

# Indice

<i>Introduzione</i>	IX		
<b>Capitolo 1</b> Unità di misura e sistemi di unità di misura	I		
1.1 Conversione delle unità di misura più ricorrenti	3		
1.2 Costanti fisiche notevoli e universali	4		
1.3 Valori comuni di alcune proprietà termofisiche dei corpi	4		
1.4 Le unità di misura delle grandezze derivate	5		
<b>Capitolo 2</b> Introduzione alla termodinamica classica	II		
2.1 Grandezze microscopiche e macroscopiche	13		
2.1.1 Le trasformazioni termodinamiche e il Tempo	13		
2.1.2 Grandezze Termodinamiche Interne ed Esterne	14		
2.2 Cenni storici della termodinamica classica	16		
2.3 Il sistema termodinamico	17		
2.4 Equazione dell'energia per i sistemi aperti	19		
2.4.1 Grandezze specifiche	19		
2.4.2 Forme di energia fondamentali	20		
2.4.3 Equazione di bilancio per un sistema aperto	21		
2.5 Equazione dell'energia per i sistemi aperti	23		
2.6 Equazione dell'energia per i sistemi chiusi	24		
2.7 Equazione dell'energia per i sistemi isolati	24		
2.8 Equazione dell'energia per sistemi aperti stazionari	27		
2.9 Trasformazioni reversibili	31		
2.10 Il fluido ideale	34		
2.10.1 Relazione di Mayer per i Fluidi ideali	38		
2.10.2 Calore specifico in una politropica	39		
<b>Capitolo 3</b> Primo Principio della termodinamica	43		
3.1 Potenziali termodinamici: energia interna, entalpia	43		
3.2 Lavoro termodinamico	45		
3.3 Lavoro tecnico	45		
3.4 Piano termodinamico di Clapeyron	47		
<b>Capitolo 4</b> Secondo Principio della termodinamica	51		
4.1 Enunciati di Clausius, Kelvin, Carnot, Duhem	52		
4.1.1 Osservazioni sull'enunciato di Clausius	52		
4.1.2 Osservazioni sull'enunciato di Kelvin	53		
4.1.3 Osservazioni sull'enunciato di Carnot	53		
4.1.4 Osservazioni sull'enunciato di Duhem	55		
4.2 Scala assoluta e scala termodinamica della temperatura	56		
4.3 Entropia e suo significato fisico	57		
4.4 Produzione di entropia nei processi naturali	60		
4.4.1 Scambio di calore fra sorgente e sistema con differenza di temperatura finita	60		
4.4.2 Flusso adiabatico di un fluido reale (con attrito)	62		
4.5 Confronto fra termodinamica classica e irreversibile	64		
4.6 Entropia per i gas ideali	66		
4.7 Piano termodinamico di Gibbs	67		
4.7.1 Significato della sottotangente nel piano ( $Ts$ )	68		
4.8 Piano di Mollier o entalpico	69		
4.9 Processi isoentropici e adiabatici	70		
4.9.1 Espansione isoentropica e reale	71		
4.9.2 Compressione isoentropica e reale	71		
4.10 Appendice al Secondo Principio della termodinamica	75		
4.10.1 Significato fisico dell'entropia	75		
4.10.2 Processi internamente reversibili e internamente irreversibili	77		
4.10.3 Equazioni di Maxwell	78		
4.10.4 Forme differenziali dell'entropia	81		
4.10.5 Forma differenziale dell'energia interna	81		
4.10.6 Forma differenziale dell'entalpia	82		
4.10.7 Relazione di Mayer generalizzata	82		
4.10.8 Esperienza di Joule-Thompson	83		
<b>Capitolo 5</b> I vapori saturi	87		
5.1 Curve di Andrews	87		
5.2 Equazioni di Maxwell applicate ai cambiamenti di stato	88		
5.3 Calore latente	89		
5.4 Calore totale di vaporizzazione e surriscaldamento	90		
5.4.1 Titolo del vapore	90		
5.5 Appendice ai vapori saturi	93		
5.5.1 Espressione di $\delta Q$ per un vapore saturo	93		
5.5.2 Curva di inversione	94		
5.5.3 Curva di Andrews nel piano di Mollier	95		
<b>Capitolo 6</b> Macchine termiche	97		
6.1 Rendimento termodinamico	97		
6.2 La macchina a vapore ( <i>ciclo Rankine</i> )	98		
6.2.1 Il ciclo termodinamico	100		
6.2.2 Consumo specifico di vapore	101		
6.2.3 Ciclo Him	102		
6.2.4 Cicli rigenerativi	104		
6.3 Motori endotermici	105		
6.3.1 Ciclo Otto	105		
6.3.2 Ciclo Diesel	107		
6.4 La macchina di Carnot a ciclo inverso	113		
6.5 Macchina frigorifera a compressione di vapori	114		
6.6 Macchine frigorifere ad assorbimento	120		
6.6.1 Efficienza della macchina ad assorbimento	121		
6.6.2 Utilizzo delle macchine ad assorbimento	122		
6.7 Pompa di calore e sue applicazioni	122		

<b>Capitolo 7</b>	<b>Psicrometria</b>	<b>125</b>	<b>Capitolo 10</b>	<b>Convezione termica</b>	<b>201</b>
7.1	Diagramma psicrometrico	126	10.1	Equazione della convezione termica	203
7.2	Costruzione del diagramma psicrometrico	127	10.2	Resistenza termica per convezione	204
7.3	Miscela di due correnti d'aria	132	10.3	Trasmittanza termica	204
7.4	Riscaldamento di un flusso di aria umida	132	10.3.1	Trasmissione del calore in regime non stazionario	207
7.5	Raffreddamento di un flusso d'aria	132	10.4	Calcolo del coefficiente di convezione termica	210
7.6	Temperatura di rugiada	134	10.5	Convezione naturale	211
7.6.1	La verifica di Glaser	135	10.5.1	Scambi termici fra pareti e aria	213
7.7	Saturazione adiabatica con acqua fredda	138	10.6	Convezione forzata	215
7.8	Misura dell'umidità relativa	141	10.6.1	Efficienza della convezione forzata	218
7.9	Applicazione al condizionamento ambientale	142	10.7	Appendice alla convezione termica	220
7.9.1	Condizionamento estivo	142	10.7.1	Le equazioni fondamentali per la convezione	220
7.9.2	Impianti a tutt'aria con ricircolo parziale	146	10.7.2	Equazioni dello strato limite	224
7.9.3	Condizionamento invernale	148	10.7.3	Il coefficiente di convezione termica	226
7.9.4	Ricircolo parziale nel condizionamento invernale	148	10.7.4	I parametri di similitudine	226
7.9.5	Calcolo delle potenze delle batterie di scambio	149	10.7.5	Convezione naturale	228
			10.8	Cenni sulla diffusione - Legge di Fick	229
<b>Capitolo 8</b>	<b>Trasmissione del calore</b>	<b>155</b>	<b>Capitolo 11</b>	<b>L'irraggiamento</b>	<b>231</b>
8.1	Conduzione in una parete piana	156	11.1	Unità di misura per l'irraggiamento	232
8.1.1	La conducibilità termica	156	11.1.1	Emissione monocromatica	232
8.2	Equazione generale della conduzione	158	11.1.2	Emissione globale	233
8.3	Parete piana	160	11.1.3	Intensità di emissione monocromatica	233
8.4	Conduzione del calore in uno strato cilindrico	162	11.1.4	Intensità di emissione globale	233
8.5	Raggio critico	163	11.2	Emissione emisferica	233
8.6	Concetto di resistenza termica per conduzione	166	11.3	Il corpo nero e l'equazione di Planck	234
8.7	Conduzione termica nei materiali in serie e in parallelo	167	11.4	Emissività specifica	236
8.8	Parete piana con sorgente di calore interna	171	11.5	Corpo grigio	236
8.9	Conduzione in regime variabile	172	11.5.1	Legge di Kirchhoff	237
8.9.1	Transitorio termico di un corpo a resistenza termica trascurabile	172	11.6	I corpi non grigi	238
8.10	Appendice alla conduzione termica	175	11.7	Il fattore di forma	238
8.10.1	Conduzione stazionaria bidimensionale	175	11.7.1	Additività dei fattori di forma	241
8.10.2	Regime periodico stabilizzato	177	11.8	Principio della sfera unitaria	244
8.10.3	Transitorio termico in un mezzo seminfinito	181	11.9	Metodo della radiosità	244
<b>Capitolo 9</b>	<b>Metodi numerici per la conduzione</b>	<b>187</b>	11.10	Caso delle due sorgenti concave	246
9.1	Metodi alle differenze finite	187	11.10.1	Superfici finite piane e parallele	248
9.2	Differenze finite nella conduzione stazionaria	189	11.10.2	Superfici infinite piane e parallele	248
9.3	Formulazione delle condizioni al contorno	192	11.10.3	Sfere o cilindri concentrici	249
9.3.1	Conduzione stazionaria con sorgenti di calore	193	11.10.4	Parete che irradia verso il cielo	249
9.3.2	Conduzione stazionaria in geometria cilindrica	193	11.10.5	Parete inclinata rispetto al piano orizzontale	249
9.3.3	Conduzione in regime variabile monodimensionale	194	11.10.6	Schermi radiativi	250
9.3.4	Conduzione in regime variabile bidimensionale	195	11.11	Effetto serra negli edifici	251
9.3.5	Metodo grafico di Binder-Smith	195	11.12	Effetto serra nell'atmosfera terrestre	252
9.4	Uso dei codici di calcolo	196	11.13	Appendice alla radiazione termica	276
			11.13.1	Formalismo matriciale nella radiazione termica	276
			<b>Capitolo 12</b>	<b>Scambiatori di calore</b>	<b>279</b>
			12.1	Scambiatori di calore a correnti parallele	279
			12.2	Efficienza degli scambiatori	282
			12.2.1	Forma unificata dell'efficienza di scambio termico	284
			12.3	Progetto di uno scambiatore di calore	284
			12.3.1	Metodo delle differenze medie logaritmiche	284
			12.4	Scambiatori con geometria complessa	285
			12.5	Metodo NTU: unità di trasferimento termico	285
			12.6	Gli scambiatori di calore nell'impiantistica edile	287

<b>Capitolo 13</b>	<b>Elementi di fluidodinamica</b>	<b>293</b>			
13.1	Caratteristiche termofluidodinamiche	293			
13.1.1	Caratteristiche elasto-termometriche	293			
13.1.2	Caratteristiche fluidodinamiche	293			
13.2	Regimi di moto	295			
13.2.1	Strati limiti dinamici	296			
13.3	Leggi fondamentali della fluidodinamica	297			
13.3.1	Equazione dell'energia per i sistemi aperti stazionari	297			
13.3.2	Equazione di Bernoulli per i sistemi aperti stazionari	298			
13.4	Le perdite di pressione per attrito	300			
13.4.1	Perdite per attrito distribuito	300			
13.4.2	Perdite per attrito concentrato	304			
13.4.3	Teorema di Borda-Carnot	309			
13.4.4	Diametro equivalente ai fini della portata	310			
13.4.5	Diametro equivalente ai fini della perdita di pressione	310			
13.5	Collegamento in serie dei condotti	312			
13.6	Collegamento in parallelo dei condotti	312			
13.7	Dispositivi per la circolazione dei fluidi	314			
13.7.1	Le pompe di circolazione	314			
13.7.2	Le soffianti	316			
13.7.3	Collegamenti di pompe in parallelo e in serie	317			
<b>Capitolo 14</b>	<b>Elementi di acustica tecnica</b>	<b>327</b>			
14.1	Problematiche dell'acustica tecnica	329			
14.2	Cenni di acustica fisica	330			
14.2.1	La celerità del suono	330			
14.2.2	Onde piane e sferiche	331			
14.2.3	Grandezze fondamentali per l'acustica	332			
14.2.4	Toni puri	334			
14.2.5	Le armoniche	335			
14.2.6	Suoni complessi	335			
14.2.7	Spettro di un suono complesso	339			
14.2.8	Innalzamento dei livelli con l'allargamento della finestra	340			
14.3	Cenni di acustica fisiologica	341			
14.3.1	Livelli sonori	341			
14.4	L'orecchio umano	343			
14.4.1	Soglia uditiva	347			
14.4.2	Percezione soggettiva del suono	348			
14.4.3	Livelli di pressione ponderati				
	Le scale fonometriche	348			
14.4.4	Livello equivalente ( <i>Leq</i> )	349			
14.5	Trasmissione del suono	350			
14.5.1	Assorbimento, riflessione, riverberazione, diffrazione e rifrazione	350			
14.5.2	Assorbimento	351			
14.5.3	Riflessione	351			
14.5.4	Trasmissione e potere fonoisolante	352			
14.5.5	Assorbimento del suono alle basse frequenze	357			
14.5.6	Diffrazione	359			
14.5.7	Fattore di direzionalità	359			
14.5.8	Riverberazione acustica	360			
14.5.9	Attenuazione dei suoni nell'ambiente interno	362			
14.6	Il rumore e suoi effetti sull'uomo	364			
14.6.1	Parametri da cui dipende il rumore	365			
14.6.2	Effetti del rumore sul corpo umano	365			
14.6.3	Effetti del rumore sul sonno	366			
14.6.4	Descrittori acustici per il rumore	366			
14.7	L. 447 del 26/10/95:				
	Legge quadro sul rumore	367			
14.7.1	Disposizioni in materia di inquinamento acustico	367			
14.7.2	Implicazioni sulla sicurezza nei luoghi di lavoro	367			
14.8	Criteri di valutazione del rumore	368			
14.8.1	Le curve <i>noise criteria</i> ( <i>NC</i> )	368			
14.8.2	Le curve <i>noise rating</i> ( <i>NR</i> )	368			
14.8.3	Valori di riferimento <i>NC</i> e <i>NR</i>	368			
14.8.4	Norma ISO -R 1996 - <i>Composite noise rating</i>	368			
14.9	Requisiti acustici degli edifici	370			
14.9.1	Tempo di riverberazione	371			
14.9.2	Potere fonoisolante	372			
14.9.3	Indice di valutazione del potere fonoisolante	373			
14.10	Isolamento acustico	374			
14.10.1	Verifiche di legge per divisori e facciate	375			
14.10.2	Il rumore prodotto dagli impianti tecnologici	378			
14.10.3	Previsione del potere fonoisolante	379			
<b>Capitolo 15</b>	<b>Cenni di acustica delle sale</b>	<b>383</b>			
15.1	Le problematiche di una sala musicale	385			
15.1.1	Le variabili in gioco	385			
15.2	Il comportamento ideale di una sala	386			
15.3	I descrittori acustici oggettivi	387			
15.4	Distribuzione del livello sonoro	389			
15.5	Le problematiche dei descrittori oggettivi	389			
15.6	Nuovo approccio all'acustica delle sale	390			
15.7	Informazioni ottenibili dalla risposta impulsiva	392			
15.8	I descrittori acustici principali	393			
15.8.1	Early Decay Time ( <i>EDT</i> )	393			
15.8.2	Chiarezza ( <i>C-80</i> ) o <i>Early-To-Late sound index</i>	394			
15.8.3	Indice di definizione ( <i>D</i> ), involuppo o efficienza laterale, <i>LE</i>	395			
<b>Capitolo 16</b>	<b>Elementi di illuminotecnica</b>	<b>397</b>			
16.1	Le problematiche dell'illuminotecnica	398			
16.2	Definizioni principali	398			
16.2.1	L'occhio e la visione	399			
16.3	Principali unità di misura dell'illuminotecnica	400			
16.3.1	Grandezze soggettive e grandezze oggettive	400			
16.3.2	Metodi di misura delle grandezze illuminotecniche	408			
16.3.3	Calcolo dell'illuminamento fra superfici	411			
16.3.4	Illuminamento in un punto da superficie estesa	412			
16.4	La storia della teoria della luce	413			
16.4.1	Il colore	416			
16.4.2	Cenni di colorimetria	419			
16.4.3	Planck's loci	422			
16.4.4	Effetto cromatico e indice di resa cromatica	423			
16.5	Le grandezze fotometriche di riferimento	424			
16.5.1	L'emittanza luminosa o radianza	427			
16.5.2	L'esposizione luminosa	427			
16.5.3	Fattore di assorbimento	427			

