

4 Cinematica dei fluidi

Obiettivi didattici

4.1	Il campo di velocità	155
4.1.1	Descrizioni Euleriana e Lagrangiana del campo di moto	155
4.1.2	Correnti mono, bi, e tridimensionali	158
4.1.3	Moto permanente e moto vario	159
4.1.4	Linee di corrente, linee di fumo e traiettorie	160
4.2	Il campo dell'accelerazione	161
4.2.1	La derivata totale o sostanziale	164
4.2.2	Effetti non stazionari	164
4.2.3	Effetti convettivi	167
4.2.4	Il sistema di riferimento intrinseco	167
4.3	Volume di controllo e rappresentazioni del sistema	171
4.4	Il teorema del trasporto di Reynolds	173
4.4.1	Formulazione del teorema del trasporto di Reynolds	174
4.4.2	Interpretazioni fisiche	176
4.4.3	Relazione fra il teorema del trasporto di Reynolds e la derivata totale	181
4.4.4	Effetti stazionari	182
4.4.5	Effetti non stazionari	182
4.4.6	Volumi di controllo mobili	183
4.4.7	Scelta del volume di controllo	184
4.5	Sommario e guida allo studio	186
	Bibliografia	187
	Domande concettuali	188
	Problemi	188

5 Equazioni globali dell'idrodinamica

Obiettivi didattici

5.1	L'equazione di continuità – Il principio di conservazione della massa	197
5.1.1	L'equazione globale di continuità	197
5.1.2	Volume di controllo fisso indeformabile	198
5.1.3	Volume di controllo mobile e indeformabile	200
5.1.4	Volume di controllo variabile	206
5.2	La Seconda legge di Newton – Teorema della quantità di moto e principio di conservazione del momento angolare	208
5.2.1	Il teorema della quantità di moto	211
5.2.2	Applicazioni dell'equazione della quantità di moto	211
5.2.3	Il principio di conservazione del momento angolare	212
5.2.4	Applicazione dell'equazione del momento angolare	226

5.3	Primo principio della termodinamica – L'equazione dell'energia	234
5.3.1	Derivazione dell'equazione dell'energia	234
5.3.2	Applicazione dell'equazione dell'energia	237
5.3.3	Confronto tra l'equazione dell'energia e l'equazione di Bernoulli	241
5.3.4	Applicazione dell'equazione dell'energia nel caso di moto non uniforme	247
5.3.5	L'equazione dell'energia e l'equazione del momento angolare	250
5.4	Seconda legge della termodinamica – Fluidi irreversibili	251
5.5	Sommario e guida allo studio	251
	Bibliografia	253
	Domande concettuali	253
	Problemi	254

6 Equazioni differenziali dell'idrodinamica

Obiettivi didattici

6.1	Cinematica dei fluidi	275
6.1.1	Revisione dei campi di velocità e accelerazione	276
6.1.2	Traslazione e deformazione lineare	277
6.1.3	Deformazione angolare	277
6.2	Conservazione della massa	278
6.2.1	Forma differenziale o indefinita dell'equazione di continuità	281
6.2.2	Coordinate polari cilindriche	284
6.2.3	La funzione di corrente	284
6.3	Conservazione della quantità di moto	287
6.3.1	Descrizione delle forze che agiscono sull'elemento infinitesimo	287
6.3.2	Equazione della quantità di moto	288
6.4	Fluidi perfetti	290
6.4.1	Le Equazioni di Eulero	291
6.4.2	L'Equazione di Bernoulli	291
6.4.3	Campo di moto irrotazionale	293
6.4.4	L'equazione di Bernoulli per moto irrotazionale	293
6.4.5	Il potenziale di velocità	295
6.5	Alcuni esempi di moti piani a potenziale di velocità	295
6.5.1	Moto uniforme	298
6.5.2	Sorgente e pozzo	299
6.5.3	Vortice	300
6.5.4	Doppietta o dipolo	302
6.6	Sovrapposizioni di campi di moto piani a potenziale	305
6.6.1	Sorgente in un campo di moto uniforme – Semi-corpo	307

6.6.2	Ovali di Rankine	310	7.9.2	Correnti attorno a corpi immersi	378
6.6.3	Moto attorno ad un cilindro circolare	312	7.9.3	Correnti a superficie libera	382
6.7	Altri aspetti dell'analisi dei moti a potenziale di velocità	317	7.10	Similitudine fra le equazioni differenziali	385
6.8	Fluidi reali (viscosi)	318	7.11	Sommario e guida allo studio	388
6.8.1	Relazioni Sforzo-Deformazione	318		Bibliografia	389
6.8.2	Le equazioni di Navier-Stokes	319		Domande concettuali	390
6.9	Alcune semplici soluzioni delle eq. di Navier-Stokes per fluidi reali e incomprimibili in regime laminare	320		Problemi	390
6.9.1	Corrente laminare in moto permanente fra due lastre piane fisse parallele	321	8 Correnti di fluidi viscosi in pressione		
6.9.2	Moto alla Couette	323			403
6.9.3	Moto laminare permanente in tubi circolari	325		<i>Obiettivi didattici</i>	403
6.9.4	Moto laminare permanente in una sezione anulare	328	8.1	Caratteristiche generali delle correnti nelle tubazioni	404
6.10	Altri aspetti dell'analisi differenziale	330	8.1.1	Moto laminare e moto turbolento	405
6.10.1	Metodi numerici	330	8.1.2	La regione d'ingresso e la regione di moto completamente sviluppato	408
6.11	Sommario e guida allo studio	331	8.1.3	La pressione e lo sforzo tangenziale	409
	Bibliografia	333	8.2	Moto laminare completamente sviluppato	410
	Domande concettuali	333	8.2.1	Applicazione di $\mathbf{F} = \mathbf{m}\mathbf{a}$	410
	Problemi	334	8.2.2	Applicazione delle equazioni di Navier-Stokes	417
			8.2.3	Applicazione dell'analisi dimensionale	418
7 Analisi dimensionale, similitudine e modelli		347	8.2.4	Considerazioni energetiche. La cadente	419
	<i>Obiettivi didattici</i>	347	8.3	Moto turbolento completamente sviluppato	422
7.1	Analisi dimensionale	348	8.3.1	Transizione da moto laminare a moto turbolento	422
7.2	Teorema di Buckingham o del Π	350	8.3.2	Sforzi tangenziali nel moto turbolento	424
7.3	Determinazione dei numeri indice Π	351	8.3.3	La Distribuzione della velocità nel moto turbolento	429
7.4	Altri commenti sull'analisi dimensionale	356	8.3.4	I modelli della turbolenza	432
7.4.1	Selezione delle grandezze che governano il fenomeno	356	8.3.5	Caos e turbolenze	432
7.4.2	Determinazione delle dimensioni di riferimento	357	8.4	Analisi dimensionale della corrente in una tubazione	433
7.4.3	Univocità dei termini Π	359	8.4.1	Perdite distribuite	433
7.5	Determinazione dei gruppi Π mediante ispezione	360	8.4.2	Perdite Localizzate	439
7.6	Gruppi adimensionali comuni nella meccanica dei fluidi	361	8.4.3	Condotti non Circolari	450
7.7	La correlazione dei dati sperimentali	365	8.5	Esempi di calcolo di correnti in sistemi di tubi	453
7.7.1	Problemi con un singolo gruppo Π	366	8.5.1	Sistemi con una condotta singola	453
7.7.2	Problemi con due o più gruppi Π	367	8.5.2	Sistemi di tubazioni	463
7.8	Modelli e similitudine	369	8.6	Misura di portata	468
7.8.1	Teoria dei modelli	369	8.6.1	Flussometri	468
7.8.2	Il rapporto di scala	373	8.6.2	Contatori volumetrici	473
7.8.3	Aspetti pratici nell'impiego di modelli	373	8.7	Sommario e guida allo studio	475
7.9	Alcuni problemi tipici studiati con modelli fisici	375		Bibliografia	476
7.9.1	Correnti in pressione	375		Domande concettuali	478
				Problemi	478

9 Correnti fluide attorno a corpi

<i>Obiettivi didattici</i>	491
9.1 Caratteristiche generali del campo di moto dei fluidi attorno ai corpi	492
9.1.1 Introduzione ai concetti di azione di trascinamento o resistenza e di portanza	493
9.1.2 Caratteristiche del campo di moto attorno a un corpo	496
9.2 Caratteristiche dello strato limite	500
9.2.1 Struttura e spessore dello strato limite su di una lastra piana	501
9.2.2 Soluzione dello strato limite di Prandtl-Blasius	504
9.2.3 Equazione globale del moto nello strato limite su una lastra piana	508
9.2.4 Transizione da moto laminare a moto turbolento nello strato limite	513
9.2.5 Strato limite turbolento	515
9.2.6 Gli effetti del gradiente di pressione	519
9.2.7 Equazione globale del moto dello strato limite (gradiente di pressione non nullo)	524
9.3 L'Azione di trascinamento (resistenza)	525
9.3.1 Resistenza di attrito	525
9.3.2 Resistenza di pressione	527
9.3.3 Valori del coefficiente di resistenza. Esempi pratici	529
9.4 Portanza	542
9.4.1 Distribuzione della pressione sulla superficie dei corpi	543
9.4.2 La circolazione	551
9.5 Sommario e guida allo studio	556
Bibliografia	558
Domande concettuali	559
Problemi	559

10 Correnti a superficie libera

<i>Obiettivi didattici</i>	571
10.1 Caratteristiche generali delle correnti a superficie libera	572

10.2 Caratteristiche geometriche della sezione	573
10.3 Moto uniforme	577
10.3.1 La formula di Chézy	578
10.3.2 Esempi di moto uniforme	582
10.4 Considerazioni energetiche	585
10.4.1 Energia specifica	586
10.4.2 L'altezza critica k	587
10.5 Le correnti lineari o gradualmente variate	591
10.5.1 I profili di moto permanente	592
10.5.2 Tracciamento del profilo della superficie libera	594
10.6 Correnti non lineari	602
10.6.1 Il risalto idraulico	603
10.6.2 Stramazzo in parete sottile a spigolo vivo	609
10.6.3 Stramazzo a larga soglia	612
10.6.4 Luci di fondo	613
10.7 Sommario e guida allo studio	615
Bibliografia	616
Domande concettuali	617
Problemi	618

Appendice A

629

Appendice B

Moto vario nelle correnti in pressione

(di Michele La Rocca)	631
1 Celerità delle onde elastiche nelle correnti in pressione	631
2 Ordini di grandezza	634
3 Soluzione fondamentale nel caso di assenza di dissipazioni. Il colpo d'ariete	635
4 Presenza di dissipazioni. Il metodo delle caratteristiche	640

Indice dei video

645

Crediti fotografici

649

Indice dei nomi

651