano (1963)
- R. Eisberg, R. Resnick**, *Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles*, John Wiley & Sons (1985)
- M. Fazio**, *Manuale delle unità di misura e teoria degli errori*, Istituto Editoriale Internazionale (1976)
- R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands**, *La fisica di Feynman - vol. 1*, Ed. Zanichelli (2001)
- S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni**, *Fisica Generale - Termodinamica e fluidi*, Casa Editrice Ambrosiana (2004)
- P. Fleury, J. P. Mathieu**, *Trattato di fisica generale e sperimentale - vol. 1*, Ed. Zanichelli (1970)
- E. Hecht**, *Fisica I - Meccanica, Onde, Termodinamica*, Ed. Zanichelli (1999)
- D. C. Giancoli**, *Fisica I*, Casa Editrice Ambrosiana (2010)
- P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci**, *Fisica I - Meccanica, Termodinamica*, EdiSES (1991)
- C. Mencuccini, V. Silvestrini**, *Fisica I - Meccanica, Termodinamica*, EdiSES (1996)
- E. Puppini**, *Fisica - Meccanica, Termodinamica, Elettromagnetismo*, Ed. Maggioli (2004)
- R. Resnick, D. Halliday, K.S. Krane**, *Fisica I*, Casa Editrice Ambrosiana (1993)
- R. Serway, J. Jewett**, *Fisica - Volume 1*, EdiSES (2009)
- P. A. Tipler, G. Mosca**, *Corso di Fisica - Meccanica, Onde, Termodinamica*, Ed. Zanichelli (2009)
- G. Tonzi**, *Fondamenti di Meccanica Classica*, Maggioli Editore (2009)



# Indice

## Indice degli autori

Amontons, Guillaume.....	109	Kepler, Johannes .....	217
Aristotele .....	81; 217	König, Johann Samuel.....	195
Boyle, Robert.....	121	Larmor, Joseph .....	157
Brahe, Tycho .....	217	Leibniz, Gottfried Wilhelm von ..	12; 166
Cartesio.....	<i>vedi</i> Descartes	Leonardo, da Vinci.....	109
Cauchy, Augustin Louis .....	121	Lorentz, Hendrik Antoon.....	155; 157
Cavendish, Henry .....	226	Michelson, Albert Abraham .....	15
Copernicus, Nicolaus.....	217	Morley, Edward Williams .....	15
Coulomb, Charles Augustin de.....	110	Navier, Claude-Louis .....	120
d'Alembert, Jean Baptiste Le Rond....	105	Newton, Isaac .....	12; 82; 85; 92
Debye, Peter Joseph Wilhelmus.....	133	Noether, Amalie .....	158
Descartes, René .....	82	Planck, Karl Ernst Ludwig Marx.....	13
Einstein, Albert.....	12; 13; 87; 133; 147	Popper, Karl .....	12
Eötvös, Loránd von.....	228	Stokes, George Gabriel.....	115
Fitzgerald, George Francis.....	155	Tolomeo, Claudio .....	217
Galilei, Galileo.11; 12; 81; 126; 156; 217		Watt, James .....	165
Giorgi, Giovanni .....	20	Young, Thomas .....	120
Hooke, Robert.....	121; 209		
Joule, James Prescott .....	162		

## Indice delle costanti

accelerazione di gravità	
$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ .....	52; 106
carica del neutrone	
$q_n = 0$ .....	89
carica del protone	
$q_p = 1.602176 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .....	89
carica dell'elettrone	
$q_e = -1.602176 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .....	89
carica elementare	
$e = 1.602176 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .....	89
costante di gravitazione universale	
$\gamma = 6.67428 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .....	226
costante di Planck	
	$h = 6.6256 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ .....
	13
massa del neutrone	
$m_n = 1.674927 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .....	89
massa del protone	
$m_p = 1.672622 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .....	89
massa dell'elettrone	
$m_e = 9.109382 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .....	89
numero di Avogadro	
$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$ .....	17
velocità della luce	
$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ ...	13; 15; 87; 147;
	221

## Indice delle unità di misura

ampere (A).....	17	kilowattora (kWh) .....	165
angstrom (Å).....	21	libbra .....	<i>vedi</i> pound
anno luce (ly).....	221	libbra forza .....	<i>vedi</i> pound force
candela (cd).....	17	metro (m).....	15; 17
cavallo vapore (CV).....	21	miglio .....	<i>vedi</i> mile
centimetro (cm).....	21	mile (mi).....	21
 		mole (mol).....	17
dina (dina).....	21; 86	 	
 		newton (N).....	84; 86
erg (erg) .....	21; 162	 	
 		oncia .....	<i>vedi</i> ounce
foot (ft).....	21	ounce (oz).....	21
grado		piede .....	<i>vedi</i> foot
sessagesimale (°).....	19	pollice .....	<i>vedi</i> inch
grain (gr).....	21	pound (lb) .....	21
grammo (g) .....	21	pound force (lbf).....	21
hertz (Hz).....	42	radiante (rad) .....	19
horse power (hp).....	21; 165	 	
 		secondo (s).....	17
iarda .....	<i>vedi</i> yard	steradiante (sr).....	19
inch (in) .....	21	 	
 		unità astronomica (UA).....	221
joule (J).....	162	 	
 		watt (W).....	165
kelvin (K).....	17	 	
kilogrammo (kg).....	17; 86	yard (yd) .....	21
kilogrammo forza (kgf).....	21		

## Indice degli argomenti

accelerazione	
angolare .....	73
istantanea .....	49
media .....	49
assoluta .....	140
centrifuga .....	141
complementare.....	<i>vedi</i> acc. di Coriolis
dell'origine .....	140
di Coriolis .....	141
di gravità.....	52; 106; 227
di trascinamento.....	140
istantanea .....	66
lineare	
istantanea .....	45
media .....	44
media .....	66
accuratezza.....	26
afelio .....	219
ampiezza .....	54
analisi	
dimensionale.....	23
angolo	
piano .....	19
solido .....	19
apogeo.....	219
appoggio .....	107
arrotondamento.....	31
per difetto.....	31
per eccesso.....	31
ascissa	
curvilinea .....	<i>vedi</i> pos. lineare
asse	
di simmetria	
geometrica .....	184
materiale .....	182
atomo .....	89
baricentro .....	184
bilancia	
di torsione .....	226
campione	
di riferimento .....	15
campo	
gravitazionale.....	229
scalare.....	170
carico .....	120
carrucola	
ideale .....	119
reale .....	119
centro	
delle forze parallele .....	236
di gravità.....	237
di massa .....	181; 237
cifre	
significative .....	30
cinematica	
relativa .....	135
circuitazione .....	169
coefficiente	
d'attrito	
radente .....	110
volvente .....	114
di restituzione .....	213
di variazione .....	<i>vedi</i> dev. standard
relativa	
compressione .....	120
condizione	
iniziale .....	39; 43; 46; 49
condizioni	
ambiente .....	186
standard .....	186
conica .....	219; 221
contrazione di Lorentz-Fitzgerald .....	155
conversione	
di unità.....	21
coordinate	
cartesiane.....	56
estrinseche .....	56
intrinseche .....	56
polari.....	56
corpo	
elastico.....	121
isolato .....	81
libero.....	<i>vedi</i> corpo isolato
rigido .....	121; 235
corrente	
elettrica.....	17
costante	
di gravitazione universale.....	226
di Planck.....	13
di tempo	

critica .....	128	errore .....	26; 27
elastica .....	121	assoluto .....	27
curvatura .....	71	casuale .....	<i>vedi</i> errore statistico
deformazione		di parallasse .....	26
relativa .....	120	medio .....	27
densità		relativo .....	27
lineare .....	184	sistematico .....	26
superficiale .....	184	statistico .....	26
volumica .....	184	esponente .....	24
derivata		etere .....	147
parziale .....	172	evento .....	149
deviazione		fase	
standard .....	27	iniziale .....	54
relativa .....	28	fattore	
diagramma		di Lorentz .....	152
delle forze .... <i>vedi</i> diag. di corpo libero		filo .....	117
di corpo libero .....	107	ideale .....	117
differenziale		reale .....	119
totale .....	172	filosofia	
dinamica		naturale .....	11
relativa .....	142	fisica .....	13
dinamometro .....	84	atomica .....	14
eccentricità .....	221	classica .....	13
eclittica .....	226	moderna .....	13; 180
elettrone .....	89	quantistica .....	13
energia		relativistica .....	13
cinetica .....	166; 200	sperimentale .....	180
interna .....	203	teorica .....	180
meccanica .....	178; 201	fonone .....	133
potenziale .....	170; 201	formula	
del peso .....	171	di Eulero .....	124
efficace .....	233	forza .....	84
elastica .....	171	apparente .....	142
gravitazionale .....	230	centrale .....	101
propria .....	202	centrifuga .....	144
equazione		centripeta .....	88
cardinale, prima .....	188	conservativa .....	169
cardinale, seconda .....	190	d'attrito	
dell'oscillatore armonico .....	123	radente .....	109
equazioni		dinamico .....	109
cardinali .....	192	statico .....	109
equilibrio .....	102; 175	viscoso .....	115
indifferente .....	177	volvente .....	114
instabile .....	176	di Coriolis .....	142
meccanico .....	102	di trascinamento .....	142
stabile .....	176	d'inerzia .....	105
statico .....	102	esterna .....	187
		fondamentale .....	105

gravitazionale.....	226	legge delle aree..... <i>vedi</i> seconda legge di Kepler	
impulsiva .....	205	legge delle distanze ... <i>vedi</i> prima legge di Kepler	
interna .....	187	lunghezza.....	17
media .....	160	macchina	
motrice .....	162	di Atwood.....	117
resistente .....	162	mantissa .....	24
risultante .....	85	massa .....	17; 86; 228
frequenza .....	42	a riposo .....	87
futuro .....	33	angolare .....	<i>vedi</i> momento d'inerzia
gradiente .....	172	del sistema .....	181
grandezza		gravitazionale .....	228
adimensionale .....	19	inerziale .....	86
derivata .....	18	lineare .....	<i>vedi</i> massa
fisica .....	11	matematica .....	12
fondamentale .....	17	meccanica .....	33
omogenea.....	19	classica .....	81; 96
scalare .....	34	relativa .....	135
vettoriale .....	56	relativistica .....	87; 96; 147
impulso .....	196	generale .....	147
angolare .....	198	ristretta..... <i>vedi</i> mecc. rel. speciale	
angolare della forza.....	161	speciale .....	147
della forza .....	159	metodo	
inerzia .....	82	sperimentale.....	11
intensità		misura .....	15
luminosa .....	17	modulo	
interazione .....	81	di elasticità.....	120
istante.....	33	di Young..... <i>vedi</i> modulo di elasticità	
lavoro .....	162; 163	molla.....	121
motore.....	162	molle	
resistente .....	162	parallelo .....	122
legge .....	11	serie .....	122
di composizione		momento	
delle accelerazioni .....	140	angolare .....	99; 189
delle posizioni.....	136	della forza .....	98
delle velocità.....	138	esterno .....	189
di Coulomb-Morin .....	111	interno.....	189
di Hooke .....	120	medio.....	161
di Kepler, prima.....	219	della quantità di moto ... <i>vedi</i> momento angolare	
di Kepler, seconda .....	223	d'inerzia .....	98
di Kepler, terza .....	224	lineare .....	<i>vedi</i> quantità di moto
di Stokes .....	115	moto.....	34; 58
fond. della dinamica del punto..... <i>vedi</i> secondo principio della dinamica		armonico.....	54
oraria.....	35	centrale .....	101
legge dei periodi .....	<i>vedi</i> terza legge di Kepler	circolare	
Kepler		uniforme .....	43; 69

uniformemente accelerato.....	49	lineare .....	34
del grave .....	52	potenza	
del proiettile.....	74	istantanea.....	165
periodico .....	42	media .....	165
piano .....	77	precisione .....	26
smorzato		prefisso .....	25
critico.....	131	principi	
sotto .....	129	di relatività.....	158
sopra .....	130	generali .....	158
uniforme .....	39	semplici .....	158
uniformemente accelerato.....	46	speciali.....	158
vario		principio .....	11
uniforme.....	39; 45	della dinamica, primo .....	82; 83
uniformemente accelerato.....	46	della dinamica, secondo.....	85; 92
neutrone .....	89	della dinamica, terzo.....	96
notazione		di azione e reazione .....	<i>vedi</i> terzo
ingegneristica.....	25	principio della dinamica	
scientifica.....	24	di conservazione	
numero		del momento angolare.....	100; 180;
di Avogadro .....	17	191; 204	
opposizione		della quantità di moto.....	94; 180; 188;
di fase.....	55	204	
orbita.....	232	dell'energia .....	180; 204
circolare .....	234	dell'energia meccanica.....	178
ellittica .....	234	di Noether .....	158
iperbolica .....	234	di relatività.....	143
parabolica.....	234	di relatività galileiana .....	83
ordine		di sovrapposizione	
di grandezza.....	24	della massa .....	87
parametro		delle forze	
di scala.....	221	dinamica .....	85
pendolo		statica.....	82
balistico.....	214	d'inerzia .....	<i>vedi</i> primo principio della
conico .....	118	dinamica	
di Newton .....	209	problema	
semplice.....	126	dei 2 corpi.....	192
perielio.....	219	dei 3 corpi.....	192
perigeo .....	219	fondamentale della meccanica... 86; 90	
periodo.....	42; 54	protone.....	89
peso.....	106	pulsazione.....	54
piano		critica .....	128
orbitale .....	226	eccitatrice .....	<i>vedi</i> pulsazione forzante
policristallo .....	89	forzante.....	132
polo.....	98	naturale .....	<i>vedi</i> pulsazione propria
posizione.....	56	propria .....	91; 123
angolare .....	37	punto	
		geometrico .....	33
		materiale .....	33

quadratura	
di fase.....	55
quantità	
di moto.....	92; 187
di sostanza.....	17
quiete .....	34; 39; 45
raggio	
di curvatura.....	71
reazione	
vincolare .....	95
regione	
elastica.....	120
plastica.....	120
relazione	
di Poisson.....	65; 70; 137; 138
risonanza.....	132
rottura .....	120
satellite	
geostazionario.....	227
scarto	
quadratico	
medio .....	27
scienza .....	11
naturale .....	12
sociale.....	12
sensibilità.....	30
sforzo	
di rottura .....	120
di snervamento.....	120
normale.....	120
simultaneità.....	149
sistema	
britannico.....	<i>vedi</i> sistema FPS
CGS .....	20
di riferimento .....	33
inerziale .....	83
equipollente .....	235
FPS .....	20
isolato .....	94; 188
MKS .....	20
pratico.....	<i>vedi</i> sistema tecnico
scientifico.....	<i>vedi</i> sistema CGS
tecnico.....	20
snervamento.....	120
solido	
amorfo.....	89
cristallino.....	89
spazio.....	33
percorso .....	36
spostamento.....	60
angolare.....	37
lineare .....	36
stabilità .....	176
statica.....	102
relativa.....	145
stato	
di moto.....	92
meccanico.....	50
superficie	
equipotenziale.....	175
temperatura.....	17
tempo.....	17; 33
tensione.....	117
teorema	
del centro di massa, primo.....	187
del centro di massa, secondo .....	188
del centro di massa, terzo .....	194
del momento angolare .....	100
della quantità di moto .....	92
delle forze vive .....	<i>vedi</i> teorema dell'energia cinetica
dell'energia cinetica .....	166; 200
dell'impulso .....	159; 197
dell'impulso angolare.....	161; 199
di Coriolis.....	<i>vedi</i> legge composiz. accelerazioni
di Galileo.....	<i>vedi</i> legge composiz. velocità
di König, primo .....	194
di König, secondo.....	195
teoria	
eliocentrica .....	217
geocentrica .....	217
standard .....	14
traiettoria.....	35
trasformazioni	
di Galileo.....	156
di Lorentz .....	157
trazione.....	120
unità	
di misura.....	15
urto	
anelastico .....	212

perfettamente .....	212	dell'origine .....	137
centrale .....	207	di fuga .....	231
elastico .....	207	di trascinamento .....	138
endogeno .....	212	istantanea .....	61
esogeno .....	212	lineare	
valore		istantanea .....	39
medio .....	27	media .....	38
quadratico medio .....	27	media .....	61
varianza .....	27	relativa .....	137
velocità		vettore	
angolare .....	65	di Runge-Lenz .....	220
istantanea .....	42	vincolo .....	95
media .....	42	bilatero .....	95
areolare .....	101; 223	liscio .....	95; 109
assoluta .....	137	monolatero .....	95
della luce .....	13; 15; 87; 147; 221	scabro .....	95; 109
		viscosità .....	115