

IL LAGO GHIACCIATO

Cosa succede ai pesci che stanno in un lago quando fuori fa molto freddo ed il lago congela? Per cercare di rispondere a questa domanda abbiamo costruito e studiato un modello che riproduce il congelamento di un lago quando la temperatura esterna scende al di sotto dei 0°C , per capire ciò che accade in superficie e all'interno.

L'obiettivo è di studiare la dinamica del raffreddamento di una massa d'acqua quando questa viene raffreddata dalla superficie, introducendo il concetto di modello fisico e di simulazione in laboratorio.

BREVE DESCRIZIONE

Con questo esperimento potrai creare in laboratorio condizioni simili a quelle che si presentano in un lago quando la temperatura esterna scende al di sotto dei 0°C . Questo sistema è interessante per comprendere alcune importanti proprietà dell'acqua ed anche per lo studio di alcuni meccanismi biologici. Per costruire il modello fisico potrai usare materiali di facile reperibilità e basso costo. Per studiare la dinamica del fenomeno occorrono tre sonde di temperatura collegate ad un sistema di acquisizione dati.

PERSONAGGIO STORICO



Antoine – Laurent Lavoisier

Chimico, naturalista, agronomo, economista ed esattore delle imposte, Lavoisier delineò, una nuova rivoluzionaria immagine della chimica. Membro dell'Académie des Sciences, deputato della nobiltà di Blois nella regione di Orléans e, tra i suoi numerosi incarichi, commissario alle polveri da sparo, venne arrestato nel novembre 1793, come membro della "Ferme générale". L'8 maggio 1794 fu ghigliottinato. Dettò anche un contributo importante all'interpretazione del calore criticando la teoria del flogisto. Pubblicò, insieme a Laplace nel 1783 *Memoire sur la chaleur*.

ASPETTI TEORICI



1. La densità dell'acqua
2. Il meccanismo delle correnti convettive
3. La formazione del ghiaccio

La densità dell'acqua in funzione della temperatura.

La densità dei liquidi varia al variare della temperatura. Generalmente i liquidi tendono a dilatarsi quando la temperatura aumenta. Il principio di funzionamento dei termometri a bulbo si basa proprio su questo fenomeno.

A temperature superiori ai 4°C l'acqua ha un comportamento simile a quello della maggior parte dei liquidi. Gli strati più caldi sono meno densi e quindi tendono a portarsi in superficie. Questo fatto fa parte dell'esperienza comune: quando si nuota in mare a pelo d'acqua e in profondità ci si rende immediatamente conto che gli strati inferiori sono più freddi rispetto a quelli superficiali.

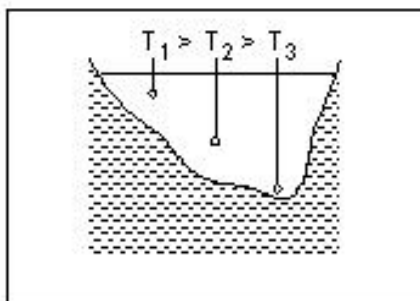


Figura 1: Andamento delle temperature all'interno di una massa d'acqua per temperature superiori ai 4°C.

Ma nell'intervallo tra 0°C e 4°C l'acqua ha un comportamento diverso dagli altri liquidi: il suo volume invece che aumentare diminuisce. Alla temperatura di 4°C si raggiunge la massima densità. L'acqua a questa temperatura tende a depositarsi sul fondo del recipiente che la contiene.

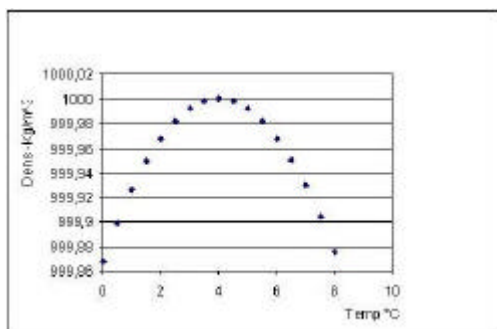


Figura 2: Andamento della densità dell'acqua in funzione della temperatura

Il meccanismo delle correnti convettive

Consideriamo il caso in cui, in inverno, l'ambiente esterno inizi a raffreddarsi. Cosa accade all'acqua del lago?

L'acqua del lago scambia calore con l'ambiente attraverso la sua superficie. La parte interna, infatti, si trova circondata dalla terra e dalle rocce che la isolano termicamente.

Sinché la temperatura resta al di sopra dei 4°C , se la temperatura dello strato superiore diminuisce, la sua densità aumenta; lo strato tende quindi ad affondare e far risalire in superficie acqua a temperatura più elevata che a sua volta, se viene raffreddata, tende a spostarsi verso il fondo. Attraverso questo meccanismo si creano le correnti convettive e l'acqua cede progressivamente calore all'ambiente esterno.

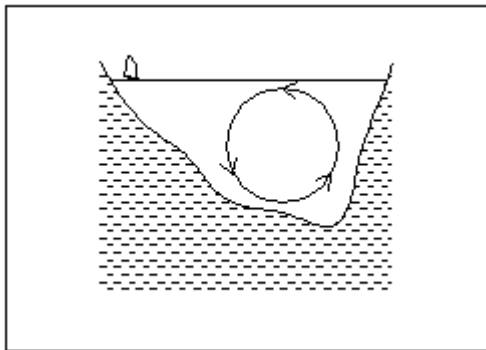


Figura 3: A temperature superiori ai 4°C tutta l'acqua è coinvolta nel fenomeno delle correnti convettive.

Quando la temperatura esterna diminuisce, il meccanismo delle correnti convettive coinvolge volumi di acqua sempre minori. Quando l'acqua raggiunge i 4°C la sua densità è massima ed essa tende a restare sul fondo e non partecipa più al fenomeno delle correnti convettive.

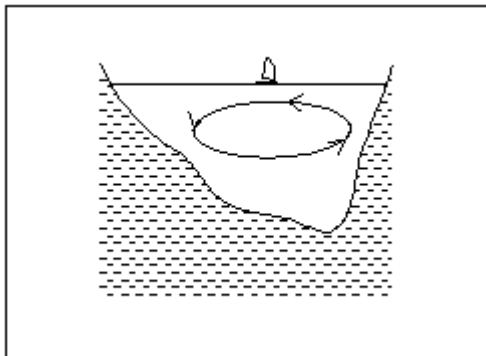


Figura 4: A temperature inferiori ai 4°C la massa d'acqua coinvolta nel fenomeno delle correnti convettive diminuisce.

La formazione del ghiaccio in superficie.

In questa situazione il meccanismo prevalente attraverso cui l'acqua del lago scambia calore con l'esterno è quello della conduzione. Gli strati superiori si raffreddano progressivamente. Se la temperatura esterna è abbastanza bassa (inferiore a 0°C) si forma il ghiaccio che tende a restare in superficie e rallenta ulteriormente gli scambi termici con l'esterno.

Questo meccanismo è molto importante per la vita sul Pianeta Terra; anche se la superficie è ghiacciata, in profondità l'acqua continua a trovarsi allo stato liquido e ciò rende possibile la vita di molti organismi.

ASPETTI SPERIMENTALI

Vogliamo ricostruire in laboratorio una situazione simile a quella che si crea in un lago quando la temperatura esterna si abbassa ed arriva sotto lo zero. E' un sistema che si raffredda scambiando calore solo attraverso la parte superficiale.

Il lago e' simulato dall'acqua contenuta in una provetta; la coibentazione intorno ad essa riproduce la terra e le rocce che circondano il lago; l'ambiente esterno a bassa temperatura viene realizzato con una miscela criogenica.

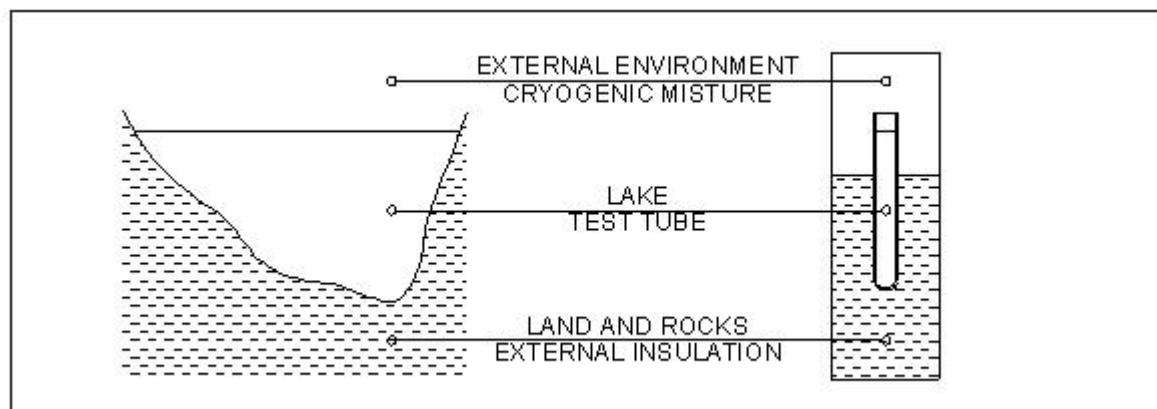


Figura 5: Corrispondenza tra il sistema fisico ed il modello costruito in laboratorio.

Con tre sonde si misurano le temperature del fondo del lago, della superficie del lago, dell'ambiente esterno.

I materiali necessari sono:

- una bottiglia di plastica;
- una provetta di opportuno diametro;
- alcuni elastici;
- un panno per coibentare;
- una pipetta o una siringa;
- un palloncino;
- una miscela di acqua e sale a bassa temperatura.

La strumentazione che abbiamo utilizzato è costituita da:

- tre sonde di temperatura morbide
- interfaccia CBL2
- calcolatrice grafica Ti84Plus
- cavo di collegamento standard
- programma di acquisizione dati DataMate, disponibile sul sito
- cavo GRAPH LINK ed il relativo software se si desidera trasferire i dati su PC (opzionale)

Puoi usare anche altre calcolatrici (per esempio TI83 Plus, TI83 Plus SE, TI89, TI92, TI92 Plus, TI Voyage 200), altri programmi (per esempio Physics o Chembio) o altri sistemi di acquisizione.

Note pratiche sull'allestimento e lo svolgimento dell'esperienza.

I materiali utilizzati non costituiscono fonte di pericolo per l'esecuzione in classe; l'esperienza richiede tuttavia una certa manualità ed una buona dose di pazienza.

Per preparare la miscela criogenica:

- si mescolano 500 g di sale da cucina con 750 cm³ di acqua, si forma così una miscela sovrassatura di acqua e sale, che congela a circa -20°;
- si lascia la miscela in freezer per una notte, si ottiene così un liquido che ha una temperatura ben al di sotto dei 0°C.

Durante l'esecuzione della misura, che dura circa un'ora e' necessario disporre sempre di una miscela a bassa temperatura; e' quindi opportuno svolgere l'esperimento in prossimità di un frigo con freezer o preparare più di una bottiglia da estrarre dal freezer in tempi successivi.

Per preparare il 'lago':

- tagliare in due una bottiglia di plastica, in modo da formare con la parte superiore una sorta di imbuto;
- inserire nel foro della bottiglia una provetta, scelta in modo che il suo diametro sia il più possibile simile a quello del foro;
- sistemare la provetta in modo che si trovi in parte all'interno dell'imbuto ed in parte all'esterno, come mostrato nella fotografia;
- l'imbuto così ricavato deve contenere la miscela criogenica; per assicurare la tenuta utilizzare degli elastici fissati a circa metà della provetta, come mostrato nella foto;
- riempire d'acqua la provetta;
- inserire le due sonde di temperatura tenute insieme con del nastro adesivo, in modo che una stia sul fondo e l'altra in prossimità del bordo superiore;
- chiudere l'imboccatura della provetta con un palloncino di gomma, bucato, in modo da far uscire i cavi dei sensori di temperatura, come mostrato nella foto;
- avvolgere la parte inferiore della provetta con un panno, in modo da diminuire gli scambi di calore con l'ambiente esterno;
- infilare l'imbuto con la provetta e le sonde nella parte inferiore della bottiglia di plastica, che viene così utilizzata come sostegno del sistema.

Solo quando tutto è pronto estrai dal freezer la miscela criogenica. Riempi l'imbuto facendo attenzione a non 'inquinare il lago' con l'acqua salata. Il palloncino ha proprio la funzione di evitare che ciò accada. Fai attenzione che la temperatura della miscela non superi i -8 /-10°C durante tutta la misura. Controlla la temperatura ed appena ti accorgi che sta salendo aspira il liquido con una pipetta o una siringa ed aggiungi nuova miscela criogenica fredda. La temperatura della miscela criogenica è molto bassa e se utilizzi il programma DATAMATE non sarà visualizzata sul grafico perché è fuori scala.

Sullo schermo però appaiono i valori delle temperature delle sonde collegate ai canali 1 e 2.

Collega al canale 1 la sonda che sarà immersa nella miscela criogenica in modo da poter controllare la sua temperatura, ed al canale 2 la sonda che si trova nella parte superiore della provetta in modo da poter vedere quando la temperatura scende al di sotto dei zero gradi.

La misura che abbiamo fatto è durata in tutto 60 minuti. Abbiamo acquisito le temperature ogni 30 secondi per 120 volte. A seconda delle condizioni ambientali (la temperatura della stanza nella quale si lavora) può essere sufficiente anche un tempo di acquisizione inferiore.

Se non sai come fare per eseguire l'acquisizione dati segui la guida passo-passo.

Come è venuto il tuo grafico?

Se vuoi confrontalo col nostro; (vai in fondo ai suggerimenti per l'insegnante) se non hai la possibilità di fare l'esperimento puoi utilizzare i nostri dati presenti sul sito in formato calcolatrice ed Excel. (data sample).

Discuti con i compagni e con l'insegnante sul significato di questa esperienza e verbalizza le conclusioni.

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

Quando la misura è finita, dopo aver registrato i dati, se vuoi puoi anchefar tornare la primevera!

Ripeti l'acquisizione facendo tornare il sistema a temperatura ambiente.

GUIDA PASSO-PASSO ACQUISIZIONE DATI CON TI84 E DATAMATE

Vogliamo seguire l'andamento della temperatura della superficie e del fondo del nostro 'lago' per un'ora. La terza sonda ci serve per controllare la temperatura della miscela criogenica (che simula l'ambiente esterno).

Prima di iniziare la raccolta dati assicurati di avere a portata di mano la miscela criogenica e che le sonde siano sistemate una sul fondo ed una alla superficie della provetta e che siano fissate.

Controlla anche che il palloncino sia posizionato correttamente.

Devi assicurarti che durante la misura la temperatura della miscela resti sempre intorno ai -10°C .

Dal momento che la temperatura ambiente è molto maggiore nella stanza in cui lavori devi rimettere la bottiglia in freezer e tirarla fuori solo quando ti serve; se non hai un freezer nelle vicinanze prepara più bottiglie di miscela.

Per una corretta visualizzazione dei dati durante la misura, la sonda che si trova sul fondo della provetta va collegata al canale n°3, quella che serve per controllare la temperatura della miscela nel canale n°1, quella sulla superficie della provetta al canale n°2

Acquisizione dati (TI84)

- Connetti tutti i cavi la calcoltrice all'interfaccia con il cavo nero
- le tre sonde ai tre ingressi CH1, CH2, CH3
- Sistema il lago e le sonde, come spiegato nella pagina predisposizione dell'esperimento (setup)
- Premi ENTER per avviare il programma DataMate
- Il programma riconosce automaticamente le sonde e mostra i valori delle tre temperature.
- 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 per regolare la frequenza ed il numero dei campionamenti
- dal MENU' SELECT MODE scegli 2:TIMEGRAPH
- scegli 2:CHANGE TIME SETTINGS
- Per una raccolta dati di un'ora scegli 30 secondi come intervallo di campionamento (TIME BETWEEN SAMPLE = 30) e 120 come numero di campionamenti.
- per confermare scegli 1:OK digitando 1
- Per iniziare la misura scegli 2:START

DataMate mostra i dati acquisiti dalle tre sonde in tempo reale, con un grafico Temperatura - Tempo. La scala della temperatura va da 0°C a 100°C e non può essere regolata. Mentre la misura procede perciò non sarà possibile vedere sul grafico temperature inferiori ai 0°C . Durante l'acquisizione però compaiono sul display i valori misurati dalla sonde collegate ai canali 1 e 2. Questo consente di controllare sia la temperatura della miscela criogenica che la temperatura sulla superficie del 'lago'.

Prima di avviare la misura versa la miscela criogenica, che ha una temperatura di circa -10°C all'interno dell'imbuto. Quando ti accorgi che la temperatura della miscela sale devi sostituirla; puoi utilizzare una pipetta per aspirare parte del liquido e sostituirlo via via con altro a temperatura inferiore.

Trovi i dati della nostra misura nella pagina Datasample sul sito.

DATI CAMPIONE

I dati raccolti sono stati ottenuti con

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

Per i collegamenti col Personal Computer

- 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 calcoltrice 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 nel documento dati.xls

ANALISI ED ELABORAZIONE DATI CON LA CALCOLATRICE

Questo esperimento non richiede elaborazione dei dati sperimentali ma solo un'analisi del grafico ottenuto. Discuti col gruppo di compagni e con l'insegnante; individua sul grafico le tre curve: quella della miscela criogenica, della sonda alla superficie e di quella sul fondo. Cosa osservi?

ANALISI ED ELABORAZIONE DATI CON MS Excel™

Questo esperimento non richiede l'analisi dei dati, ma solo la lettura e l'interpretazione dei grafici sperimentali. 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 esporre 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.