

Indice

Prefazione XIII

Capitolo 1. Introduzione all'idraulica 1

1.1	Generalità sui fluidi	1
1.2	Il concetto di fluido come continuo	2
1.3	Dimensioni, unità di misura e grandezze fondamentali e derivate	4
1.4	Tensioni in un fluido	7
1.4.1	Il teorema del tetraedro di Cauchy	7
1.4.2	Considerazioni sul teorema del tetraedro di Cauchy	10
1.4.3	Equilibrio alla rotazione del tetraedro di Cauchy	11
1.4.4	Corollario del teorema del tetraedro di Cauchy per sistema isotropo	12
	<i>Principio di Pascal</i>	<i>13</i>
1.5	Comprimibilità, densità ed espansione termica	13
	<i>Espressione della pressione in funzione della profondità</i>	<i>15</i>
1.6	Tensione superficiale	20
	<i>Formule semplificate per la risalita capillare</i>	<i>31</i>
1.7	Viscosità	32
1.8	Altre proprietà dei fluidi	42
	Esercizi risolti	45
	Esercizi proposti	46
	Bibliografia	46
	<i>A proposito di tensione superficiale</i>	<i>47</i>

Capitolo 2. Statica dei fluidi 49

2.1	Equazione indefinita della statica dei fluidi	49
	<i>Orientamento dei vettori delle pressioni nei fluidi</i>	<i>51</i>
	<i>Che relazione sussiste tra le pressioni p e p'?</i>	<i>52</i>
	<i>Che valore può avere f?</i>	<i>53</i>
	<i>I piani isobarici e i piani equipotenziali sono anche isocori</i>	<i>55</i>
	<i>Fisicamente che cosa rappresenta l'equazione globale dell'equilibrio statico?</i>	<i>58</i>
	<i>Che cosa rappresentano i termini G e H</i>	<i>58</i>
2.2	Equazione globale della statica dei fluidi	55
2.3	Legge di Stevino e considerazioni sulle pressioni	59
	<i>Perché si preferisce usare la pressione relativa piuttosto che la pressione assoluta</i>	<i>63</i>

2.4	Sulla distribuzione delle pressioni	63
	<i>Che cosa significa fisicamente avere pressioni relative negative e qual è il valore limite delle pressioni relative negative?</i>	66
	<i>Come si può descrivere la formula $p = \gamma \cdot h$?</i>	67
2.5	Espressione della pressione	67
2.6	Spinte su superfici piane	70
	<i>Il centro di spinta C ha profondità maggiore o uguale a quella del baricentro della piastra piana G, ovvero $x_C \geq x_0$</i>	74
2.7	Spinte su superfici curve	78
	<i>È sempre possibile rappresentare le tre spinte S_x, S_y e S_z con un unico vettore S e un unico centro di spinta?</i>	79
	<i>I vettori Π, G e, dunque, S sono facilmente calcolabili?</i>	82
2.8	Galleggiamento	84
2.9	Paradosso idrostatico	89
	<i>La botte di Pascal</i>	91
2.10	Misurazione della pressione	91
	<i>Osservazione sui liquidi manometrici a elevato peso specifico</i>	93
	<i>Osservazione su liquidi manometrici e relative disposizioni dei manometri differenziali a U</i>	97
2.11	Fluidi di piccolo peso specifico	98
2.12	Formula di Mariotte	102
2.12	Equilibrio relativo	103
		108
	Esercizi risolti	114
	Esercizi proposti	119
	Bibliografia	124
	<i>A proposito di elevate pressioni</i>	125

Capitolo 3. Cinematica dei fluidi 127

3.1	Regimi di moto	127
	<i>Qualche cenno storico</i>	130
3.2	Velocità e accelerazione	131
	<i>Esempi di misure lagrangiane ed euleriane</i>	133
3.3	La visualizzazione di un campo di moto	135
3.4	Tubi di flusso	137
3.5	Tipi di moto	139
3.6	Confronto tra regimi e tipi di moto	140
	<i>Come si può ricavare la componente di velocità di trasporto nel caso di moto turbolento?</i>	143
3.7	Ancora sui tipi di moto e deformazione degli elementi fluidi	143
3.8	Vorticità, rotazionalità e flussi circolari	148
3.9	Equazione indefinita di continuità	150
3.10	Equazione globale di continuità per volumi di controllo fissi nello spazio	156
	<i>Osservazione: caso dei volumi di controllo in movimento</i>	159
3.11	Equazione di continuità applicata alle correnti	161
	Esercizi risolti	164
	Esercizi proposti	167
	Bibliografia	167
	<i>A proposito di vortici</i>	168

Capitolo 4. Dinamica dei fluidi	169
4.1 Equazione indefinita del moto	169
4.2 Legge di viscosità di Stokes	173
4.3 Equazione di Eulero e di Navier Stokes	178
4.4 Tipiche condizioni al contorno dei flussi	181
4.5 Equazione globale dell'equilibrio dinamico	182
<i>Equazione globale del momento della quantità di moto</i>	<i>186</i>
4.6 Coefficiente di ragguglio della quantità di moto	186
4.7 Teorema di Bernoulli	188
4.8 Distribuzione della pressione e correnti gradualmente variate	191
4.9 Significato geometrico ed energetico del teorema di Bernoulli	192
4.10 Teorema di Bernoulli per flussi irrotazionali	194
4.11 Processi di efflusso	196
<i>Come si può variare la portata?</i>	<i>201</i>
<i>Quanto vale la pressione in un punto della sezione contratta di un getto effluente da parete verticale</i>	<i>204</i>
4.12 Altre applicazioni del teorema di Bernoulli	206
<i>Un modello del tubo di Pitot</i>	<i>208</i>
4.13 Estensione al moto vario e ai fluidi comprimibili del teorema di Bernoulli	209
4.14 Estensione alle correnti del teorema di Bernoulli e potenza di una corrente	209
<i>Quanto può valere il coefficiente della potenza cinetica e in che relazione si pone rispetto al coefficiente di ragguglio del flusso della quantità di moto di Boussinesq?</i>	<i>212</i>
4.15 Alcune applicazioni delle estensioni del teorema di Bernoulli ai moti vari e alle correnti	213
<i>Esigenza della taratura e norme di unificazione</i>	<i>218</i>
4.16 Estensione ai fluidi reali	222
4.17 Scambio di energia tra una corrente e una macchina	225
4.18 Applicazioni	228
Esercizi risolti	240
Esercizi proposti	269
Bibliografia	271
<i>A proposito di spinte dinamiche</i>	<i>271</i>

Capitolo 5. Analisi dimensionale e similitudine **273**

5.1 Il principio dell'omogeneità dimensionale	273
5.2 Alcune classiche equazioni dell'ingegneria	275
5.3 Il teorema II	277
5.4 Tipici numeri indici nell'idraulica	282
5.5 L'analisi dimensionale nella modellistica fisica	285
5.6 Similitudine e autosimilitudine	292
Esercizi risolti	294
Esercizi proposti	295
Bibliografia	295
<i>A proposito di modelli e onde</i>	<i>296</i>

Capitolo 6. Correnti in pressione	297
6.1 Condizioni di ingresso in condotta	297
6.2 Azione di trascinamento di una corrente	299
<i>Raggio idraulico, diametro idraulico e numero di Reynolds</i>	<i>302</i>
6.3 Indice di resistenza	303
6.4 Analisi del moto laminare in condotti cilindrici con sezioni di vario tipo	303
6.5 Indice di resistenza nel moto laminare	
Moto in condotto a sezione circolare	304
Moto fra facce piane parallele	306
<i>Fattore di forma</i>	<i>308</i>
Moto in condotti a sezione anulare	309
Moto in condotto a sezione ellittica	311
Moto in condotto a sezione triangolare equilatera	313
Moto in condotto a sezione rettangolare	314
Metodo delle differenze finite	316
<i>Diagrammi quantitativi di velocità e resistenze al moto in condotti di sezione retta anulare in condizioni di moto laminare</i>	<i>318</i>
<i>Applicazione del metodo delle differenze finite per la soluzione dell'equazione di Poisson</i>	<i>319</i>
6.5 Indice di resistenza nel moto laminare	321
6.6 Cenni sulla turbolenza	321
6.7 Grandezze cinematiche caratteristiche di un moto turbolento	322
6.8 Equazioni meccaniche del moto medio	324
<i>Applicazione del metodo delle differenze finite per la soluzione dell'equazione di Poisson</i>	<i>326</i>
<i>Bilancio tra incognite ed equazioni del moto medio turbolento</i>	<i>327</i>
6.9 Moto medio turbolento in un condotto a sezione circolare	327
6.10 Diagrammi di velocità nel moto turbolento medio.	
Possibili vie di studio	332
Teoria del trasporto della quantità di moto	332
Teoria del trasporto della vorticità	332
6.11 Viscosità turbolenta e lunghezza di mescolamento	333
6.12 Concetto e calcolo della scala della turbolenza	335
6.13 Natura composita dello strato limite turbolento	337
6.14 Distribuzioni di velocità medie in fluidi incomprimibili su superfici lisce	340
Substrato viscoso	340
Zona completamente turbolenta della regione interna	341
Zona di transizione (strato buffer) della regione interna	342
Regione esterna	342
Espressione del profilo di velocità secondo Coles	343
6.15 Distribuzioni di velocità medie in flussi turbolenti incomprimibili su superfici scabre con gradiente nullo di pressione	345
<i>La scabrezza</i>	<i>345</i>
6.16 Distribuzioni di velocità medie in flussi turbolenti incomprimibili in condotti cilindrici circolari lisci	347
6.17 Distribuzioni di velocità medie in flussi turbolenti incomprimibili in condotti cilindrici circolari scabri	350
Moto assolutamente turbolento	350
Moto turbolento in transizione	351
6.18 Contributo di Marchi alla determinazione delle leggi di distribuzione della velocità nello strato esterno nei condotti chiusi e aperti	352
6.19 Leggi di resistenza nei condotti in presenza di moto turbolento.	

Caso dei condotti circolari	354
6.20 Le formule pratiche	358
6.21 Reimpostazione teorica delle leggi di velocità per condotti di sezione non circolare	361
6.22 Reimpostazione teorica delle leggi di resistenza nei condotti di sezione non circolare	362
6.23 Caso di condotto a sezione trasversale anulare concentrica	365
6.24 Perdite di carico localizzate	372
6.25 Problemi delle lunghe condotte	378
<i>Verifica di una condotta in moto laminare</i>	<i>384</i>
<i>Esempio di problema di progetto con applicazione della legge di Darcy e del coefficiente di scabrezza secondo Bazin</i>	<i>384</i>
Condotte in serie e in parallelo	387
6.26 Condotta con diametro costante con erogazione uniforme lungo il percorso	394
6.27 Condotta con impianto di sollevamento	398
6.28 Problemi di progetto delle reti aperte	401
<i>Criterio di economia del Marzolo</i>	<i>404</i>
6.29 Possibili tracciati altimetrici delle condotte	409
<i>Come evidenziare la linea piezometrica relativa e la linea piezometrica assoluta</i>	<i>410</i>
<i>Linea dei carichi idrostatici relativi</i>	<i>411</i>
Caso in cui un tratto della condotta sia al di sopra della linea piezometrica relativa	411
Caso in cui un tratto della condotta sia al di sopra della linea piezometrica relativa e in corrispondenza del punto di massimo viene installato uno sfiato libero	413
<i>Sfiati e scarichi</i>	<i>413</i>
Caso in cui un tratto della condotta sia al di sopra della linea piezometrica relativa e della linea dei carichi idrostatici relativi	415
Caso in cui un tratto della condotta sia al di sopra della linea piezometrica relativa e della linea dei carichi idrostatici relativi e si volesse installare uno sfiato in corrispondenza del punto di massimo	417
Caso in cui un tratto della condotta superi di un valore maggiore di p_{am}/γ la retta congiungente le quote piezometriche dei nodi di monte e di valle	418
Caso in cui un tratto della condotta superi di un valore maggiore di p_{am}/γ la retta congiungente le quote piezometriche dei nodi di monte e di valle e la linea dei carichi idrostatici relativi	420
Caso in cui un tratto della condotta superi di un valore maggiore di p_{am}/γ la retta congiungente le quote piezometriche dei nodi di monte e di valle e in corrispondenza del massimo di quello stesso tratto della condotta ci fosse uno sfiato che supera la linea dei carichi idrostatici relativi	420
Caso in cui un tratto della condotta superi la linea dei carichi idrostatici assoluti	420
6.30 Le reti chiuse	422
Problemi di progetto	424
Problemi di verifica	424
Modalità di progettazione di una rete chiusa	425
<i>Esempio. Problema di verifica col metodo di Cross</i>	<i>429</i>
Esercizi svolti	433
Esercizi sui calcoli idraulici delle condotte	435
Esercizi proposti	454
Bibliografia	454
<i>A proposito della prima volta che l'acqua arrivò in città</i>	<i>456</i>

Capitolo 7. Moto vario delle correnti in pressione 457

7.1	Esempi di moto vario	458
	Caso in cui non è presente una superficie libera ed è lecito considerare il liquido incompressibile e la condotta indeformabile	460
	Caso in cui è presente una superficie libera, è necessario considerare le proprietà elastiche del liquido e del condotto e si possono trascurare le resistenze al moto	460
	Caso in cui è presente una superficie libera, è lecito trascurare le proprietà elastiche del liquido e della condotta ed è necessario considerare le resistenze al moto	461
7.2	Moto vario di un liquido elastico in condotto deformabile	461
7.3	Manovre istantanee all'otturatore	464
	<i>Un cenno sull'eventualità che la sottopressione possa dar luogo a fenomeni di cavitazione</i>	470
7.4	Celerità della perturbazione	470
	Condotta indeformabile	470
	Condotta deformabile	472
7.5	Equazioni del moto vario nelle condotte in pressione	474
	<i>Formula di Michaud</i>	478
7.6	Estensione del moto vario al caso di discontinuità nelle condotte	481
7.7	Oscillazioni di massa	485
	Esercizi risolti	489
	Esercizi proposti	493
	Bibliografia	493
	<i>A proposito di tecniche di protezione del colpo d'ariete</i>	494

Capitolo 8. Correnti a superficie libera 495

8.1	Classificazione dei moti a pelo libero	495
8.2	Classificazione dei moti nei canali	499
	<i>Alcune prime riflessioni sul moto vario nei canali</i>	499
8.3	Leggi di resistenza per i canali e caso del moto uniforme	501
8.4	Verifica e progetto. Scala di deflusso	504
	<i>Valutazione dell'errore per il mancato uso del coefficiente di forma nella formula di Gaukler-Strikler</i>	505
8.5	Energia specifica valutata rispetto al fondo della sezione del canale	508
8.6	Alvei a debole e forte pendenza	514
8.7	Carattere cinematico di una corrente: velocità delle onde di superficie	516
8.8	Moto gradualmente variato	522
8.9	Tracciamento dei profili di corrente gradualmente variata	524
	<i>Regole per il tracciamento qualitativo dei profili di corrente gradualmente variata</i>	535
8.10	Il risalto idraulico	536
	<i>Concetto e calcolo della spinta totale</i>	540
	<i>Riduzione della pendenza del fondo di un alveo da $i > i_c$ a $i < i_c$</i>	543
8.11	Tracciamento del profilo di moto permanente per integrazione numerica	547
8.12	Esempi applicativi	548
	Passaggio attraverso una paratia piana	548
	Cambiamento della scabrezza	551
	Passaggio di una corrente su una soglia di fondo	553
	Passaggio tra le pile di un ponte	557

Profili con gradini discendenti	560
Profili con gradini ascendenti	564
Esercizi risolti	567
Esercizi proposti	575
Bibliografia	575
<i>A proposito di alluvioni</i>	578

Appendice A. Proprietà fisiche dei fluidi **579**

Appendice B. Alcune nozioni di base di analisi matematica, algebra e geometria analitica e delle masse **585**

B.1 Elementi di calcolo tensoriale	585
B.2 Passaggio tra sistemi di coordinate	589
B.3 Relazioni notevoli relative all'operatore ∇	593
B.4 I principali teoremi del calcolo integro-differenziale	598
B.5 Elementi di geometria delle masse	599

Indice analitico **603**

Appendice C. Teorema del trasporto di Reynolds **C1**

C.1 Sistema chiuso e volume di controllo	C1
C.2 Il teorema del trasporto di Reynolds	C2
C.3 Volume di controllo fisso e flusso monodimensionale	C3
C.4 Volume di controllo fisso	C6
C.5 Volume di controllo in moto a velocità costante	C7
C.6 Volume di controllo di forma costante in moto a velocità variabile	C8
C.7 Volume di controllo deformabile e in moto	C8

L'appendice C è disponibile on line sul sito fisica.testtube.it

Appendice D. Equazione globale del momento della quantità di moto **D1**

D.1 Momento intorno a un polo	D1
-------------------------------	----

L'appendice D è disponibile on line sul sito fisica.testtube.it