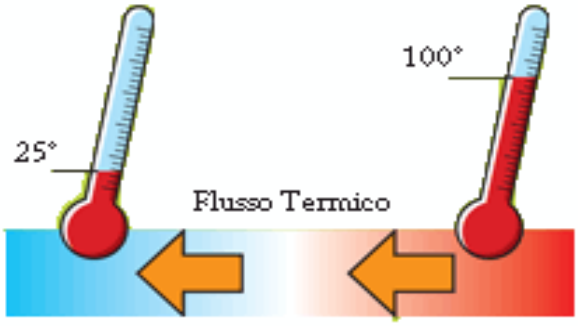
Prova di laboratorio

Conducibilità Termometrica



Gruppo 01	Marcuzzi Francesco	**92541**	Udine, 01/04/2009
	Pettoello Daniel	**92531**	
	Tamigi Matteo	**92515**	

TITOLO:
DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITA TERMOMETRICA

OGGETTO DELLA PROVA

Misura della conducibilita` termometrica *J* dell'alluminio.

CENNI TEORICI:

Conduzione del calore

La propagazione del calore è un fenomeno fisico di trasferimento di energia che può sostanzialmente avvenire in tre modi distinti: tramite irraggiamento, ovvero il trasferimento di calore tramite l'utilizzo di onde elettromagnetiche (tale sistema viene principalmente usato nello scambio di calore ad elevate temperature, visto che a basse temperature risulta un sistema inefficiente); tramite convezione (applicabile solamente ai fluidi e ai gas), ovvero tramite flussi e correnti che si spostano all'interno del fluido; tramite conduzione termica.

La propagazione del calore nei solidi (a basse temperature) avviene principalmente tramite la conduzione; la temperatura di un corpo è correlata all'energia cinetica delle particelle che lo compongono, ovvero, maggiore è la temperatura media del corpo, maggiore è la velocità delle particelle. Quando due corpi di diversa temperatura vengono messi a contatto l'uno con l'altro; sulla superficie di contatto avvengono dei microurti tra le varie particelle. La conseguenza immediata è che le particelle più veloci, urtando quelle più lente dell'altro corpo, rallentano aumentando la velocità delle altre più lente. Il fenomeno coinvolge dapprima gli strati più vicini alla superficie di contatto, estendendosi rapidamente poi agli strati più distanti. Alla fine de processo si ha che l'energia cinetica media dei due corpi risulta uguale e di conseguenza risulta uguale anche la temperatura media.

La conduzione del calore è stata ampiamente studiata dal fisico francese Jean Baptiste Joseph Fourier stipulando l'equazione generale della conduzione termica:

$$Q = K\frac{(T_2 - T_1)\cdot S\cdot \Delta t}{L}$$

dove Q rappresenta la quantità di calore che si trasferisce da un solido all'altro, K è il coefficiente di conducibilità termica, S è la superficie totale e L la lunghezza totale.

Conduzione di calore in una sbarra di sezione quadrata di alluminio

La legge di Fourier ci permette di determinare il valore della conducibilità termica del materiale mediante una misura del calore scambiato, data la differenza di temperatura a cui opera il conduttore. Nella pratica il flusso di calore viene determinato tramite i suoi effetti e quindi una misura di k non può essere condotta in condizioni stabili.

Per poter condurre il calcolo di k, è necessario creare uno scambio di calore attraverso la sbarra e quindi necessita di far condurre effettivamente la sbarra di alluminio.

Per tale motivo viene condotto l'esperimento che mira a misurare la costante J dell'alluminio, che in linea teorica è 8,13 * 10^{-5} m^2/s, e che tramite l'esperimento potrà essere determinato sperimentalmente.

Teoria degli errori

Effettuando delle prove pratiche in laboratorio che coinvolgano misurazioni fisiche per opera di un utente, si devono considerare gli errori possibili dovuti all'ambiente, allo strumento o all'utente stesso, per poter considerare i valori ottenuti in modo critico. Di seguito si descrivono gli errori più comuni che si verificano in questi casi:

- gli **errori accidentali** sono quegli errori causati dalla variazione casuale, non considerata o prevista, delle condizioni fisiche dell'ambiente in cui si opera come la pressione, l'umidità o la temperatura dell'aria di cui lo sperimentatore non ha tenuto conto durante l'esecuzione della misura, dallo stato psicofisico dell'operatore, dalle caratteristiche tecniche e dall'imprecisione degli strumenti utilizzati. Questo tipo di errore può falsare la misura *per difetto* o *per eccesso*, ma può essere ridotto al minimo effettuando a più riprese le rilevazioni e facendo quindi la media aritmetica dei valori trovati. Un esempio d'errore: la misura del periodo del pendolo potrebbe essere falsata da un'improvvisa corrente d'aria che fa aumentare o diminuire il tempo di un'oscillazione.

- gli **errori sistematici** sono detti quelli che influenzano il risultato della misura sempre nello stesso modo e non possono venire compensati facendo la media di più misurazioni. Sono tali,ad esempio, gli *errori strumentali,* dipendenti dalle caratteristiche costruttive degli apparecchi di rilevazione e dall'usura degli stessi. Gli errori sistematici possono essere sempre determinati eseguendo un'accurata indagine critica del metodo impiegato e delle apparecchiature usate: risulta perciò possibile apportare le opportune correzioni al risultato della misura od almeno individuare l'incertezza che lo accompagna.

Fra i due tipi di errori, sistematici ed accidentali, vi è una notevole differenza. Agli errori sistematici è infatti contrapposto il concetto di *accuratezza*, mentre agli errori accidentali è associato quello di *precisione*. Dunque affermeremo che una misura è accurata quando è stata eseguita in condizioni sperimentali adatte e facendo uso di strumenti idonei; diremo invece che una misura è precisa quando l'esecutore della misura stessa è in grado di indicare l'entità degli errori dai quali essa è affetta o quando ripetute esecuzioni della stessa danno valori concordanti. Da quanto detto si deduce quindi che una misura potrebbe essere precisa senza essere accurata.

Dal punto di vista statistico le grandezze fisiche si possono considerare come variabili aleatorie, cioè possono essere pensate come il risultato numerico di un esperimento quando questo non è prevedibile con certezza (ossia non è *deterministico*). Possiamo suddividere queste variabili aleatorie in due sottoclassi importanti: le variabili discrete (dove il range dei risultati possibili è un insieme finito) e le variabili continue (dove il range dei risultati possibili è un insieme infinito).

La misurazione del periodo di oscillazione del pendolo rientra teoricamente nel secondo caso: il tempo è un susseguirsi continuo di istanti non distinguibili l'uno dall'altro. Per semplicità il range dei campioni possibili viene discretizzato al centesimo di secondo: la prova rientra quindi, dal punto di vista pratico, nel primo caso.

MATERIALI E STRUMENTI UTILIZZATI

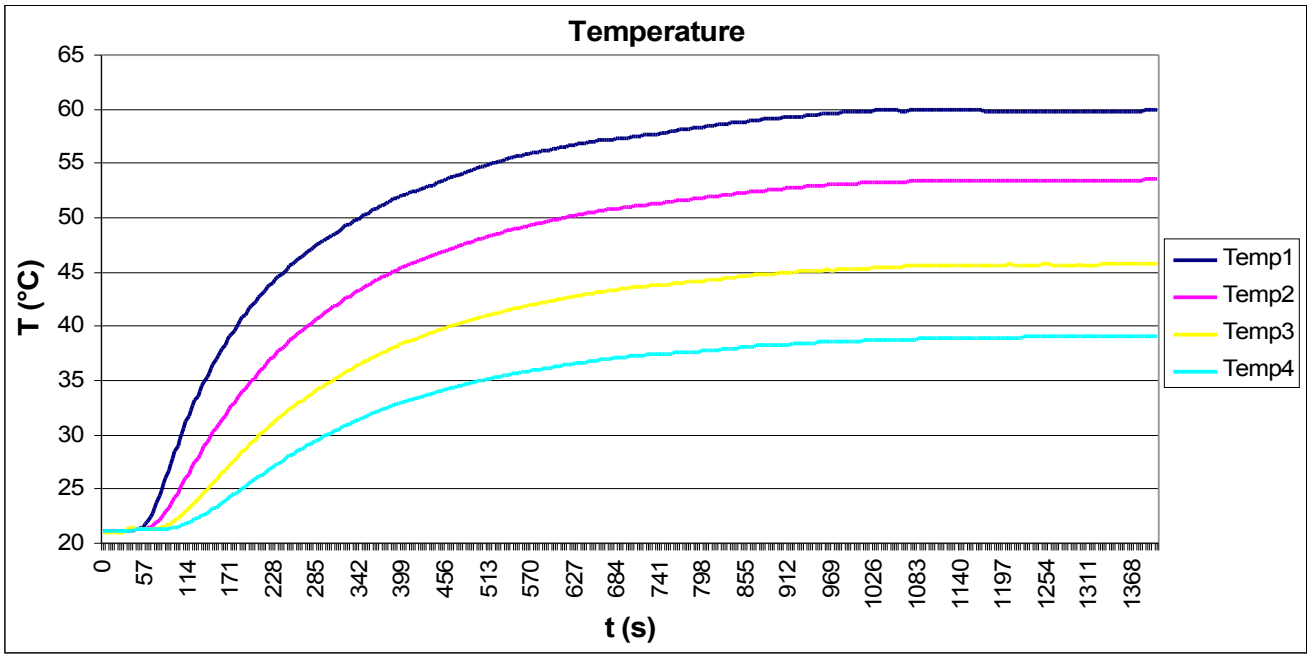
- Conduttore termico, una sbarra di alluminio di sezione rettangolare in cui sono stati posti dei fori a distanza regolare per porvi delle sonde termometriche, il tutto viene isolato (ad esclusione delle estremità, che verranno poi immerse nell'acqua a diversa temperatura) per evitare dispersione termica dal conduttore stesso;
- Recipiente contenente acqua a temperatura ambiente, che rimarrà a tale temperatura per tutta la durata dell'esperimento;
- Pentolino per far bollire l'acqua;
- Fornello elettrico, per portare l'acqua del pentolino all'ebollizione;
- 4 sonde termometriche per la rilevazione della temperatura della sbarra conduttrice;
- Calibro, per la misurazione della distanza tra le varie sonde (precisione ± $5*10^{-5}$ m);
- Termometro a mercurio, per la taratura delle 4 sonde termometriche.

MISURE ED ELABORAZIONI DATI

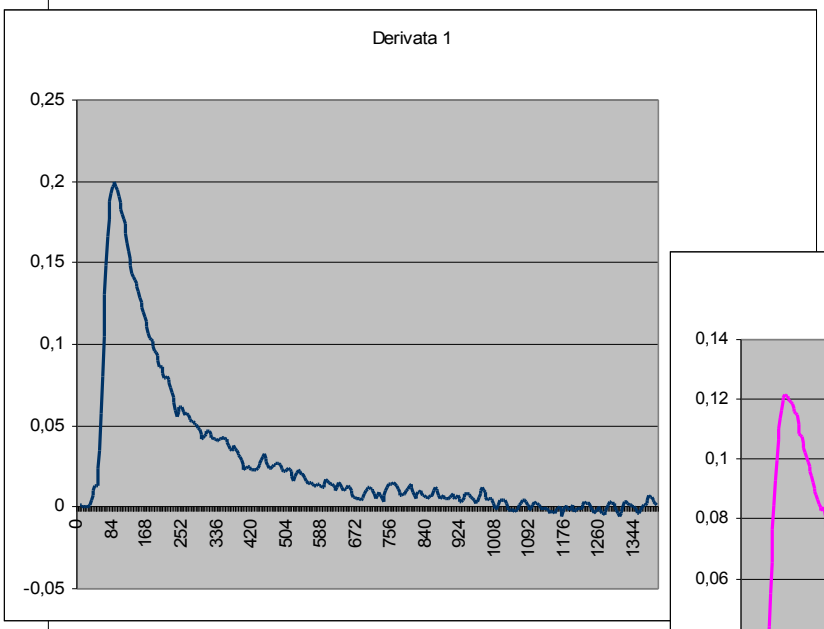
ESECUZIONE DELLA PROVA DI LABORATORIO

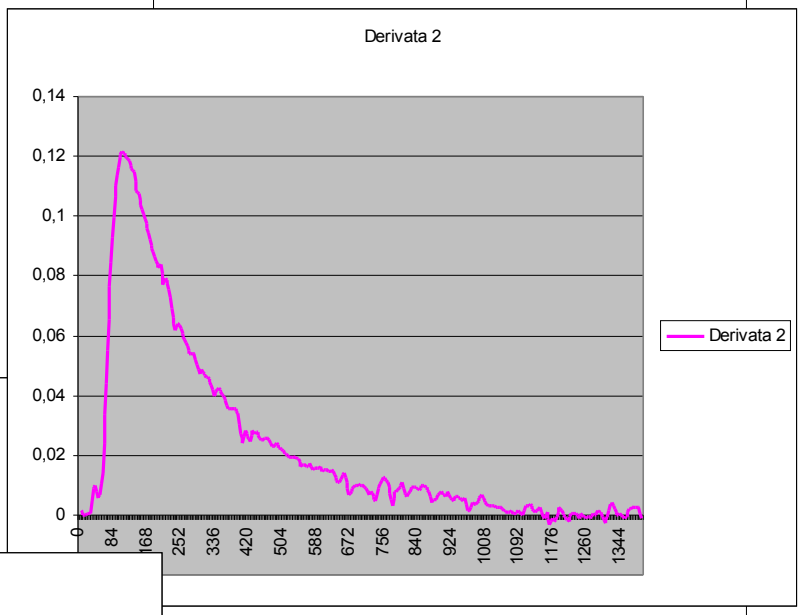
Come operazione preliminare da effettuare prima ancora dello svolgimento della prova, è la taratura delle 4 sonde termometriche che poi verranno utilizzate per la raccolta delle temperature dell'esperimento; tale operazione non è stata effettuata dai vari gruppi per motivi di tempo. La taratura delle sonde consiste nell'immergere in acqua la sonda e un termometro a mercurio, e inserire manualmente il valore del termometro come valore della sonda, mettendo in corrispondenza il valore della differenza di potenziale della sonda con la temperatura segnata dal termometro; la stessa operazione va eseguita innumerevoli volte con temperature dell'acqua diverse, possibilmente utilizzando temperature che coprano l'intero intervallo per il quale le sonde poi verranno utilizzate. Nel caso, poi, che le sonde si trovino a dover misurare temperature diverse da quelle previste, il software di acquisizione, tramite un sistema di interpolazione dei dati disponibili, provvede a coprire anche settori di misure non previste dalla taratura.

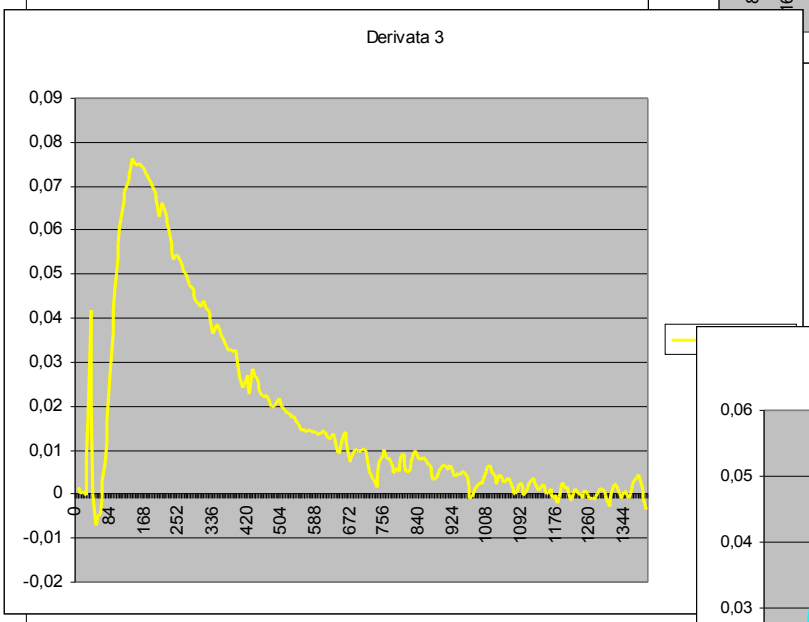
Finita tale procedura si inizia la prova vera e propria: si pone sul fornello elettrico il pentolino e si porta a ebollizione l'acqua contenuta al suo interno. Poi si immerge nell'acqua a 100° una estremità della sbarra conduttrice e l'altra estremità la si immerge nell'acqua a temperatura ambiente; si inizia a campionare immediatamente le temperature delle sonde termometriche (un campione ogni 3 secondi); si termina la campionatura quando il sistema si stabilizza nuovamente a temperature delle 4 sonde diverse ma stabili nel tempo (il sistema ci impiega circa 20 minuti a stabilizzarsi).

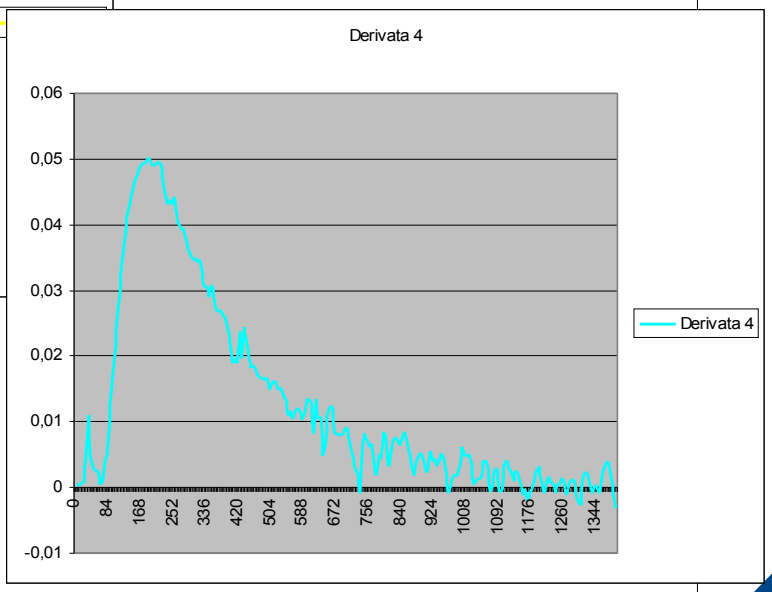


Una volta completato il campionamento delle temperature, si effettua il calcolo del punto di massima impennata della curva utilizzando l'algoritmo delle differenze finite, in modo da avere un'approssimazione della derivata delle funzioni di temperatura del solido. Qui sotto sono riportati i grafici delle derivate delle 4 funzioni di temperatura campionati:









Dai grafici ricaviamo i tempi in cui le varie curve hanno il punto massimo di flesso, che nel grafico identifichiamo con il punto di massimo assoluto. E' necessario effettuare il calcolo della costante J nei punti di massimi perché nel caso contrario, se andassimo a calcolare la costante in un punto di equilibrio termico, il secondo membro della seguente equazione si annullerebbe, portando l'intera equazione alla condizione di inesistenza.

N° Campione	Tempo (s)	Temp A (°C)	Temp B (°C)	Temp C (°C)	Temp D (°C)
0	0	21,11	21,11	21,03	21,08
30	90	27,31	23,58	21,85	21,39
31	**93**	**27,89**	**23,92**	**21,98**	**21,43**
32	96	28,48	24,26	22,13	21,48
38	114	31,72	26,44	23,20	21,91
39	**117**	**32,22**	**26,79**	**23,41**	**22,00**
40	120	32,69	27,15	23,61	22,10
41	**123**	**33,16**	**27,51**	**23,82**	**22,21**
51	153	37,27	30,86	26,05	23,48
52	**156**	**37,64**	**31,16**	**26,28**	**23,62**
53	159	37,99	31,47	26,50	23,76
64	192	41,38	34,50	28,88	25,39
65	**195**	**41,64**	**34,75**	**29,08**	**25,54**
66	198	41,90	35,00	29,28	25,68

Procedendo con la prova, avendo tutti gli elementi necessari al procedimento, si calcola il valore di J utilizzando prima le sonde A, B e C; poi si effettua nuovamente il calcolo utilizzando le sonde B, C e D.

La formula del calcolo di J la possiamo ricavare dalla formula sottostante:

$$\frac{k}{c\rho}\frac{T_C + T_A - 2T_B}{\Delta x^2} = \frac{T_B(t+\Delta t) - T_B(t)}{\Delta t}$$

Sapendo che $\frac{k}{c\rho}$ è il valore J che si vuole trovare, si ha la formula:

$$J = \frac{\dfrac{T_B(t+\Delta t) - T_B(t-\Delta t)}{2\Delta t}}{\dfrac{T_C + T_A - 2T_B}{\Delta x^2}}$$

Calcolo della costante J:

Prendendo in considerazione l'equazione precedente, calcoliamo il valore di J_{ABC} utilizzando le temperature delle prime tre sonde (A, B e C) rispetto al punto di flesso della sonda A (che avviene al tempo 93 s) sostituiamo i termini:

$T_B(t+\Delta t)$ → Temperatura della sonda B al tempo 96
$T_B(t-\Delta t)$ → Temperatura della sonda B al tempo 90
T_C → Temperatura della sonda C al tempo 93
T_A → Temperatura della sonda A al tempo 93
T_B → Temperatura della sonda B al tempo 93

Il risultato della costante calcolato al tempo 93 è:

$8{,}93 * 10^{-5}$ m²/s ± $0{,}48 * 10^{-5}$ m²/s

Sotto si riportano tutti i calcoli effettuati sui punti di flesso delle altre curve e sulla media (123 s) con i relativi errori assoluti e percentuali:

Tempo (s)	J (m^2/s)	Err(J)	Err(J) %
93	$8{,}93 * 10^{-5}$	$0{,}46 * 10^{-5}$	0,05
117	$9{,}24 * 10^{-5}$	$0{,}46 * 10^{-5}$	0,05
123	$9{,}67 * 10^{-5}$	$0{,}49 * 10^{-5}$	0,05
156	$10{,}25 * 10^{-5}$	$0{,}59 * 10^{-5}$	0,06

Si ripetono gli stessi calcoli prendendo in considerazione le sonde B, C e D e calcolando la costante rispetto a tali punti, J_{BCD}:

Tempo (s)	J (m^2/s)	Err(J)	Err %
117	$5{,}55 * 10^{-5}$	$0{,}57 * 10^{-5}$	0,10
156	$5{,}41 * 10^{-5}$	$0{,}59 * 10^{-5}$	0,11
195	$5{,}01 * 10^{-5}$	$0{,}66 * 10^{-5}$	0,13

Conclusioni:

Si può notare che la secondo serie di calcoli (la serie eseguita sulle rilevazioni dei sensori B, C e D) risultano con un errore assoluto e percentuale maggiori rispetto alla prima serie, dopo di ché i valori di J ottenuti sono molto più livellati verso il valore $5 * 10^{-5}$.
Il valore teorico di J per l'alluminio è $8,13 * 10^{-5}$ m^2/s, il fatto che la seconda serie differisca di più dal valore teorico rispetto alla prima, potrebbe essere spiegato dal fatto che le rilevazioni tra i vari sensori riportano valori più vicini tra loro rispetto alla serie dei sensori A, B e C. Questo spiegherebbe in parte i valori discostanti dal valore teorico, dopodiché il di scostamento generale è spiegabile dagli errori di misurazione.
Per migliorare la bontà dei valori di J della prova, bisognerebbe innanzitutto svolgere tale prova in un ambiente a temperatura costante, bisognerebbe che la sbarra di alluminio sia completamente isolata dell'ambiente esterno. Per quanto riguarda la misura della distanza e l'accuratezza degli strumenti, si potrebbe migliorare la taratura delle sonde termometriche utilizzando innanzitutto un termometro a mercurio con una maggior sensibilità, dopodiché se l'esperimento venisse effettuato con l'utilizzo di una sbarra di alluminio di lunghezza maggiore, e con le sonde poste a distanze maggiori, si avrebbero maggiori di scostamenti di letture delle temperature e curve con punti di flesso a maggior distanza gli uni dagli altri. Questo aumenterebbe la precisione delle misurazioni in quanto la velocità di propagazione verrebbe misurata su di un tratto più lungo e con un tempo maggiore, limitando al massimo gli errori di imprecisione degli strumenti utilizzati.