
Introduzione alla Fisica tecnica ambientale

La Fisica tecnica ambientale è la disciplina di base per lo studio e la progettazione dei quattro intorni fondamentali di un edificio: Intorno del benessere ambientale, Intorno termo-igrometrico, Intorno acustico, Intorno luminoso. Si tratta di argomenti di notevole interesse (professionale e culturale) che non possono essere immaginati come appendici separate della progettazione architettonica (alias compositiva) dell'edificio, ma un tutt'uno (non mi stancherò mai di dirlo!) con essa. Già nel momento in cui l'idea compositiva nasce debbono essere rispettati canoni e vincoli progettuali ben definiti (si pensi agli ampi spazi richiesti oggi dagli impianti tecnologici) che portano al soddisfacimento dei criteri di benessere e di ottimizzazione ambientale. Si potrebbe e si dovrebbe dire la stessa cosa anche per altre discipline ma in questa sede desidero focalizzare, per forza di cose, la mia attenzione e richiamare quella di chi legge ai soli aspetti fisico-tecnici degli edifici.

La Fisica tecnica ambientale è di base per un vasto gruppo di insegnamenti e, storicamente, sviluppa argomenti tipici della termodinamica applicata, dell'aria umida, della fluidodinamica, della trasmissione del calore, dell'acustica architettonica, dell'illuminotecnica, degli impianti tecnici edili e della tecnica del controllo ambientale. In questo volume, indirizzato a un corso universitario di architettura o di ingegneria edile o civile, si svilupperanno i concetti di termodinamica applicata, di aria umida, di trasmissione del calore, della fluidodinamica, dell'acustica e dell'illuminotecnica preceduti da una breve introduzione sulle unità di misura.

Si è limitato lo sviluppo analitico degli argomenti trattati per consentire un migliore approfondimento di quelli che ritengo essere fondamentali per il prosieguo degli studi degli allievi di ingegneria e di architettura. Si è voluto anche limitare l'uso di strumenti analitici complessi e presentare la materia in modo pratico e applicativo nella speranza di suscitare il massimo interesse da parte degli allievi. Gli argomenti più complessi (ovvero tali da richiedere conoscenze matematiche più approfondite) sono stati raggruppati in appendici o comunque segnalati in paragrafi facilmente individuabili. A seconda della preparazione matematica di base degli allievi o del programma che si intende svolgere, tali argomenti possono essere del tutto ignorati o inseriti in uno studio organico.

Si è cercato di impostare la termodinamica, solitamente l'argomento più ostico per gli allievi, in modo che la formulazione analitica sia conseguente a una impostazione metodologica nella quale trovi ampio risalto la giustificazione concettuale dei fenomeni introdotti. Senza questa giustificazione la termodinamica appare come una elencazione di relazioni, principi e ipotesi spesso apparentemente scollegati e inspiegabili.

Si ricordi che un buon architetto o in genere un buon progettista è anche un uomo di cultura, una persona capace di mediare e interpretare le aspettative del proprio tempo e tradurle in opere organiche e congruenti con esse. Uno sguardo al passato ci mostra figure importanti nella storia dell'umanità quali furono, per esempio, Leon Battista Alberti, Leonardo, Michelangelo... che non erano affatto dei semplici professionisti ma protagonisti a pieno titolo del loro tempo, al più alto livello conoscitivo e culturale. Non si chiede ai futuri architetti e ai futuri progettisti di confrontarsi direttamente con queste grandi figure ma di imitarli nella ricerca del massimo eclettismo culturale.

Del resto anche le moderne figure professionali in ambito architettonico lasciano intravedere una ricerca metodologica ampia e interdisciplinare, fino alla pignoleria.

In questa auspicata ricerca del “seguir virtute e conoscenza” la Fisica tecnica ambientale è certamente disciplina importante sia per l’originalità degli argomenti sia per gli stimoli culturali e filosofici (con un piccolo sforzo in più) che essa propone. La piena comprensione degli argomenti qui trattati è fondamentale per una buona comprensione anche dei corsi applicativi (ritenuti più progettuali e professionali) quali quello di impianti tecnici o anche di acustica e di illuminotecnica.

Senza una buona conoscenza della Fisica tecnica ambientale gli argomenti trattati negli altri corsi appariranno complessi se non addirittura ostici. Ho cercato di presentare i problemi termodinamici in modo semplice ma rigoroso, evidenziandone la natura storica e cercando di fornire una giustificazione concettuale, una sorta di spiegazione dei perché. Spesso, infatti, l’insegnamento della termodinamica è prevalentemente apodittico e l’allievo deve accettare supinamente le nozioni che gli vengono proposte senza potere rispondere ai tanti perché che questa materia pone.

Alcuni argomenti classici della termodinamica applicata, quali i fluidi reali, le alette, l’exergia, lo studio elasto-termometrico ed energetico calorimetrico dei corpi, sono stati esclusi in questa presentazione, anche in considerazione della finalità del presente testo. Di tanto in tanto ci si soffermerà su alcune considerazioni di natura epistemologica ma a solo scopo euristico. In fondo la termodinamica è la scienza che più di tutte cerca di rispondere ai tanti perché che la vita ci pone.

L’organizzazione del volume è articolata sugli argomenti classici e ampiamente condivisi dalle varie università italiane della Fisica tecnica ambientale.

Ho aggiunto tre capitoli con elementi di acustica tecnica, di acustica delle sale e di illuminotecnica. Essi sono solo di ausilio nei casi in cui i programmi delle sedi universitarie non prevedano corsi specialistici su questi argomenti. Nel modesto spazio dedicato a questi argomenti mancano certamente argomenti importanti che non è stato possibile trattare. Per una trattazione dettagliata di questi argomenti si rimanda ai testi specialistici, alcuni citati in bibliografia.

Nei vari capitoli sono presenti alcuni esercizi che non vogliono essere un corso di esercitazioni ma solo esemplificazioni volte a chiarire i concetti via via presentati. Ho evitato di presentare esercizi puramente monotematici, rivolti cioè solo ad applicazioni edilizie, per non indurre l’idea che i concetti studiati siano rivolti solamente ad applicazioni architettoniche. La generalizzazione dei concetti, infatti, facilita la loro astrazione e quindi il loro apprendimento.

Tuttavia ho cercato di presentare molti esercizi come un completamento delle trattazioni teoriche presentate. Molti di questi esercizi sono finalizzati alla comprensione dei problemi dell’impiantistica, della termofisica degli edifici e di altri argomenti più specialistici.

PRESENTAZIONE DELL’OPERA

Il capitolo primo riprende, in forma semplice e facile da consultare, lo studio delle unità di misura e si presentano le tabelle di conversione fra sistemi di misura.

Il capitolo secondo introduce la termodinamica: in esso sono trattati argomenti fondamentali quali i sistemi termodinamici, le trasformazioni termodinamiche, le trasformazioni reversibili e la loro rappresentazione nei piani termodinamici. Si introduce il concetto di fluido ideale e se ne forniscono le equazioni caratteristiche. Si consiglia uno studio attento e consapevole di questi argomenti per meglio comprendere i successivi capitoli.

Nel capitolo terzo si parla del Primo Principio della termodinamica nelle varie formulazioni analitiche. Si esaminano le trasformazioni reversibili più comuni e si introduce il concetto di lavoro tecnico.

Nel capitolo quarto si parla del Secondo Principio della termodinamica e delle implicazioni concettuali che da questo derivano. Oltre alla formulazione classica nei quattro enunciati, viene sottolineata l’importanza dell’entropia e delle trasformazioni reali irreversibili e si confronta la termodinamica classica con la nuova termodinamica irreversibile. Oltre all’introduzione dei piani di Gibbs e di Mollier, si deducono le forme differenziali dei potenziali termodinamici per le trasformazioni termodinamiche.

Il capitolo quinto introduce un fluido reale molto importante per le applicazioni impiantistiche: il vapore saturo. Si vedranno le curve di Andrews, la formulazione del titolo di valore, del calore latente e si tracceranno le curve isotitolo sia nel piano di Gibbs sia in quello di Mollier.

Il capitolo sesto parla di macchine termiche. Naturalmente qui l'approccio è strumentale alla comprensione delle macchine utilizzate negli impianti tecnici (motori a combustione interna, cicli inversi, pompe di calore) e pertanto saranno evidenziate le caratteristiche fondamentali dei cicli principali e si farà cenno alle loro applicazioni impiantistiche. Alcuni argomenti che possono essere ritenuti più specialistici sono stati raggruppati in appendice.

Il capitolo settimo tratta dell'aria umida cioè di un fluido reale molto importante per la climatizzazione degli ambienti. Si vedranno le equazioni fondamentali, il diagramma psicrometrico (sia di Mollier sia ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) e si analizzeranno le trasformazioni fondamentali dell'aria umida. Infine si presenteranno alcune applicazioni quali il condizionamento a tutt'aria per il caso estivo e invernale.

Il capitolo ottavo introduce le problematiche della trasmissione del calore, argomento fondamentale per lo studio della termofisica degli edifici e degli impianti tecnici nell'edilizia. In questo capitolo si analizzano in maggior dettaglio la conduzione termica e l'equazione della conduzione del calore. Si studieranno, infine, alcuni casi stazionari (parete piana, manicotto cilindrico) e alcuni casi elementari di transitorio termico e il transitorio termico stabilizzato.

Il capitolo nono, opzionale, introduce alcuni concetti semplici sui metodi numerici oggi molto utilizzati per la risoluzione dei problemi reali. Si vedranno le formulazioni alle differenze finite per i casi sia stazionari sia transitori.

Il capitolo decimo introduce, in forma semplificata, la convezione termica (sia naturale sia forzata), il concetto di resistenza e di trasmittanza termica (molto importante per le applicazioni impiantistiche) e infine si accenna alle problematiche dei metodi numerici e sperimentali della convezione termica.

Il capitolo undicesimo parla dell'irraggiamento: si tratta di un capitolo importante sia per la trasmissione del calore in genere sia per le ricadute nel campo della termofisica degli edifici e dell'illuminotecnica. Si vedranno le equazioni fondamentali dell'irraggiamento per il corpo nero (Legge di Planck, di Kirchhoff, Wien, Stefan Boltzmann) e per i corpi grigi. Si introduce il fattore di vista e si delineano le modalità di calcolo degli scambi radiativi per cavità chiuse. Infine vengono esaminati gli effetti serra negli edifici e nell'atmosfera.

Il capitolo dodicesimo studia gli scambiatori di calore. Questi, oltre a essere una macchina termica di straordinario interesse applicativo, costruiscono una interessante applicazione degli argomenti sopra esposti per la trasmissione del calore.

Infine il capitolo tredicesimo introduce la problematica del moto dei fluidi reali (fluidodinamica) con la formulazione dell'equazione di Bernoulli nelle varie forme. Si vedranno i regimi di moto, le espressioni per le perdite di pressione distribuita e localizzata, si parlerà dell'abaco di Moody, del collegamento in serie e in parallelo dei condotti e degli organi di circolazione (pompe e soffianti). Questo capitolo risulta di grandissima importanza per tutte le applicazioni impiantistiche.

Il capitolo quattordicesimo introduce l'acustica tecnica con particolare riferimento alle unità di misura, all'acustica fisica e fisiologica, cenni di trasmissione del suono, criteri di valutazione, requisiti acustici degli edifici.

Il capitolo quindicesimo presenta, in forma semplificata, le problematiche dell'acustica delle sale. Si tratta di un argomento molto importante per l'architettura dei teatri e la loro corretta verifica acustica. Sono qui presentati gli indici energetici di maggiore diffusione e si presenta brevemente il nuovo approccio dell'acustica delle sale basato sulla risposta impulsiva.

Il capitolo sedicesimo introduce all'illuminotecnica e in particolare alle unità di misura, alla visione, alle lampade e corpi illuminanti, all'illuminazione diurna e alla verifica del dimensionamento delle superfici vetrate.

Ringraziamenti dell'editore

L'editore ringrazia i revisori che con le loro preziose indicazioni hanno contribuito alla realizzazione di *Fisica tecnica ambientale*:

Salvatore Barbaro, *Università degli Studi di Palermo*

Massimo Garai, *Università di Bologna*

Fabio Peron, *Università IUAV di Venezia*

Paolo Vercesi, *Politecnico di Milano*

Il sito web dedicato al libro

Sul sito web dedicato al libro, all'indirizzo web www.ateneonline.it/cammarata, sono disponibili i lucidi del testo per i docenti.