

LA TRASMISSIONE DEL CALORE NEI LIQUIDI: LE CORRENTI CONVETTIVE E IL COMPORTAMENTO ANOMALO DELL'ACQUA

PERSONAGGIO STORICO:

Evangelista Torricelli (1608-1647), discepolo di Galileo, è noto soprattutto per avere dimostrato l'esistenza della pressione atmosferica e per l'invenzione del barometro. Costruì anche uno dei primi termometri ad alcol. Il mercurio venne usato come liquido termometrico più tardi. Dopo di lui i 'termometri fiorentini' furono rinomati ed utilizzati in tutta Europa.



OBIETTIVO

Confrontare il comportamento termico dell'acqua con quello di altri liquidi, in particolare l'alcol e l'olio alimentare. Mettere in evidenza l'anomalia dell'acqua nell'intervallo $0^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$. Studiare le correnti convettive.

BREVE DESCRIZIONE

Questa serie di esperienze consiste nel seguire la dinamica di riscaldamento di un liquido che viene inizialmente raffreddato in freezer e poi lasciato riscaldare in ambiente esterno. Si misurano le temperature in funzione del tempo a diverse altezze nel recipiente che contiene il liquido.

ALCUNI ASPETTI TEORICI

I fluidi hanno una conducibilità termica molto bassa. La propagazione del calore al loro interno avviene principalmente attraverso il meccanismo della convezione.

Solitamente per scaldare un liquido lo poniamo sopra una fonte di calore. Lo strato che si scalda per primo è quello inferiore che si trova a contatto con la fonte. L'aumento della temperatura causa una variazione nella densità; all'aumentare della temperatura la densità normalmente diminuisce. Lo strato inferiore diventa meno denso, quindi, per il principio di Archimede tende a portarsi in superficie spingendo in basso del liquido a temperatura inferiore che a sua volta si scalda e si sposta verso l'alto. Questo meccanismo genera un trasporto di materia all'interno del fluido e dà luogo alle correnti convettive.

Se cerchiamo di scaldare un liquido dall'alto, per esempio scaldando con un asciugacapelli la parte superiore del recipiente che lo contiene, non riusciamo nel nostro intento; invece se la fonte di calore sta sotto possiamo osservare una propagazione del calore molto rapida.

Se un fluido che inizialmente si trova a bassa temperatura viene lasciato riscaldare in ambiente esterno (come accade per una lattina di una bibita lasciata fuori dal frigorifero) si può osservare che la sua temperatura non è uniforme. Per il fenomeno che abbiamo descritto avremo una situazione dinamica per cui nel tempo tutta la massa del liquido aumenta la sua temperatura ma la temperatura degli strati superiori istante per istante risulta superiore di quella degli strati inferiori.

Liquidi diversi presentano dinamiche simili; un'eccezione è costituita dall'acqua ma solo nell'intervallo compreso tra 0°C e 4°C. In questo intervallo infatti la sua densità invece di diminuire aumenta.

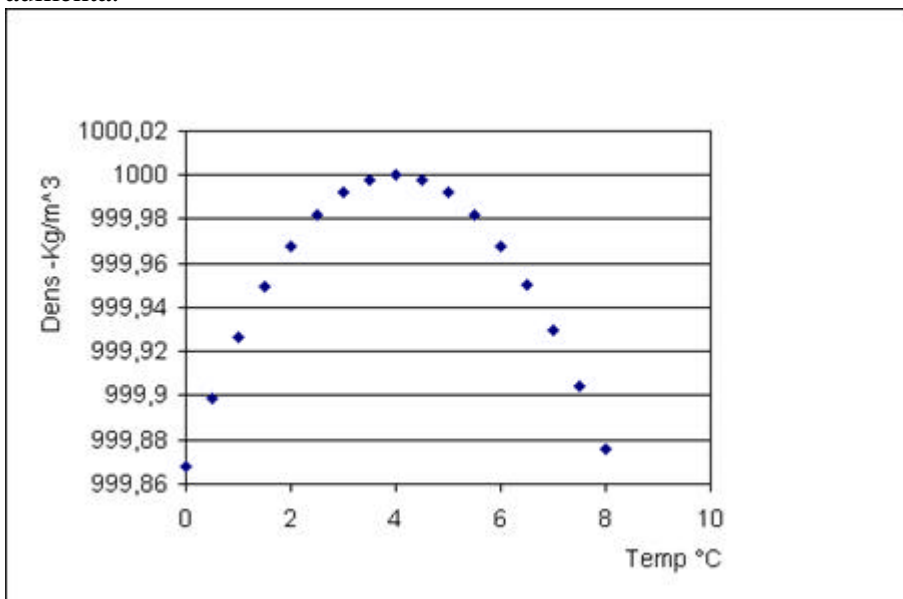


Figura 1: densità dell'acqua in funzione della temperatura.

Questa anomalia è osservabile lasciando riscaldare in ambiente esterno dell'acqua tenuta in frigorifero e raffreddata ulteriormente con del ghiaccio. Le curve di riscaldamento in questo caso si presentano diverse rispetto a quelle che si ottengono per altri liquidi. In particolare, ad una temperatura prossima ai 4°C si osserva che le due curve si incrociano.

Altri aspetti di questo stesso fenomeno sono descritti su questo sito nell'esperienza relativa al lago ghiacciato.

ASPETTI SPERIMENTALI

Questa serie di esperienze consiste nel seguire la dinamica di riscaldamento di un liquido che viene inizialmente raffreddato e poi lasciato riscaldare in ambiente esterno. Abbiamo misurato le temperature in funzione del tempo a diverse altezze nel recipiente che contiene il liquido. Si possono usare cilindri da laboratorio, ma vanno benissimo anche semplici bottiglie di PET.



Figura 1: il primo cilindro contiene alcol denaturato ed il secondo olio alimentare; sono visibili le tre sonde di temperatura.



Figura 2: la misura può essere fatta anche utilizzando una bottiglia di plastica; la bottiglia contiene acqua.

L'apparato sperimentale che abbiamo usato è così composto:

Calcolatrice grafica (TI-84 Plus)
Interfaccia CBL2
programma DataMate

3 sonde per la temperatura morbide
acqua, alcol denaturato, olio
tre contenitori

Puoi usare anche altre calcolatrici o altri sistemi di acquisizione. E' preferibile avere tre sonde, ma si può lavorare anche con due.

- Prepara tre termometri morbidi fissandoli con il nastro adesivo in modo che si trovino vicino al fondo della bottiglia che contiene il liquido, a metà altezza, in prossimità della superficie.
- Predisponi il sistema per l'acquisizione
- Prendi dell'acqua già fredda e a questa aggiungi del ghiaccio tritato
- Immergi le sonde facendo attenzione che non tocchino le pareti del recipiente
- Inizia l'acquisizione (se non sai come predisporre l'esperimento vai alla guida)

Abbiamo acquisito le temperature ogni 30 secondi per 90 volte. Ogni misura quindi è durata 45 minuti.

Ripeti l'esperienza cambiando liquido.

Come sono venuti i tuoi grafici?

Se vuoi confrontali con i nostri; (acqua, alcol, olio); se non hai la possibilità di fare l'esperimento puoi utilizzare i nostri dati (data sample).

Utilizzando un asciugacapelli puoi osservare come varia la temperatura a diversi livelli del liquido riscaldando la bottiglia indirizzando il getto d'aria nella parte superiore o inferiore della bottiglia. Questa volta le prove sono molto rapide. Puoi seguire il fenomeno per 3 minuti acquisendo le temperature ogni 3 secondi per 60 volte.

Sul sito trovi i dati campione ed i relativi grafici per l'alcol.

L'insegnante può trovare alcuni suggerimenti nella parte relativa alle considerazioni didattiche.

GUIDA PASSO-PASSO ACQUISIZIONE DATI CON TI84 E DATAMATE

Acquisizione dati (TI84)

In questo esperimento misuriamo istante per istante le tre temperature rilevate dalle sonde.

Le misure possono essere impostate utilizzando il programma DataMate.
Per saper come caricarlo sulla calcolatrice si può vedere la finestra d'aiuto.

La procedura sperimentale consiste di due parti: preparazione ed acquisizione dati.

Preparazione:

- Connetti tutti i cavi:
 - la calcolatrice all'interfaccia con il cavo nero (foto)
 - le tre sonde ai tre ingressi CH1, CH2, CH3 (foto)

- Sistema i materiali:

- riempi la bottiglia con acqua e ghiaccio
- Lancia il programma DataMate

compare la scritta CHECKING SENSOR

si legge CH 1: TEMP (C) - CH 2: TEMP (C) - CH3: TEMP (C)

vicino all'indicazione del canale si legge la temperatura rilevata dalla sonda collegata

Adesso occorre impostare la misura

Scegli 1:SETUP digitando 1

dal menu' scegli MODE:TIME GRAPH col cursore, poi ENTER

dal MENU' SELECT MODE scegli 2:TIMEGRAPH

scegli 2:CHANGE TIME SETTINGS

compare ENTER TIME BETWEEN SAMPLE digita 30

compare ENTER NUMBER OF SAMPLES digita 45 quindi ENTER

per confermare scegli 1:OK digitando 1

inserisci le sonde nel contenitore

ed inizia la misura scegliendo 2:START

ripeti la misura con gli altri liquidi

mentre avviene la misura il sistema mostra il grafico della temperatura delle tre sonde in tempo reale; al termine della misura il grafico viene riscaldato.

i dati di nostri interesse sono registrati nelle liste

- L1 tempo
- L2, L3, L4 temperatura

Per vedere il grafico che abbiamo ottenuto fai un click qui o vai al documento EXCEL.

Ripeti la misura utilizzando un asciugacapelli: osserva come varia la temperatura a diversi livelli del liquido riscaldando la bottiglia indirizzando il getto d'aria nella parte superiore o inferiore della bottiglia. Il setup è quasi uguale. Puoi seguire il fenomeno per 3 minuti acquisendo le temperature ogni 3 secondi (TIME BETWEEN SAMPLE = 3) per 60 volte (NUMBER OF SAMPLES = 30). Sul sito trovi i dati campione ed i relativi grafici per l'alcol.

DATI CAMPIONE

I dati raccolti sono stati ottenuti con

- Calcolatrice grafica TI84 Plus SI
- Interfaccia CBL2 (foto)
- Programma DATAMATE, disponibile sul sito (download)
- Tre sonde di temperatura
- Cavo di collegamento tra interfaccia e calcolatrice (foto)

Per i collegamenti col Personal Computer (opzionale)

- Cavo TI-GRAPH LINK TM (foto)
- software TI ConnectTM – descritto sul sito TI all'indirizzo
<http://education.ti.com/us/product/accessory/connectivity/features/software.html> and
download: <http://education.ti.com/us/product/accessory/connectivity/down/download.html>

I dati originali raccolti con la calcolatrice TI84-plus si trovano nelle liste

- L1 gli istanti di tempo, in secondi
- L2, L3, L4, le temperature in °C

I dati in formato EXCEL si trovano nei documenti acqua.xls; olio.xls; alcol.xls.

Attenzione: l'alcol è un liquido altamente infiammabile. Questa misura deve essere fatta in ambiente idoneo e privo di fiamme libere.

ANALISI ED ELABORAZIONE DATI CON LA CALCOLATRICE

Questo esperimento non richiede elaborazione dei dati sperimentali ma solo un confronto tra i grafici ottenuti.

ANALISI ED ELABORAZIONE DATI CON MS Excel™

La visualizzazione e l'analisi dei dati può essere fatta utilizzando programmi specifici di elaborazione dati ma anche con il foglio di calcolo MS Excel™.

Trasferimento dati al PC

Dopo che la misura è completata i dati sperimentali possono essere trasferiti dalla calcolatrice grafica al PC attraverso il cavo TI GRAPH LINK™ utilizzando il software TI Connect che permette di esplorare il contenuto della calcolatrice (TI DEVICE EXPLORER) e di editare i dati (TI DATA EDITOR).

I dati si trovano nelle liste della calcolatrice

- la lista L1 contiene i tempi
- le liste L2, L3, L4 le temperature

Le istruzioni passo-passo per effettuare il trasferimento dei dati dalla calcolatrice al PC sono disponibili nella finestra di aiuto.

All'interno del programma TI Connect™ - usando l'opzione TI DEVICE EXPLORER - si possono salvare le liste della calcolatrice sul PC.

Si può visualizzare e modificare il contenuto delle liste usando TI DATA EDITOR.

Da qui, coi comandi Copia ed Incolla si possono portare all'interno di un foglio MS Excel™. Per la versione italiana è necessario cambiare i punti con le virgole.

Il documento MS Excel™ con i dati campione è disponibile qui.