

# Indice

<b>1</b>	<b>PROPRIETÀ DEI FLUIDI</b>	<b>1</b>
1.1	Introduzione . . . . .	1
1.2	Densità . . . . .	3
1.3	Pressione . . . . .	4
1.4	Equazione di stato dei gas perfetti . . . . .	5
1.5	Calori specifici . . . . .	7
1.5.1	Gas perfetto monoatomico . . . . .	7
1.5.2	Gas perfetto biatomico . . . . .	8
1.6	Comprimibilità dei fluidi . . . . .	9
1.7	Viscosità . . . . .	10
1.8	Esercizi . . . . .	15
<b>2</b>	<b>CINEMATICA</b>	<b>17</b>
2.1	Il campo di velocità . . . . .	17
2.2	Descrizione del moto euleriana e lagrangiana . . . . .	19
2.3	Derivata materiale . . . . .	21
2.3.1	Effetti non stazionari . . . . .	23
2.3.2	Effetto della convezione . . . . .	23
2.4	Moti mono-, bi-, tri-dimensionali . . . . .	24
2.5	Traiettorie, linee di corrente, linee di fumo . . . . .	25
2.6	Il campo di accelerazione . . . . .	26
2.7	Cinematica di una particella di fluido . . . . .	27
2.7.1	Moto lineare e deformazione . . . . .	28
2.7.2	Moto angolare e deformazione . . . . .	30
2.8	Volume di controllo e sistema . . . . .	33
2.9	Il teorema del trasporto di Reynolds . . . . .	34
2.10	Esercizi . . . . .	39

<b>3</b>	<b>LE EQUAZIONI DELLA FLUIDODINAMICA IN FORMA INTEGRALE ED IN FORMA DIFFERENZIALE</b>	<b>41</b>
3.1	Equazione di conservazione della massa . . . . .	43
3.1.1	Equazione di conservazione della massa in forma integrale	43
3.1.2	Equazione di conservazione della massa in forma differenziale . . . . .	45
3.2	La seconda legge di Newton. Equazione di bilancio di quantità di moto . . . . .	47
3.2.1	Equazione di bilancio di quantità di moto in forma differenziale . . . . .	48
3.2.2	Relazione tra tensioni e velocità di deformazione . . . .	51
3.2.3	Le equazioni di Navier-Stokes . . . . .	53
3.3	Equazioni del moto per fluidi non viscosi: equazioni di Eulero	54
3.4	Distribuzione idrostatica della pressione. Pressione modificata .	55
3.5	Equazione di conservazione dell'energia . . . . .	56
3.6	Schema riassuntivo delle equazioni della fluidodinamica . . . .	61
3.6.1	Fluido viscoso comprimibile . . . . .	62
3.6.2	Fluido viscoso incompressibile . . . . .	62
3.6.3	Fluido ideale . . . . .	62
3.6.4	Condizioni iniziali ed al contorno . . . . .	63
3.7	Equazioni del moto in forma adimensionale . . . . .	63
3.8	Esercizi . . . . .	68
<b>4</b>	<b>MOTO DI UN FLUIDO IDEALE INCOMPRESSIBILE</b>	<b>71</b>
4.1	L'equazione di Bernoulli . . . . .	71
4.2	Moto irrotazionale . . . . .	73
4.2.1	L'equazione di Bernoulli per moti irrotazionali . . . . .	74
4.3	Pressione statica, pressione di ristagno, pressione dinamica . . .	75
4.4	Tubo di Pitot e tubo Venturi . . . . .	76
4.5	Moti piani irrotazionali . . . . .	80
4.5.1	Il potenziale della velocità . . . . .	80
4.5.2	La funzione di corrente . . . . .	82
4.6	Principali tipi di moti a potenziale . . . . .	85
4.6.1	Moto uniforme . . . . .	85
4.6.2	Sorgente e pozzo . . . . .	86
4.6.3	Vortice . . . . .	88
4.6.4	Doppietta . . . . .	91
4.7	Sovrapposizione di flussi a potenziale . . . . .	93
4.7.1	Sorgente in corrente uniforme . . . . .	93
4.7.2	Flusso potenziale intorno ad un cilindro circolare . . . . .	97

4.7.3	Cilindro con circolazione . . . . .	100
4.8	Valutazione della resistenza aerodinamica per un fluido reale . . . . .	104
4.9	Esercizi . . . . .	112
<b>5</b>	<b>FLUSSO INCOMPRESSIBILE INTORNO AD UN PROFILO ALARE</b>	<b>115</b>
5.1	Flusso a potenziale intorno ad un profilo alare: ipotesi di Kutta . . . . .	117
5.2	Il teorema di Kelvin ed il vortice di avviamento . . . . .	119
5.3	Il foglio vorticoso . . . . .	121
5.4	La condizione di Kutta . . . . .	127
5.5	Teoria di Glauert . . . . .	129
5.5.1	Teoria di Glauert per profili simmetrici . . . . .	134
5.5.2	Teoria di Glauert per profili con inarcamento . . . . .	138
5.6	Stallo ed ipersostentatori . . . . .	145
5.6.1	Ipersostentatori . . . . .	150
5.7	Esercizi . . . . .	155
<b>6</b>	<b>FLUSSO INCOMPRESSIBILE INTORNO AD UN'ALA FINITA</b>	<b>157</b>
6.1	Sistema di vortici per l'ala . . . . .	158
6.2	Velocità indotta ed incidenza indotta . . . . .	161
6.3	Teoria della linea portante . . . . .	166
6.4	Soluzione dell'equazione del monoplano . . . . .	175
6.5	Commenti sulle principali differenze tra profilo ed ala finita . . . . .	175
6.6	Esercizi . . . . .	181
<b>7</b>	<b>LO STRATO LIMITE</b>	<b>183</b>
7.1	Caratteristiche del flusso intorno ad un corpo . . . . .	183
7.2	Strato limite su una lastra piana . . . . .	188
7.3	Approssimazione delle equazioni del moto nello strato limite . . . . .	189
7.4	Spessore dello strato limite . . . . .	194
7.5	Resistenza della lastra piana . . . . .	197
7.6	Transizione da moto laminare a moto turbolento . . . . .	199
7.7	Strato limite turbolento . . . . .	200
7.8	Separazione dello strato limite . . . . .	201
7.9	Esercizi . . . . .	204
<b>8</b>	<b>EFFETTI PRINCIPALI DELLA COMPRIMIBILITÀ</b>	<b>207</b>
8.1	Velocità del suono . . . . .	208
8.2	Numero di Mach . . . . .	213

8.3	Propagazione dei disturbi in flussi subsonici e supersonici . . .	215
8.4	Onde d'urto . . . . .	218
<b>9</b>	<b>FLUSSI QUASI-UNIDIMENSIONALI STAZIONARI</b>	<b>223</b>
9.1	Equazioni del moto per flussi quasi-unidimensionali stazionari	224
9.2	Grandezze di ristagno, critiche e limite . . . . .	225
9.3	Flussi quasi-unidimensionali, stazionari, omentropici . . . . .	229
9.4	Funzionamento degli ugelli . . . . .	233
9.5	Onda d'urto normale . . . . .	238
9.6	Gallerie supersoniche . . . . .	243
9.7	Esercizi . . . . .	246
<b>10</b>	<b>FLUSSI BIDIMENSIONALI STAZIONARI CON PICCOLE PERTURBAZIONI</b>	<b>249</b>
10.1	Effetti della comprimibilità per profili subsonici . . . . .	252
10.2	Equazione delle onde . . . . .	254
10.3	Profili alari supersonici . . . . .	258
10.4	Forma ottimale dei profili supersonici . . . . .	264
10.5	Flusso supersonico intorno ad una parete . . . . .	266
10.6	Urto obliquo . . . . .	271
10.7	Esercizi . . . . .	274
<b>A</b>	<b>Tabelle dei flussi comprimibili</b>	<b>275</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>291</b>
	<b>Indice analitico</b>	<b>293</b>