

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

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