

Maurizio Zani

Raccolta di lezioni per
Termodinamica

Solidi. Fluidi. Gas

*“It’s
a kind of magic...”*

Queen

Prefazione

Questo testo è una raccolta delle lezioni svolte in aula dal sottoscritto in questi anni durante i corsi di Fisica Sperimentale ad 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 ed 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

Febbraio, 2009

Sommario

Meccanica dei solidi.....	11
Meccanica dei sistemi numerosi	11
Approccio statistico	11
Stati della materia.....	12
Struttura della materia	13
Statica del corpo rigido	14
Equazioni cardinali	14
Proprietà elastiche.....	15
Trazione	15
Compressione.....	20
Compressione idrostatica.....	21
Taglio	22
Legge di Poisson.....	23
Modello atomico	25
Meccanica dei fluidi.....	29
Proprietà meccaniche	29
Densità	29
Pressione.....	31
Taglio.....	32
Proprietà elastiche.....	33
Compressione idrostatica.....	33
Taglio.....	34
Statica dei fluidi	40
Equazione della statica dei fluidi	40
Legge di Stevin.....	44
Principio di Pascal	47
Principio di Archimede.....	50
Pressione atmosferica.....	55
Equazione barometrica.....	60
Fenomeni di superficie.....	61
Tensione superficiale	61
Legge di Laplace.....	63
Tensione interfacciale.....	66
Capillarità.....	69
Modello atomico	70
Cinematica dei fluidi	71
Descrizione lagrangiana	71
Descrizione euleriana.....	71
Moto stazionario.....	72
Dinamica dei fluidi ideali.....	73
Equazione di continuità.....	73
Legge di Leonardo.....	74
Principio di Bernoulli.....	76
Principio di Torricelli.....	82
Dinamica dei fluidi viscosi	84
Moto laminare.....	84
Moto turbolento	87
Attrito viscoso	89
Portanza.....	90
Effetto Magnus.....	91
Dinamica dei fluidi comprimibili	92
Suono.....	92

Equazione dell'energia.....	93
Termologia	95
Sistema termodinamico.....	95
Sistema ed ambiente	95
Grandezze termodinamiche	96
Regola delle fasi.....	97
Pressione.....	97
Mole	98
Principio zero della termodinamica	100
Equilibrio termodinamico.....	100
Principio zero della termodinamica.....	101
Temperatura.....	102
Scale di temperatura.....	103
Termometri.....	108
Dilatazione termica	110
Dilatazione lineare	110
Dilatazione cubica.....	112
Modello atomico	115
Primo principio della termodinamica.....	116
Lavoro termodinamico.....	116
Calore	118
Equivalente meccanico della caloria	119
Energia interna.....	120
Primo principio della termodinamica	122
Trasformazioni termodinamiche	125
Quasi statica	125
Reversibile.....	125
Isobara	126
Isocora	126
Isoterma	126
Adiabatica.....	127
Calore specifico	128
Capacità termica.....	128
Calore specifico.....	129
Calore specifico molare.....	131
Transizioni di fase.....	132
Calore latente	132
Diagramma pT.....	135
Diagramma pV.....	137
Trasmissione del calore.....	138
Conduzione	138
Convezione	141
Irraggiamento.....	142
Meccanica dei gas	147
Gas ideale.....	147
Legge di Avogadro.....	147
Legge di Charles.....	148
Legge di Gay-Lussac	150
Legge di Boyle-Mariotte.....	151
Equazione di stato dei gas.....	152
Legge di Dalton	154
Esperimento di Joule	155
Relazione di Mayer.....	157
Teoria cinetica.....	158
Modello atomico	158
Pressione.....	159

<i>Temperatura</i>	161
<i>Energia interna</i>	162
<i>Teorema di equipartizione dell'energia</i>	163
<i>Calore specifico</i>	165
Gas reale	167
<i>Sviluppo del viriale</i>	167
<i>Equazione di Van der Waals</i>	168
Trasformazioni termodinamiche	171
<i>Isobara</i>	171
<i>Isocora</i>	171
<i>Isoterma</i>	171
<i>Adiabatica</i>	171
<i>Politropica</i>	174
Termodinamica	179
Cicli termodinamici	179
<i>Macchina termica</i>	179
<i>Macchina frigorifera</i>	181
<i>Ciclo di Carnot</i>	182
<i>Ciclo Stirling</i>	185
<i>Ciclo Otto</i>	187
<i>Ciclo Diesel</i>	189
<i>Pompa di calore</i>	191
Secondo principio della termodinamica.....	192
<i>Irreversibilità</i>	192
<i>Enunciato di Kelvin-Planck</i>	193
<i>Enunciato di Clausius</i>	195
<i>Teorema di Carnot</i>	197
<i>Equazione di Clapeyron</i>	199
<i>Scala termodinamica assoluta</i>	201
<i>Teorema di Clausius</i>	202
<i>Entropia</i>	204
<i>Principio di aumento dell'entropia</i>	209
<i>Energia degradata</i>	211
Potenziali termodinamici	214
<i>Energia interna</i>	214
<i>Entalpia</i>	214
<i>Energia libera di Helmholtz</i>	215
<i>Energia libera di Gibbs</i>	215
<i>Relazioni di Maxwell</i>	216
Terzo principio della termodinamica	217
<i>Terzo principio della termodinamica</i>	217
<i>Ipotesi di Nernst-Planck</i>	218
Meccanica statistica	219
Distribuzione di Maxwell-Boltzmann.....	219
<i>Velocità</i>	219
<i>Energia</i>	221
Entropia.....	222
<i>Relazione di Boltzmann</i>	222
<i>Disordine</i>	223
Bibliografia	225
Indice	227
Indice degli autori	227

Indice delle costanti	229
Indice delle unità di misura	230
Indice degli argomenti	231