

8.2. Trasmissione del calore per convezione e irraggiamento (" adduzione ").

Il caso qui trattato ha due scopi fondamentali:

— mostrare come sia opportuno e possibile, in certe condizioni, adottare delle ipotesi semplificatrici che permettano una sintesi efficace di un insieme di fatti complessi e interagenti;

— definire una grandezza (coefficiente di adduzione) la cui introduzione consente valide semplificazioni nella soluzione di alcuni dei problemi presentati successivamente.

A questo proposito si consideri un corpo la cui superficie esterna si trovi a temperatura diversa da quella dell'ambiente che lo circonda, intendendosi per ambiente un fluido con cui esso sia a contatto e altri corpi che possa « vedere ». È la situazione in cui si trova la generalità dei corpi sulla superficie terrestre. In tali condizioni, il corpo scambia calore, attraverso la sua superficie, sia per convezione con il fluido, sia per irraggiamento con gli altri corpi e, in generale, anche con il fluido. Si suole in tal caso comunemente dire, con locuzione abbreviata, che il corpo scambia calore con l'esterno per « adduzione » o, anche, « conduttività esterna ».

Le relazioni dei precedenti capitoli permettono la valutazione delle quantità di calore scambiate sotto le due forme e, quindi, del calore totale trasmesso come somma di due termini; ed è questa la procedura che si segue ogni volta che ciò è ammissibile nel senso che non abbiano importanza rilevante, per i risultati da conseguire, le interazioni reciproche tra i due fenomeni, i cui effetti, quando avvengono contemporaneamente, non sono certo esprimibili rigorosamente con la semplice somma di quanto accade quando si verificano separatamente.

Comunque la complessità della maggior parte delle relazioni che dovrebbero essere utilizzate nelle varie ipotesi, ed il desiderio di esprimere con un solo termine, rifacendosi in un certo senso ai fatti sperimentali, la quantità di calore trasmessa dal corpo nelle condizioni suddette, ha portato alla ricerca di formule semplificate, almeno per i casi che più frequentemente interessano nelle applicazioni.

Il criterio di conglobare il calore trasmesso per convezione con quello trasmesso per irraggiamento non costituisce però solo una comodità di calcolo, ma, rispecchia il fatto che, nell'atmosfera, ben raramente le due forme di trasmissione si presentano isolate, al punto che è difficile realizzare, anche con tecniche sperimentali raffinate, la convezione o l'irraggiamento puri.

Si ammetta per ipotesi che si possano trascurare gli effetti delle interazioni reciproche tra i due fenomeni e si consideri un corpo grigio, di superficie A_1 e temperatura superficiale T_1 , in una stanza le cui pareti, di area A_2 , anch'esse grigie, siano a temperatura T_2 , mentre l'aria si trovi a temperatura T_a .

In queste condizioni, il flusso termico espresso come somma delle due quantità trasmesse per convezione ed irraggiamento è dato da:

$$[8.1] q' = q'_{conv.} + q'_{irr.} = h_c A_1 (T_1 - T_a) + \sigma_0 A_1 \frac{T_1^4 - T_2^4}{\frac{1}{\eta_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\eta_2} - 1 \right)}$$

Note le temperature T_1 , T_a e T_2 il calcolo di q' è abbastanza agevole; ma se la [8.1] deve essere utilizzata per ricavare, nota q' , una delle temperature T_1 o T_2 i calcoli divengono più complessi, tenuto conto che h_c , η_1 ed η_2 sono funzioni di T .

Se l'intervallo di temperatura $\Delta T = T_1 - T_2$, è abbastanza piccolo la [8.1] può essere semplificata osservando che, con l'ipotesi fatta, può porsi:

$$T_1^4 - T_2^4 \approx 4 \left(\frac{T_1 + T_2}{2} \right)^3 (T_1 - T_2).$$

La [8.1] può quindi scriversi:

$$[8.2] \quad q' = h_c A_1 (T_1 - T_a) + h_r A_1 (T_1 - T_2)$$

avendo posto

$$h_r = \frac{4\sigma_0 T_m^3}{\frac{1}{\eta_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\eta_2} - 1 \right)}$$

È chiaro che il problema è così semplicemente spostato, in quanto h_r è, tra l'altro, funzione della temperatura media $T_m = (T_1 + T_2)/2$, e quindi la [8.2] non può ancora essere risolta esplicitamente rispetto T_1 e T_2 ; l'applicazione di un metodo di iterazione risulta però spesso di rapido e semplice impiego, usufruendo della tabella 8.I e tenendo conto che in molti casi applicativi il termine h_r può essere supposto, in prima approssimazione, costante.

È opportuno anche osservare che, non appena il rapporto $\frac{A_2}{A_1}$ supera la decina e le proprietà assorbenti (e quindi emissive) delle pareti risultano di qualche significato ($\eta_2 \geq 0,5$), il secondo termine al denominatore della frazione che definisce il fattore h_r può essere trascurato rispetto al primo, specialmente se η_1 è piccolo; in tal caso h_r dipende solo dalle proprietà di emissione del corpo interno:

$$h_r \simeq 4\eta_1 \sigma_0 T_m^3 = 4\sigma_1 T_m^3.$$

Se poi la temperatura T_a del fluido e quella T_2 delle pareti sono uguali, la [8.2] si può scrivere, ancor più semplicemente:

$$[8.3] \quad q' = (h_c + h_r) A_1 (T_1 - T_a) = h A_1 (T_1 - T_2)$$

nella quale il coefficiente h prende il nome di coefficiente di adduzione.

La relazione [8.3] viene, in realtà, adoperata in quasi tutti i casi nei quali un corpo scambia calore con l'esterno, spesso senza porre molta attenzione al fatto che le ipotesi semplificative sopra indicate siano verificate o meno.

Nella letteratura specializzata sono rintracciabili i valori del coefficiente h calcolati (o misurati) per molti casi che certo però non comprendono tutti quelli che si possono verificare. La natura delle semplificazioni

mediante le quali si è giunti alla [8.3] mostra che tali valori non possono essere estrapolati senza un esame dei criteri di impostazione, a rischio di commettere errori che superano le tolleranze ammissibili per il problema considerato, soprattutto per differenze $T_1 - T_a$ superiori a qualche decina di gradi centigradi e per elevati valori, rispetto alle temperature usuali,

della media $\frac{T_1 + T_a}{2}$.