



**CALORIMETRI ISOTERMICI
E
SCAMBI TERMICI
NEL CALORIMETRO
DELLE MESCOLANZE**



INDICE

Introduzione.

I calorimetri isotermiti.

*Analisi degli scambi termici nel calorimetro delle
mescolanze:*

- Scambio di calore tra corpo e bagno.*
- Scambio di calore con perdite termiche.*
- Scambio di calore tra bagno ed ambiente*
- Limiti del metodo delle derivate termiche*

INTRODUZIONE

Esistono diversi tipi di calorimetri che si differenziano per la modalità con cui si effettua lo scambio di calore ed il modo in cui si misura la misura della quantità di calore.

In alcuni calorimetri il corpo in esame viene immerso in un bagno con il quale scambia calore, in altri viene immerso in un fluido in moto, in altri ancora il corpo è sospeso nel vuoto e viene riscaldato elettricamente. Nei calorimetri a bagno la quantità di calore scambiata (ceduta o assorbita) dal corpo in esame può produrre effetti differenti che sono sfruttati per giungere alla determinazione della quantità di calore. Se il bagno è costituito da una sola fase di una sostanza e le temperature in gioco sono sufficientemente discoste dalle temperature di transizione di fase (calorimetro adiabatico) lo scambio di calore produce una variazione di temperatura. Quest'ultima può essere misurata consentendo di ricavare il valore della quantità di calore, qualora si conosca il calore specifico e la massa della sostanza.

Se il bagno è costituito da una miscela di due fasi della stessa sostanza (ad esempio acqua e ghiaccio) lo scambio di calore non produce alcuna variazione di temperatura ma modifica le percentuali delle due fasi presenti (**calorimetro isothermico**). In questo caso una misura della massa della sostanza che ha subito una transizione da una fase all'altra, consente di risalire al valore della quantità di calore scambiata, qualora sia noto il calore latente della transizione di fase.

Nei calorimetri, in cui il fluido in esame viene fatto scorrere in un condotto nel quale é inserita una sorgente di calore (ad esempio una resistenza percorsa da corrente elettrica), si effettua una misura di flusso di calore (cioé una misura della velocità con cui il calore fornito dalla sorgente viene asportato dal fluido in movimento). Da una misura della temperatura d'ingresso e della temperatura in uscita del fluido, in condizioni stazionarie si risale al flusso di calore (dQ/dt) qualora siano note la portata volumetrica (dV/dt) del condotto ed il calore specifico del fluido. Di norma tale apparato viene impiegato per misurare il calore specifico del fluido, essendo nota la potenza rilasciata dalla sorgente di calore.

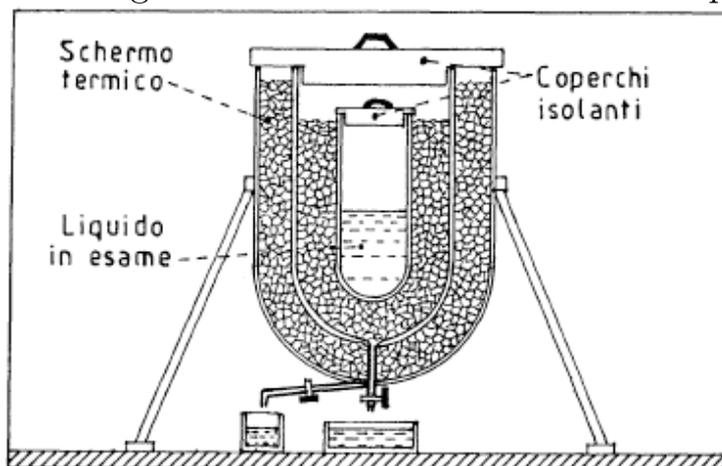
Nei calorimetri in cui il corpo in esame é sospeso nel vuoto, le quantità di calore vengono fornite in genere per effetto Joule da una resistenza inserita nel corpo stesso oppure avvolta attorno a quest'ultimo.

In queste pagine riassumeremo le modalità di funzionamento dei calorimetri isoterfici, mentre si rimanda alle altre dispense già disponibili la presentazione dei calorimetri adiabatici ed in particolare di quello delle mescolanze.

Nella seconda parte di questi appunti, svilupperemo una dettagliata discussione relativa al calcolo degli scambi termici che avvengono nel calorimetro delle mescolanze. Sulla base di queste considerazioni é possibile definire i limiti di validità della procedura di misura del calore scambiato nel calorimetro delle mescolanze basata sull'estrapolazione delle derivate termiche del sistema prima e dopo lo scambio termico.

I CALORIMETRI ISOTERMICI

Iniziamo questa breve esposizione relativa ai calorimetri isotermici presentando il calorimetro di Lavoiser. Si tratta di uno strumento per la misura del calore scambiato basato sulla transizione di fase tra ghiaccio ed acqua. Esso é costituito da un insieme di tre recipienti in cui quello esterno, realizzato con pareti isolanti e riempito di ghiaccio fondente, funge da schermo termico nei confronti degli altri due recipienti piú interni. Il secondo recipiente, anch'esso riempito con ghiaccio finemente trirurato, é dotato sul fondo di un tubo di scarico che serve a far defluire all'esterno del calorimetro l'acqua che viene prodotta dal calore ceduto dal corpo in esame. Il terzo recipiente serve ad accogliere il corpo in esame (o il liquido in esame) ed é realizzato con pareti metalliche per accelerare la trasmissione di calore tra il sistema in esame ed il ghiaccio contenuto nel secondo recipiente.



Qualsiasi misura di quantità di calore deve essere

preceduta da una misura delle perdite termiche del calorimetro; tale calibrazione deve essere effettuata nelle stesse condizioni ambientali con le quali vengono in seguito eseguite le misure calorimetriche. Le perdite termiche dell'apparato possono essere caratterizzate da un coefficiente di dispersione E_m che rappresenta la velocità con cui diminuisce la massa di ghiaccio del secondo recipiente a causa del calore proveniente dall'ambiente esterno. Poiché tale coefficiente è costante (assumendo costanti le condizioni ambientali ed in particolar modo il salto di temperatura tra l'ambiente esterno ed il ghiaccio) la sua misura è ottenuta con il calorimetro vuoto (senza corpo o liquido in esame) semplicemente pesando la massa d'acqua m_a raccolta in un intervallo di tempo prefissato Δt_o :

$$E_m = \frac{\Delta m}{\Delta t_o}$$

La determinazione della quantità di calore ΔQ rilasciata da un sistema al calorimetro di Lavoisier, richiede la misura della massa d'acqua Δm prodottasi per giungere all'equilibrio (alla temperatura del ghiaccio fondente) e la misura della durata Δt del processo. Conoscendo il calore latente di fusione λ_a del ghiaccio, $\lambda_a = 79.71$ Cal/kg, ed avendo misurato precedentemente il coefficiente E_m si ottiene:

$$\Delta Q = \lambda_a(\Delta m - E_m \Delta t)$$

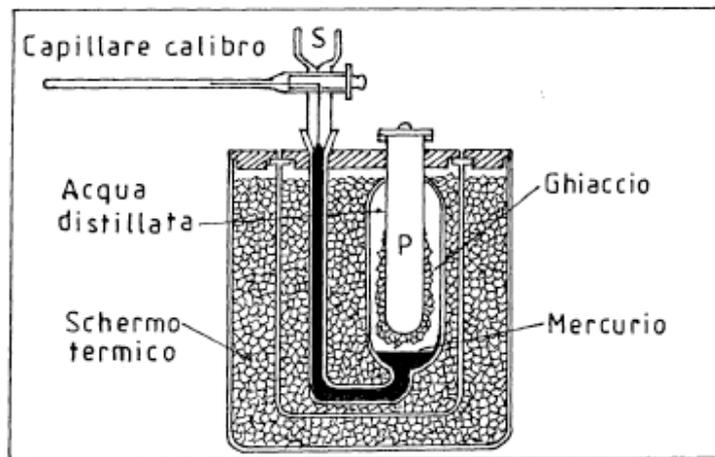
L'apparato consente di determinare la capacità termica media ($C_m = \Delta Q / \Delta T$) ed il calore specifico medio ($c_m = C_m / m$) di corpi solidi e liquidi, avendo preventi-

vamente misurato la massa del sistema e la sua temperatura iniziale T_2 e sapendo che quella finale corrisponde alla temperatura del ghiaccio fondente $T_1 = 273.15$ K). Si ha quindi:

$$C_m = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} C dt = \frac{\Delta Q}{T_2 - T_1} = \lambda_f \frac{\Delta m - E_m \Delta t}{T_2 - T_1}$$

Il calorimetro di Lavoisier é ora poco usato a causa della scarsa sensibilità e precisione, dovute essenzialmente all'elevato valore del calore latente di fusione ed alla difficoltà di raccogliere tutta la massa d'acqua (in parte trattenuta per tensione superficiale dai grani di ghiaccio).

Un notevole perfezionamento del calorimetro di Lavoisier é rappresentato dal calorimetro di Bunsen. Esso é costituito da un recipiente contenente acqua distillata il cui fondo é connesso ad un tubo ripiegato ad U, contenente mercurio e terminante, attraverso un tappo conico a tenuta, in un capillare graduato in unità di volume. Una provetta P, saldata al contenitore in questione, serve per accogliere il corpo di cui si vuole determinare le proprietà termiche. Il recipiente con la provetta ed il tubo ad U sono immersi in un termostato a ghiaccio.



Il calorimetro viene preparato per la misura delle quantità di calore facendo formare uno strato di ghiaccio attorno alla provetta mediante evaporazione di una sostanza frigorifera (ad esempio etere etilico) versata nella provetta stessa. La formazione di ghiaccio attorno alle pareti della provetta ed il conseguente aumento di volume, dovuto alla differenza di densità tra acqua e ghiaccio, vengono rilevati da uno spostamento del mercurio nel capillare graduato. Il tappo in vetro con il capillare è dotato di un rubinetto a due vie e di un serbatoio S nel quale raccogliere il mercurio quando la variazione di volume dell'acqua supera la capacità volumica del capillare. Il corpo in esame, introdotto nella provetta, farà fondere una parte del ghiaccio che si trova sulla parete della provetta se la sua temperatura iniziale è $T > 273.15$ K, mentre produrrà altro ghiaccio nel caso in cui la sua temperatura iniziale sia $T < 273.15$ K. La variazione di volume V , registrata dallo spostamento del mercurio nel capillare graduato, è legata alla massa m

di ghiaccio che si é fuso (o che si é formato) mediante la relazione:

$$\Delta V = \left(\frac{m}{\rho_g} - \frac{m}{\rho_a} \right)$$

essendo $\rho_g = 917 \text{ kg/m}^3$ la densit  dei ghiaccio e $\rho_a = 999.8 \text{ kg/m}^3$ la densit  dell'acqua a $T = 273.15 \text{ K}$. La quantit  di calore ΔQ che ha prodotto la variazione di volume ΔV   pertanto data da:

$$\Delta Q = \lambda_f m = \lambda_f \frac{\rho_g \rho_a}{\rho_a - \rho_g} \Delta V$$

essendo $\lambda_f = 79.71 \text{ Cal/kg}$ il calore latente di fusione dei ghiaccio ed m la massa di acqua che ha subito la transizione di fase.

Lo strumento pu  essere tarato direttamente in unit  calorimetriche mediante la seguente procedura. Si versa nella provetta una massa nota di acqua distillata m_a a temperatura prefissata T_a . La quantit  di calore rilasciata da questa massa d'acqua al calorimetro di Bunsen   data da:

$$\Delta Q = \frac{1}{m_a} \int_{273.15}^{T_2} c_a dt$$

essendo c_a il calore specifico dell'acqua. Si pu  correlare quindi la quantit  di calore ΔQ al numero di divisioni di cui si   spostato l'estremo libero del mercurio nel capillare. Tale operazione pu  essere ripetuta con diverse masse d'acqua distillata (o diverse temperature iniziali) allo scopo di coprire tutto l'intervallo della scala. Come nel caso del calorimetro di Lavoisier la misura delle quantit  di calore cedute (o assorbite) dal sistema in esame deve essere preceduta da una misura

delle perdite termiche. In questo caso si deve misurare il coefficiente di dispersione termica E_v che rappresenta la velocità con cui varia il volume della miscela acqua-ghiaccio a causa del calore proveniente dall'ambiente esterno. Assumendo che le condizioni ambientali e di conseguenza le perdite non cambino sensibilmente durante le misure, il coefficiente E_v viene determinato misurando la variazione finita di volume ΔV , che si è prodotta in un intervallo di tempo Δt_o , prefissato:

$$E_v = \frac{\Delta V}{\Delta t_o}$$

Tenendo conto di questo termine correttivo dovuto alle perdite termiche, la quantità di calore scambiata assume la forma:

$$\Delta Q = \lambda_f - \frac{\rho_g \rho_a}{\rho_a - \rho_g} [\Delta V - E_v \Delta t]$$

in cui Δt rappresenta la durata della misura e ΔV è la variazione di volume, che risulta negativa se la temperatura iniziale del sistema in esame è superiore a $T = 273.15$ K, positiva nel caso contrario.

Lo strumento presenta notevoli vantaggi:

- a) la possibilità di misurare quantità di calore sia positive che negative,
- b) sensibilità costante su tutto il campo di lavoro ed elevata (10^{-4} Cal/div), ,
- c) sensibilità e portata facilmente variabili mediante sostituzione del capillare con diverse sezioni.

Il maggior svantaggio del calorimetro di Bunsen è quello di non consentire con una sola misura la determi-

nazione delle capacità termiche e dei calori specifici di una sostanza relativi ad una determinata temperatura. Infatti da una singola misura si ricava soltanto il valore medio di queste quantità nell'intervallo di temperature comprese tra la temperatura iniziale del corpo e la temperatura del ghiaccio fondente. È facile mostrare che con due misure effettuate a temperature iniziali tra loro poco diverse è possibile ricavare i valori puntuali di queste quantità, ovviamente a scapito della celerità di misura ed anche della precisione. Ad esempio la capacità termica di un corpo alla temperatura $T = (T_2^{(a)} + T_2^{(b)})/2$ (essendo $T_2^{(a)}$ e $T_2^{(b)}$ le temperature inizialmente possedute dal corpo nelle due misure) è data da:

$$C(T) = \frac{\Delta Q^{(a)} - \Delta Q^{(b)}}{T_2^{(a)} - T_2^{(b)}}$$

essendo $\Delta Q^{(a)}$, $\Delta Q^{(b)}$ le quantità di calore scambiate dal corpo con il calorimetro nei due casi.

ANALISI DEGLI SCAMBI TERMICI NEL CALORIMETRO DELLE MESCOLANZE

Per determinare come gli scambi termici che avvengono in un calorimetro delle mescolanze influenzino la temperatura del bagno calorimetrico si prenderá dapprima in esame il processo di scambio di calore tra il corpo ed il bagno, supposti isolati dal mondo esterno e solo successivamente si analizzeranno gli effetti delle perdite termiche.

- Scambio di calore tra corpo e bagno.

Si considerino due corpi che vengono posti a contatto rimanendo isolati dal mondo esterno. Si può determinare come varia la temperatura di uno dei due corpi in funzione del tempo, assumendo che la velocità con cui la quantità di calore viene ceduta dal secondo corpo risulta proporzionale al salto di temperatura esistente istante per istante tra i due corpi. Tale ipotesi di lavoro é confermata dalle osservazioni sperimentali sui processi di conduzione e convezione del calore. Indicate con T_1 e T_2 rispettivamente le temperature al generico istante t del primo e del secondo corpo, si potrà scrivere, per l'assunzione fatta, la seguente relazione:

$$\frac{dQ}{dt} = k(T_2 - T_1)$$

essendo $\frac{dQ}{dt}$ il flusso di calore entrante nel primo corpo e

k una costante dipendente dalle caratteristiche geometriche e fisiche del sistema.

La relazione indica chiaramente che il flusso di calore, che passa spontaneamente dal corpo piú caldo (nel caso considerato si é assunto che sia il secondo corpo a temperatura piú elevata) al corpo piú freddo, andrà diminuendo gradualmente nel tempo con l'approssimarsi della condizione di equilibrio termico ($T_2 = T_1$). Assumendo che la conduzione termica all'interno dei due corpi sia elevata in maniera che ad ogni istante si possa attribuire la stessa temperatura a tutta la massa dei due corpi, la relazione potrà essere scritta nella seguente forma:

$$m_1 c_1 \frac{dT_1}{dt} = k(T_2 - T_1)$$

essendo m_1 la massa del primo corpo e c_1 il calore specifico della sostanza di cui quest'ultimo é costituito. Per determinare la relazione che intercorre tra la temperatura T_2 anch'essa variabile nel tempo e la temperatura T_1 , é sufficiente tener presente che la quantità di calore ceduta dal secondo corpo, dall'istante iniziale in cui i corpi sono stati posti a contatto sino all'istante considerato, é uguale alla quantità di calore che il primo corpo ha ricevuto nello stesso intervallo tempo. Si potrà quindi scrivere:

$$m_1 c_1 (T_1 - T_{1o}) = m_2 c_2 (T_{2o} - T_2)$$

essendo T_{1o} e T_{2o} le temperature iniziali del primo e del secondo corpo. Ricavando dalla relazione l'espressione

di T_2 e sostituendola nell'equazione si ottiene:

$$\frac{dT_1}{dt} = \alpha - \beta T_1$$

avendo posto:

$$\alpha = k\left(\frac{1}{m_1 c_1} + \frac{1}{m_2 c_2}\right)$$

Integrando l'equazione differenziale e ponendo la condizione iniziale $T_1(t = 0) = T_{10}$ si ottiene:

$$T_1(t) = \frac{\alpha}{\beta} - \left(\frac{\alpha}{\beta} - T_{10}\right)e^{-\beta t}$$

La temperatura del corpo cresce con legge esponenziale e tende al valore equilibrio, ovvero per t che tende all'infinito allora la temperatura T tende al valore α/β , come si può vedere dalla relazione integrale imponendo che la temperatura limite sia pari a $T_\infty = T_1 = T_2$.

Si noti inoltre che il termine $\tau = 1/\beta$ rappresenta la costante di tempo del processo e che è sufficiente un periodo pari ad alcune costanti di tempo (tipicamente $t \geq 5 \tau$) affinché la temperatura del corpo si discosti di qualche millesimo dalla temperatura T_∞ . Tipicamente la costante di tempo del processo di scambio termico in un calorimetro delle mescolanze è compreso tra alcune decine di secondi e poche centinaia di secondi.

- Scambio di calore tra bagno ed ambiente.

L'equazione che descrive questo processo é sostanzialmente analoga a quella scritta per lo scambio termico tra i due corpi con la sola differenza che la temperatura dell'ambiente T_a si puó assumere costante durante tutto il processo. Si ha pertanto:

$$\frac{dQ}{dt} = k_a(T_a - T_1)$$

essendo k_a una costante dipendente dalle caratteristiche geometriche e fisiche del recipiente costituente il calorimetrico e dalle condizioni ambientali. L'equazione puó essere riscritta nella forma:

$$m_1 c_1 \frac{dT_1}{dt} = k_a(T_a - T_1)$$

in cui m_1 , c_1 e T_1 rappresentano la massa, il calore specifico e la temperatura del bagno calorimetrico. La soluzione dell'equazione differenziale assume la forma:

$$T_1 = T_a - (T_a - T_{1o})e^{-\beta_1 t}$$

in cui T_{1o} é la temperatura iniziale del bagno calorimetrico e la costante β_1 é data da:

$$\beta_1 = \frac{k_a}{m_1 c_1}$$

Nel caso di un calorimetro ben isolato dall'ambiente, la costante di conduzione k_a assume valori molto piccoli rispetto al valore della costante k e caratterizza lo scambio termico tra il corpo ed il bagno. Ne consegue che costante di tempo ($\tau_1 = 1/\beta$) é molto elevata e puó assumere facilmente valori dell'ordine di $10^3 - 10^4$ s.

- Scambio di calore con perdite termiche.

In questo caso l'equazione che descrive il flusso di calore nel bagno calorimetrico é data da:

$$\frac{dQ_1}{dt} = k(T_2 - T_1) + k_a'(T_a - T_1)$$

dove le varie quantità hanno il significato a loro attribuito nei due precedenti paragrafi. Si noti che la costante k_a' avrà in generale un valore diverso da quello della costante k_a in quanto l'immersione del corpo ha modificato la quota della superficie libera del liquido calorimetrico e quindi ha modificato condizioni di scambio termico con l'ambiente. Con le stesse ipotesi formulate nei precedenti paragrafi si può determinare la temperatura T_2 , posseduta al generico istante t dal corpo in esame, uguagliando la quantità di calore totale assorbita dal bagno calorimetrico alle quantità di calore totali, cedute (o assorbite) dal corpo e dall'ambiente, nell'intervallo di tempo intercorso dall'immissione del corpo nel calorimetro. Tale condizione é espressa dalla seguente relazione:

$$m_1c_1(T_1 - T_{1o}) = m_2c_2(T_{2o} - T_2) + k_a' \int_o^t (T_0 - T_1)dt$$

essendo T_{1o} e T_{2o} le temperature iniziali rispettivamente dei bagno e del corpo, $C_1 = m_1c_1$ e $C_2 = m_2c_2$ le loro capacità termiche. Dopo aver ricavato dalla relazione precedente l'espressione di T_2 ed averla sostituita nell'equazione differenziale si ottiene la seguente equazione integro-differenziale:

$$\begin{aligned} \frac{dT_1}{dt} &= \\ &= \frac{k}{m_1 c_1} [T_{2o} + \frac{k_a'}{m_2 c_2} \int_0^t (T_a - T_{1o}) dt - \frac{m_1 c_1}{m_2 c_2} (T_1 - T_{1o}) - T_1] + \\ &\quad + \frac{k_a'}{m_1 c_1} (T_a - T_1) \end{aligned}$$

Derivando rispetto al tempo otteniamo una equazione differenziale del secondo ordine:

$$\frac{d^2 T}{dt^2} + 2\gamma \frac{dT}{dt} + \chi^2 T = 0$$

avendo posto

$$\begin{aligned} T &= T_a - T_1 \\ \gamma &= \frac{1}{2} \left[k \left(\frac{1}{m_1 c_1} + \frac{1}{m_2 c_2} \right) + \frac{k_a'}{m_1 c_1} \right] \\ \chi^2 &= \frac{k k_a'}{m_1 m_2 c_1 c_2} \end{aligned}$$

La soluzione della equazione differenziale é del tipo

$$T = A e^{\lambda_1 t} + B e^{\lambda_2 t}$$

dove A e B sono costanti da definire sulla base delle condizioni iniziali e $\lambda_{1,2}$ sono le soluzioni dell'equazione algebrica ottenuta eguagliando a zero il polinomio caratteristico associato all'equazione differenziale del secondo ordine

$$\lambda^2 + 2\gamma\lambda = \chi^2 = 0$$

Detto $\Delta = \sqrt{\gamma^2 - \chi^2}$ il discriminante dell'equazione algebrica, le radici del polinomio avranno la forma del tipo $\lambda_{1,2} = \gamma \pm \Delta$ e la soluzione dell'equazione differenziale sarà quindi diversa in dipendenza del segno assunto dal radicando del discriminante.

Per $\Delta^2 \geq 0$ l'andamento della funzione è di tipo esponenziale, per $\Delta^2 < 0$ l'andamento della funzione è di tipo sinusoidale con ampiezza decrescente in maniera esponenziale. Nel caso in esame, poich e $k_a' \ll k$ e $(k_a'/m_1c_1) \ll k/m_2c_2$, si ha sempre $\Delta^2 > 0$ e la soluzione dell'equazione differenziale è espressa da:

$$T = T_a - Ae^{(\gamma+\Delta)t} + Be^{-(\gamma-\Delta)t}$$

avendo imposto per calcolare A e B che

$$T_1(t=0) = T_{1o}$$

$$\left(\frac{dT_1}{dt}\right)_{t=0} = \frac{k}{m_1c_1}(T_{2o} - T_{1o}) + \frac{k_a'}{m_1c_1}(T_a - T_{1o})k_a'(T_a - T_{1o})$$

Con un p odi algebra si ottengono l'espressioni esplicite delle costanti A ed B :

$$A = \frac{1}{2\Delta} \left[\frac{k}{m_1c_1}(T_{2o} - T_{1o}) - \left(\gamma - \Delta - \frac{k_a'}{m_1c_1} \right) (T_a - T_{1o}) \right]$$

$$B = \frac{1}{2\Delta} \left[\frac{-k}{m_1c_1}(T_{2o} - T_{1o}) + \left(\gamma + \Delta - \frac{k_a'}{m_1c_1} \right) (T_a - T_{1o}) \right]$$

Le costanti A e B risultano di segno opposto ed inoltre $\tau_1 = (\gamma + \Delta)^{-1} \ll (\gamma - \Delta)$. Ne consegue che l'andamento della temperatura del bagno é dominato inizialmente dal primo termine esponenziale e successivamente dal secondo termine, cosicché ad una rapida crescita della temperatura segue una decrescita esponenziale piú lenta in cui la temperatura del bagno tende alla temperatura ambiente T_a .

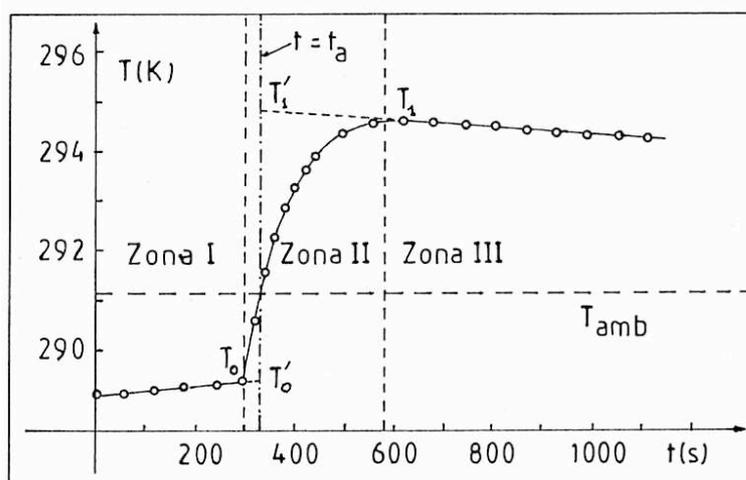
- Limiti del metodo delle derivate termiche.

Riportiamo qui un grafico che riassume la risposta nel tempo del calorimetro reale. Distinguiamo in esso tre zone:

I fase) Deriva termica del calorimetro prima dell'immissione del corpo

II fase) Immissione del corpo nel bagno e conseguente trasmissione del calore tra l'uno e l'altro

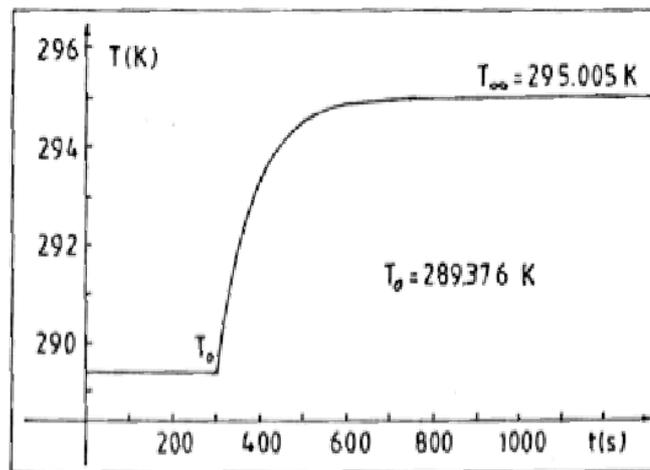
III fase) Deriva termica del calorimetro dopo l'immissione del corpo



Dobbiamo ora porre a confronto questo andamento con quello relativo al caso ideale di assenza di perdite termiche. Potremo così ricavare una valutazione sull'errore residuo dopo che i dati sperimentali sono stati corretti con il metodo dell'estrapolazione delle derivate termiche. Tale metodo illustrato è stato illustrato altrove, quando sono state presentate le caratteristiche e le modalità d'uso del calorimetro delle mescolanze.

Ricordiamo qui che l'estrapolazione viene compiuta prima di tutto tracciando la retta parallela all'asse delle T , quindi di equazione $t = t_a$, che passa per il punto della curva di risposta del calorimetro nella fase II in corrispondenza di temperatura ambiente T_a . Tale retta é tratteggiata in figura.

Ora, per valutare meglio tale estrapolazione riportiamo il grafico della curva di risposta ottenuta nel caso di scambio termico tra bagno e corpo in assenza di perdite per gli stessi valori di temperature iniziali dei due sistemi a contatto.



Questi grafici sono basati su un esempio concreto per cui si hanno i seguenti valori di temperatura e dei relativi coefficienti:

$$\begin{aligned}
 T_{1o} &= 289.37 \text{ K} & T_{2o} &= 323.15 \text{ K} & T_a &= 291.15 \text{ K} \\
 \frac{k}{m_1 c_1} &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1} & \frac{k}{m_2 c_2} &= 1 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1} & \frac{k_a'}{m_1 c_1} &= 4 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1} \\
 T_\infty &= 295.005 \text{ K} & T_o &= 289.376 \text{ K} & T_1 &= 294.618 \text{ K} \\
 T_1' &= 294.98 \text{ K} & T_o' &= 289.40 \text{ K} & &
 \end{aligned}$$

Dai grafici si ricava che il salto termico ΔT_{ideale} subito dal bagno in condizioni sperimentali ideali, cioè in assenza di perdite termiche, é dato da:

$$\Delta T_{ideale} = T_{\infty} - T_o = 5.629K$$

mentre il massimo salto termico del bagno $\Delta T_{misurato}$ che si misurerebbe in presenza di perdite termiche é dato da:

$$\Delta T_{misurato} = T_1 - T_o = 5.242K$$

La differenza tra il salto termico che si osserverebbe in condizioni ideali rappresenta un errore sistematico dell'ordine del 7 % che si ripercuoterebbe con la stessa percentuale sulla misura della quantità di calore scambiata tra il corpo in esame ed il bagno calorimetrico.

Applicando la procedura delle derive termiche, si ottiene che il salto di temperatura ΔT_{deriva} estrapolato dai dati sperimentali é dato da:

$$\Delta T_{deriva} = T_1' - T_o' = 5.58K$$

che differisce da ΔT_{ideale} per un errore percentuale residuo inferiore all'1 %. I risultati di questa analisi (applicata ad un caso particolare) mostrano che il metodo dell'estrapolazione consente in genere di ridurre notevolmente l'errore sistematico introdotto dalle perdite termiche, tuttavia l'errore residuo può essere ancora dell'ordine dell'1 %. Qualora si debbano fare misure di più elevata precisione é necessario ridurre al minimo le perdite termiche e ricorrere a tecniche più raffinate di analisi dei dati.