

## Caldo e freddo, con senso e con misura

*di M. Rafanelli*

Nucleo Tematico

**L'ENERGIA E LE SUE TRASFORMAZIONI**

Referente scientifico

**Riccardo Govoni**

Ordine di scuola

**Scuola Secondaria di Primo Grado**

Livello scolastico

La flessibilità delle attività proposte permette al docente di adattare il percorso a tutte le tre classi.

Tempo medio per svolgere il percorso

**12 ore**

## Indice

Scheda generale .....	3
Introduzione al percorso .....	6
Attività 1 – Perché in certi casi si distingue tra temperatura misurata e temperatura percepita? .....	8
Attività 2 – Che cosa misura realmente un termometro? .....	15
Attività 3 - Cosa succede alla mia bevanda calda se tardo a berla? .....	23
Attività 4 - Se devo bere rapidamente una bevanda troppo calda, cosa posso fare per raffreddarla? .....	33
Indicazioni metodologiche .....	42
Spunti per un approfondimento disciplinare .....	43
Spunti per un altre attività con gli studenti .....	43
Bibliografia .....	43
Sitografia .....	44

## Scheda generale

### Riferimenti alle Indicazioni per il curricolo

"Acquisizione di linguaggi e strumenti appropriati [...] per descrivere, argomentare, organizzare, rendere operanti conoscenze e competenze."

"Costante riferimento ai fenomeni, sia dell'esperienza quotidiana sia scelti come casi emblematici."

"L'alunno ha padronanza di tecniche di sperimentazione, di raccolta e di analisi dati [...] Sviluppa semplici schematizzazioni, modellizzazioni, formalizzazioni logiche e matematiche dei fatti e fenomeni, applicandoli anche ad aspetti della vita quotidiana [...] comprende il carattere finito delle risorse, [...] e adotta atteggiamenti responsabili verso i modi di vita e l'uso delle risorse."

"Affrontare concetti fisici quali: [...] energia, temperatura e calore, effettuando esperimenti e comparazioni, raccogliendo e correlando dati con strumenti di misura e costruendo reti e modelli concettuali e rappresentazioni formali di tipo diverso (fino a quelle geometriche-algebriche)."

### Organizzatori concettuali

- Distinzione tra stati (come le cose sono) e trasformazioni (come le cose cambiano).
- Proprietà (e grandezze) variabili e invarianti.
- Riconoscere i sistemi in gioco e le loro caratteristiche.
- Riconoscere le interazioni, le relazioni e correlazioni tra sistemi e tra parti di un sistema.
- Utilizzare i modelli come strumento concettuale per la ricerca di spiegazioni.

### Prerequisiti dello studente

- Unità di misura di massa e tempo
- Elaborazione elementare di semplici formule (cioè le proprietà delle 4 operazioni)
- Conoscenze di base dei grafici cartesiani (variabili dipendenti e indipendenti sugli assi, cambiamenti di scala, ecc.)

#### **Obiettivi (lato docente)**

- Riconoscere e applicare con sicura padronanza il Principio Zero della Termodinamica (raggiungimento dell'equilibrio termico).
- Distinguere e utilizzare le grandezze fisiche essenziali della termologia (temperatura, calore), quelle relative alle caratteristiche di un corpo (caratteristiche geometriche, massa, capacità termica) o di un materiale (calore specifico, calori latenti, coefficiente di conduzione del calore).
- Sapere collegare (e all'occorrenza ricavare) le unità di misura delle grandezze fisiche con le formule matematiche che esprimono le relazioni tra le grandezze stesse.
- Scegliere e utilizzare gli strumenti di misura appropriati e valutarne precisione e sensibilità.

#### **Obiettivi (lato studente)**

- Riconoscere nell'esperienza quotidiana (le sensazioni, i consumi, le risorse e l'ambiente) la relazione con i contenuti appresi nel percorso.
- Inquadrare gradualmente (significato, relazioni, unità di misura) concetti e grandezze fisiche essenziali per individuare lo stato e le trasformazioni dei corpi e dei sistemi: calore, temperatura, capacità termica, calore specifico, calore latente nei cambiamenti di stato.
- Usare materiali (isolanti, conduttori del calore, ecc.), attrezzature (sorgenti di calore, contenitori isolati e non), strumenti di misura (termometri, orologi, eventualmente multimetri e strumenti online).
- Individuare e usare gli strumenti matematici concettuali (relazioni di proporzionalità dirette e inverse, relazioni lineari, semplici grafici), calcolatrici e computer per raccogliere, elaborare, visualizzare i risultati delle misure e per la formalizzazione essenziale dei contenuti.

#### **Competenze (lato docente)**

- Essere disponibili ad apprendere l'uso di nuove strumentazioni o di nuovi programmi informatici.
- Acquistare sicurezza nell'affrontare attività di laboratorio semplici e significative.
- Dedicare tempi ampi alla discussione, al dialogo, al confronto, alla riflessione su quello che si fa.
- Riconoscere nel proprio "armamentario" didattico quello che può utilmente essere filtrato ad uso degli studenti e quanto invece è da rimandare a livelli di studio successivi, in quanto non rientra nelle esperienze quotidiane né è importante per la convivenza.
- Individuare nell'insegnamento scientifico in generale e nel percorso in particolare le opportunità di applicare o introdurre gli strumenti matematici adatti e adeguati al livello di preparazione degli studenti.
- Distinguere attentamente i fenomeni dai modelli, proponendo i secondi solo quando se ne presenta la necessità e dopo le opportune osservazioni, analisi e ricerca di regolarità nei primi.

#### **Competenze (lato studente)**

- Fare predizioni appropriate e giustificarle.
- Offrire ipotesi esplicative per fenomeni non studiati.
- Organizzare correttamente le osservazioni e pianificare semplici attività di investigazione.
- Raccogliere dati in contesti diversi, sia in situazioni controllate (laboratorio), sia sul campo, utilizzando diversi tipi di strumenti.
- Descrivere e utilizzare strumenti e metodi usati dalla scienza per garantire l'affidabilità dei dati (controllo delle variabili, gruppi di controllo, ripetizione delle misure, ecc.).
- Analizzare e interpretare i dati raccolti per trarne conclusioni appropriate.

#### **Concetti chiave**

- Temperatura e calore.
- Passaggi di stato.
- Equilibri e cambiamenti.
- Energia e sue trasformazioni.

## Introduzione al percorso

Le osservazioni e le misure sul mondo che ci circonda portano alla constatazione che, in assenza di interventi esterni, tutti gli oggetti presenti in un dato ambiente tendono a raggiungere la stessa temperatura dell'ambiente stesso.

Da sempre l'umanità, per mantenere e migliorare le proprie condizioni di vita, deve industriarsi per contrastare questa tendenza, aumentando o diminuendo la temperatura in spazi delimitati e conservandola finché è necessario.

Questo naturalmente ha un costo, in termini di sforzi e di risorse consumate, perciò è necessario imparare a distinguere tra necessità ragionevoli e sprechi inutili, individuando i modi migliori per soddisfare le prime ed eliminare i secondi.

L'obiettivo del percorso è quello di far acquisire i concetti classici della terminologia e di allacciarli al tema centrale dell'energia attraverso questioni concrete, vicine all'esperienza quotidiana dei ragazzi e con un collegamento il più possibile immediato ed evidente al problema del risparmio energetico.

## Descrizione del percorso

Il percorso complessivo è articolato in brevi percorsi monotematici. Ognuno di questi parte da una domanda, alla quale si cerca di trovare risposta attraverso alcune "postazioni" sperimentali, che piccoli gruppi di alunni possono eseguire parallelamente, alternandosi in modo da completare ogni step in tempi brevi.

*Quanto si discostano le nostre sensazioni di caldo e di freddo dalle temperature misurate?* 3 postazioni. Confronto tra sensazioni e misure di temperatura con un termometro qualunque, visto per ora non come strumento di laboratorio, ma come oggetto di uso comune (**ATTIVITÀ 1 - Perché in certi casi si distingue tra temperatura misurata e temperatura percepita?**).

*Quali caratteristiche deve avere un buon termometro?* Più postazioni. Primi passi verso l'equilibrio termico: le ragioni per cui un termometro non raggiunge mai istantaneamente la misura che deve misurare. Temperatura da misurare e temperatura del termometro (**ATTIVITÀ 2 - Che cosa misura realmente un termometro?**).

*Perché si usano termos o copriteiere?* 3 postazioni. L'andamento del raffreddamento nel tempo e i fattori che lo influenzano (**ATTIVITÀ 3 - Cosa succede alla mia bevanda calda se tardo a berla?**).

*Meglio inserirci un liquido o un cucchiaino freddi?* 3 postazioni. L'equilibrio termico nel mescolamento di fluidi o nel contatto tra fluido, recipiente, ambiente esterno, oggetti immersi nei fluidi. Individuazione delle variabili significative e delle grandezze fisiche che si devono introdurre per formulare un modello matematico che si accordi con i fenomeni osservati. Calore, calore specifico, capacità termica (**ATTIVITÀ 4 - Se devo bere rapidamente una bevanda troppo calda, cosa posso fare per raffreddarla?**).

## **Attività 1 – Perché in certi casi si distingue tra temperatura misurata e temperatura percepita?**

**Tempo medio per svolgere l'attività in classe: 1 ora**

### **Introduzione all'attività**

L'attività è introduttiva e sfiora fenomeni e concetti su cui a questo stadio non è il caso di soffermarsi, perché saranno trattati ampiamente in seguito (la conduzione, l'equilibrio termico e il raffreddamento per evaporazione) o potranno essere approfonditi in altri percorsi (vedi percorso "Io e gli altri: mi osservo, mi confronto, sento caldo, sento freddo").

In questa fase il termometro viene considerato come strumento di uso comune, di cui gli studenti hanno esperienza da sempre, che serve a quantificare in modo attendibile, ripetibile e confrontabile le sensazioni di caldo e di freddo. Si parla di temperatura e della relativa unità di misura, limitandosi al senso che a queste parole attribuiamo quotidianamente quando parliamo della situazione meteorologica o di "misurare la febbre".

Si sottolinea la necessità di associare al valore della grandezza misurata l'unità di misura e l'incertezza, in questo come in tutti i casi in cui si effettua una misura, per renderla interpretabile da tutti, ma si rimanda esplicitamente alle attività successive qualunque tentativo di "definizione" di temperatura, come anche le spiegazioni sul funzionamento del termometro e sulle scale termometriche.

L'attività si articola in 3 postazioni che possono essere approntate in un laboratorio o in un'aula qualunque, sufficientemente spaziosa. Di ogni postazione possono essere preparate più versioni, secondo il numero degli alunni, in modo che ad ogni postazione lavorino gruppi di 3 alunni al massimo.



## Descrizione dell'attività

### POSTAZIONE 1

#### Materiali

3 bacinelle disposte in fila, ai lati una con acqua calda e una con acqua raffreddata con ghiaccio, al centro acqua a temperatura ambiente

#### Scheda per alunni

Metti contemporaneamente una mano nella bacinella di destra e l'altra in quella di sinistra.

Conta fino a 10, poi sposta tutte e due le mani nella bacinella al centro.

Descrivi le tue sensazioni e prova a darne una spiegazione.

[Scheda completa \(allegato scheda\\_postazione\\_1\\_1\)](#)

#### Per l'insegnante

L'esperienza è ben nota. Malgrado l'evidenza, nella fase finale, con le due mani nella medesima bacinella, si percepiscono effetti diversi: per la mano che è stata nell'acqua fredda l'acqua è sensibilmente più calda rispetto a quello che avverte l'altra mano, che precedentemente si trovava nell'acqua calda.

In questo caso naturalmente non ha senso usare il termometro, ma si inviteranno i ragazzi a formulare una spiegazione, anche riflettendo su altri casi di esperienza quotidiana in cui ci si accorge che il nostro sistema nervoso, non solo ci trasmette delle sensazioni, ma le elabora confrontandole con sensazioni precedenti o comunque vicine.

Ad esempio, le sensazioni di luce o di oscurità nel passare tra ambienti più o meno fortemente illuminati, le sensazioni di rumore e silenzio, le illusioni ottiche dovute alla persistenza delle immagini (descritte anche nel percorso Osservare per apprendere, apprendere per osservare: la percezione visiva) o alla vicinanza tra oggetti (ad esempio la luna piena che sembra grandissima quando spunta tra i tetti e sembra rimpicciolire via via che sale nel cielo).

#### Domanda

*Perché le mamme, per regolarsi sulla temperatura più opportuna per l'acqua del bagnetto di un neonato, vi immergono un gomito e non la mano, e per la temperatura del latte del biberon, se ne versano una goccia sull'avambraccio?*

## POSTAZIONE 2

### Materiali

- Oggetti di vari materiali: polistirolo, vetro, plastica, metallo.
- Un termometro preferibilmente digitale, adatto a rilevare le temperature superficiali (negli esempi riportati useremo il sensore di temperatura in dotazione con un multimetro digitale).

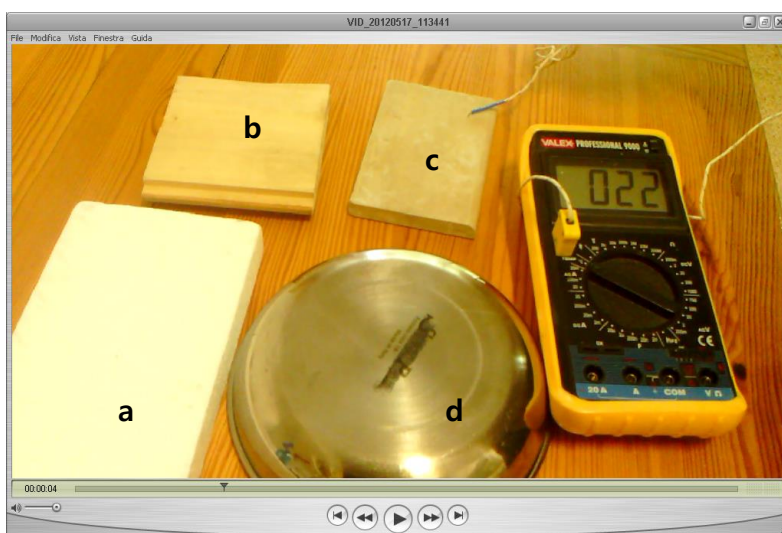
### Scheda per alunni

Tocca uno dopo l'altro i vari oggetti, appoggiando brevemente la mano su ogni oggetto. Ripeti più volte, fino a quando non ti sarai fatto un'idea abbastanza sicura su eventuali differenze di temperatura tra i vari oggetti. Elenca gli oggetti per temperatura crescente, secondo le tue sensazioni. Considerando che la temperatura ambiente è circa 20 ° C e la tua temperatura corporea è circa 37 °C, prova a stimare la temperatura di ogni oggetto. Usa uno dei termometri digitali disponibili per misurare la temperatura dei vari oggetti e registrala nella tabella. Valuta la sensibilità dello strumento (quali variazioni sono da considerare apprezzabili, cioè non casuali?  $\pm 1^\circ\text{C}$  oppure  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  o  $\pm \dots$ ? Cerchia o riporta il valore che ritieni più opportuno).

[Scheda completa \(allegato scheda\\_postazione\\_1\\_2\)](#)

### Per l'insegnante

È opportuno fornire avvertenze sull'uso del termometro, per evitare di falsare la misura per cattivo contatto o per contatto indesiderato.



a = polistirolo.

b = legno.

c = marmo.

d = metallo.

Quello che segue è un quesito tratto da "Pisa 2006", dal titolo "Lavorare sotto il sole".

### **Quesito tratto da Pisa 2006**

Pietro sta facendo lavori di riparazione a una vecchia casa. Egli ha lasciato una bottiglia d'acqua, alcuni chiodi di metallo e un'asse di legno dentro il bagagliaio della sua auto.

Dopo che l'auto è rimasta sotto il sole per tre ore, la temperatura interna dell'auto raggiunge circa i 40°C.

Che cosa succede agli oggetti nell'auto? Fai un cerchio intorno a "Sì" o a "No" per ciascuna delle affermazioni proposte.

- Tutti gli oggetti hanno la stessa temperatura. Sì / No.
- Dopo un po' di tempo l'acqua comincia a bollire. Sì / No.
- Dopo un po' di tempo i chiodi di metallo cominciano a diventare incandescenti. Sì / No.
- La temperatura dei chiodi di metallo è più alta di quella dell'acqua. Sì / No.

Non molti degli studenti italiani che dovevano rispondere a queste domande si rifecero all'idea di base che tutti gli oggetti, lasciati per un certo tempo in un ambiente a temperatura costante, se non hanno una propria fonte di calore, si portano a questa stessa temperatura.

In realtà spesso si parla di oggetti caldi o freddi come se la loro temperatura dipendesse più da una proprietà naturale dei materiali di cui sono fatti che non dall'ambiente in cui si trovano (ad esempio, diciamo che la lana è calda e il cotone e il lino sono freschi, che i pavimenti di marmo o di piastrelle sono freddi, mentre quelli di legno o di linoleum sono caldi, che gli infissi in metallo sono freddi e quelli in legno o plastica sono caldi, e così via).

Con l'esperienza proposta cerchiamo di chiarire che cosa sentiamo realmente quando veniamo a contatto con questi materiali.

I quattro materiali usati in questa esperienza sono solo un campionario significativo. I ragazzi invitati a esprimere un parere sulle temperature degli oggetti toccati, attribuiranno loro valori diversi, mentre la misura effettuata con il termometro (nella versione definitiva verrà inserito un filmato) dà per tutti i materiali dei valori praticamente uguali.

### **Video: Temperatura dei vari materiali**

(<https://www.youtube.com/watch?v=Zn9BwE38Yfk>)

Per dissipare qualunque idea sul cattivo funzionamento dello strumento (per esempio per mancanza di un contatto efficace) vale la pena scaldare uno degli oggetti e verificare che il termometro, appena messo in contatto, registri rapidamente l'aumento della temperatura. La padella in metallo è la più facile da scaldare (basta metterla su una fonte di calore qualsiasi, anche una fiamma, purché sia accessibile solo all'insegnante) e da raffreddare (riempiendola d'acqua).

**Video: Verifica metallo caldo**

(<https://www.youtube.com/watch?v=jo1m-oZW6WA>)

Si possono incoraggiare i ragazzi a fornire una spiegazione del perché della differenza tra temperatura avvertita e temperatura misurata, rimandando un'indagine più approfondita al futuro.

È comunque opportuno, per chiarire subito che non si tratta dello stesso fenomeno visto nella postazione precedente, provare a domandare che cosa misura realmente il termometro.

Se si pone il termometro su una delle superfici (ad esempio quella di metallo) e poi si appoggia sopra la mano, si osserva che la temperatura misurata cresce visibilmente. Dal filmato si vede che la temperatura segnata dal termometro cresce quando si appoggia la mano.

**Video: Contatto metallo-mano**

(<https://www.youtube.com/watch?v=pPc-1kuCslo&feature=youtu.be>)

Ci si può domandare se il termometro, a contatto sia con la mano che con il fondo della padella, finisca con il segnare la temperatura maggiore tra i due o una temperatura intermedia. Se però si toglie la mano si verifica che la temperatura segnata diminuisce lentamente (più lentamente di quando il termometro è in aria), cosa che non avverrebbe se la padella fosse rimasta fredda. Perciò quello che avverte la nostra mano, passati i primi istanti dal contatto, non è la temperatura dell'oggetto con cui viene a contatto, ma la temperatura che l'oggetto raggiunge portandosi all'equilibrio termico con la mano. È la maggiore o minore velocità con cui questo equilibrio viene raggiunto che ci fa avvertire i corpi come più caldi o più freddi. Una

discussione più approfondita è da rimandare a quando si parlerà di materiali isolanti o conduttori.

### **Domanda**

*Perché per sentire se un bambino (ma anche un adulto) ha la febbre e non è semplicemente accaldato si appoggia la propria guancia (o le labbra) alla fronte e si aspetta qualche secondo?*

## **POSTAZIONE 3**

### **Materiali**

- Un termometro digitale
- Un sostegno
- Un ventilatore o un phon
- Eventualmente acqua e/o alcool denaturato per inumidire

### **Scheda per alunni**

Mettiti davanti al ventilatore spento, poi chiedi al/la compagno/a di far partire il ventilatore. Annota eventuali variazioni nella temperatura avvertita. Metti il termometro digitale davanti al ventilatore spento e annota la temperatura.

[Scheda completa \(allegato scheda\\_postazione1\\_3\)](#)

### **Per l'insegnante**

Per quest'attività si può continuare a usare la funzione termometro del multimetro, come nell'esperienza precedente, ma si è preferito riportare una misura fatta con un termometro digitale da alimentari. Si trova nei negozi specializzati o su Internet per una cifra compresa tra 10 e 20 Euro.

Ha una sensibilità di 0,1 ° C e misura temperature da -50 °C a +150° C.

È utile per fare notare come si altera facilmente il risultato di una misura: basta respirare vicino allo stelo del termometro o afferrarlo direttamente con le mani, anche dalla testa di plastica.

Per poterlo muovere e tenere senza problemi si è realizzato un rudimentale sostegno con una bottiglia piena d'acqua, scotch e tre mollette da bucato, ma naturalmente va bene qualunque sostegno da laboratorio.

Si ruota il dispositivo e si mette in azione il ventilatore: si osserva, che malgrado la sensazione di fresco avvertita dalla nostra pelle il termometro continua a misurare la medesima temperatura.

**Video: Sensore asciutto**

(<https://www.youtube.com/watch?v=e7tLRcCWywk>)

Si incoraggiano i ragazzi ad avanzare ipotesi.

Se si vuole anticipare una possibile spiegazione, senza rimandare tutto al futuro, si può inumidire l'asta metallica con un tovagliolino bagnato, lasciandola davanti al ventilatore acceso.

**Video: Sensore bagnato**

(<https://www.youtube.com/watch?v=0ZNts6CR9xM>)

Se si ripete l'esperienza con alcool si vedrà che la diminuzione di temperatura è ancora più netta. Questo effetto può essere utilmente richiamato quando si tratterà di avviare al modello cinetico-molecolare della materia.

**Domanda**

*Perché un tempo i contadini al Sud, per mangiare un cocomero (o anguria) fresco, in mancanza di altri mezzi di refrigerazione, lo spaccavano in due e lo mettevano per breve tempo al sole?*

## Attività 2 – Che cosa misura realmente un termometro?

**Tempo medio per svolgere l'attività in classe: 1 ora**

### Introduzione all'attività

Nell'attività precedente si è verificato che oggetti "passivi" (cioè che non dispongono di una fonte di calore o di un sistema di raffreddamento propri) di materiali diversi, presenti per un certo periodo di tempo in un medesimo ambiente, si trovano tutti alla stessa temperatura dell'ambiente, anche se talvolta, interpretando affrettatamente i messaggi che ci provengono dai nostri sensi, tenderemmo a dire il contrario.

Si sono utilizzate informazioni oggettive fornite da termometri, ma prima di procedere dobbiamo riflettere sul loro funzionamento e sui loro limiti. Nel far questo, compiremo un ulteriore passo avanti nella consapevolezza dell'evolversi verso l'equilibrio termico in tutti i fenomeni in cui si ha contatto tra corpi a diversa temperatura.

Escludendo i termometri ottici, si riflette sul perché un termometro impiega sempre un tempo più o meno lungo prima di dare la temperatura dell'oggetto con cui viene a contatto. Ci si domanda a cosa serve il tempo di attesa nei termometri di uso comune, senza addentrarci nei dettagli costruttivi che rendono profondamente diversi quelli tradizionali, a dilatazione di liquido o gas, da quelli digitali.

L'obiettivo è capire che in realtà la temperatura che si misura è quella del termometro, perciò bisogna aspettare che il termometro raggiunga l'equilibrio termico con l'ambiente o l'oggetto di cui deve misurare la temperatura. Da qui deriva, per esempio la necessità che la parte sensibile del termometro non sia così grande da alterare sensibilmente la temperatura da misurare e quella che ci sia un buon contatto termico tra strumento e oggetto della misura.

## Descrizione dell'attività

### Materiali

- 1 termometro digitale A (vedi Attività 1) con sonda metallica
- 1 termometro digitale B (vedi Attività 1) con sonda piccola flessibile ( come quello associato al multimetro)
- Eventualmente termometri a liquido
- Un contenitore con acqua calda
- Un contasecondi o un cellulare fatto funzionare come cronometro
- Una molletta da bucato che permetta di maneggiare i termometri senza toccarli direttamente

### Scheda per alunni

Inserisci uno dei termometri a disposizione nel recipiente con acqua calda mentre contemporaneamente un compagno fa partire il contasecondi. Quando il termometro sembra essersi stabilizzato, dai un segnale al compagno in modo che arresti il contasecondi. Se non sei sicuro/a di aver eseguito correttamente la prova e devi ripeterla, estrai il termometro e muovilo brevemente in aria finché non ritorna a temperatura ambiente. Se il termometro è bagnato, scenderà un po' sotto la temperatura ambiente, perciò devi asciugarlo e aspettare ancora un po'. Registra il tempo che leggi sul contasecondi. Stima l'incertezza di questo valore (il contasecondi poteva essere arrestato prima dell'istante registrato? Oppure hai aspettato troppo e la temperatura stava già cominciando a diminuire?). Ripeti, eventualmente, con altri termometri a disposizione o preparati ad esporre e confrontare i tuoi risultati con quelli trovati in altri gruppi.

[Scheda completa \(allegato scheda\\_postazione2\\_1\)](#)

### Per l'insegnante

Se non disponi degli strumenti indicati vedi "Laboratorio da seduti", Attività 2: *Scheda per l'alunno – Tempo di attesa di un termometro.*

L'esperienza è breve e istruttiva e vale la pena farla fare a piccoli gruppi se si dispone di un numero sufficiente di strumenti.

I risultati che si ottengono sono tanto più significativi quanto più elevato è il dislivello tra la temperatura da misurare e la temperatura ambiente. Non è però consigliabile far lavorare i ragazzi con liquidi bollenti, perciò è bene non superare i 50 gradi.

Se non si dispone di molti termometri, i gruppi possono fare le loro osservazioni con un termometro per volta e poi scambiarlo con i compagni. Se si hanno parecchi termometri di tipi diversi si può farne usare uno per ogni gruppo e poi far riferire brevemente sui risultati ottenuti.



Con ogni tipo di termometro si osserva che la temperatura non raggiunge istantaneamente un valore stazionario, come del resto è esperienza comune: quando si misura la temperatura corporea, sui termometri a mercurio ancora presenti tra il materiale sanitario domestico, c'è scritto di aspettare 5 minuti prima di leggere la temperatura, con quelli più moderni a lettura digitale si deve aspettare un segnale sonoro che avverte che è stato raggiunto il valore di equilibrio della temperatura.

E in realtà si tratta di una situazione di equilibrio, precisamente tra le temperature dei corpi a contatto, quella del corpo oggetto della misura e quella del termometro. Sulla velocità con cui si raggiunge l'equilibrio influiscono diversi fattori, alcuni sicuramente troppo complicati perché si possano studiare. Ce ne sono però alcuni che i ragazzi possono individuare con facilità.

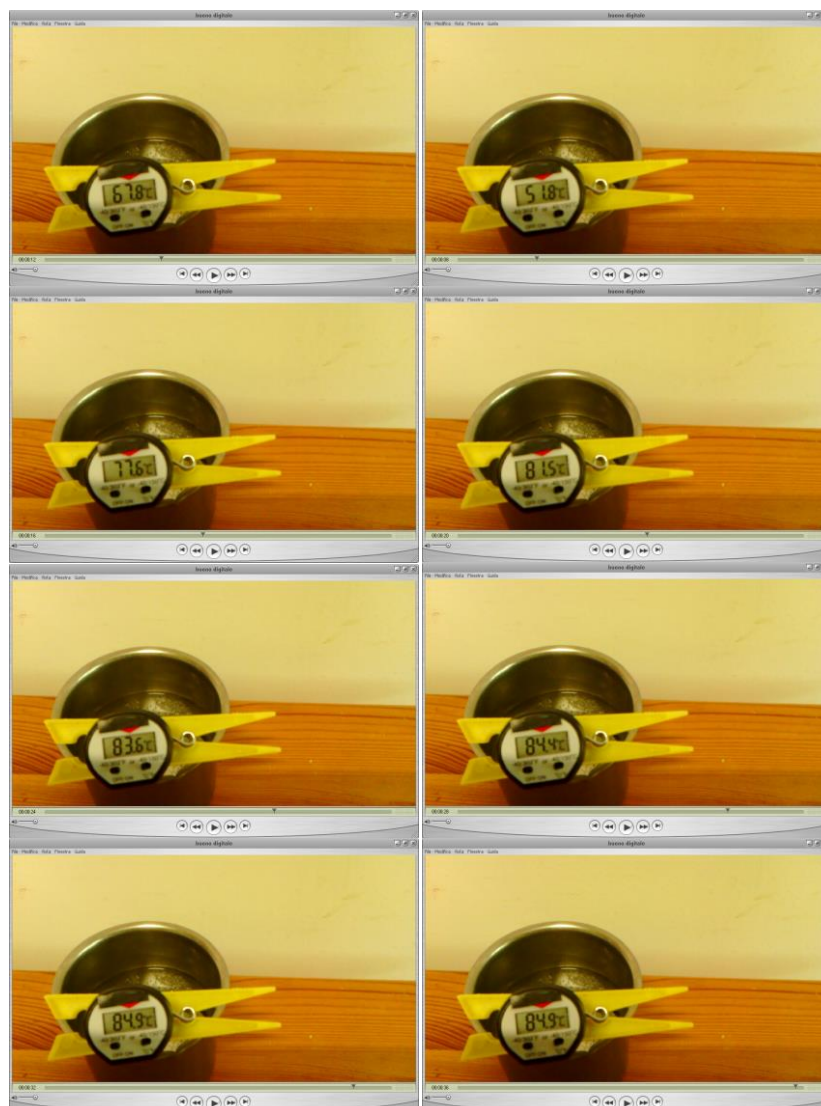
Osserviamo il breve video registrato mentre si immerge il termometro A in un pentolino con acqua molto calda.

**Video: Termometro digitale 2**

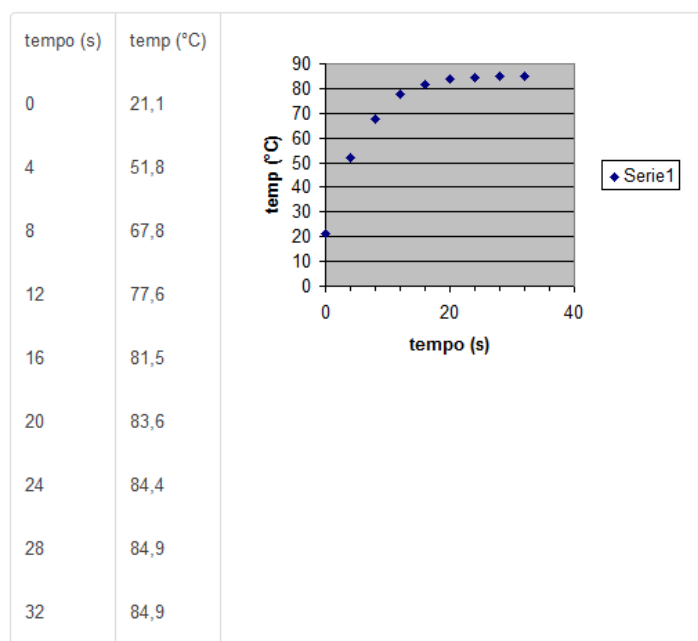
(<https://www.youtube.com/watch?v=r6Y1mnxw-7s>)

**Fotogrammi separati da intervalli di tempo di 4 secondi**

Nel secondo fotogramma il termometro è stato appena immerso. Considereremo questo come l'istante iniziale della tabella e useremo questo e i fotogrammi successivi per registrare una tabella di valori tempo/temperatura e riportarli su un grafico.



La tabella e il grafico, ottenuti con Excel danno un'idea dell'evoluzione della temperatura segnata dal termometro.

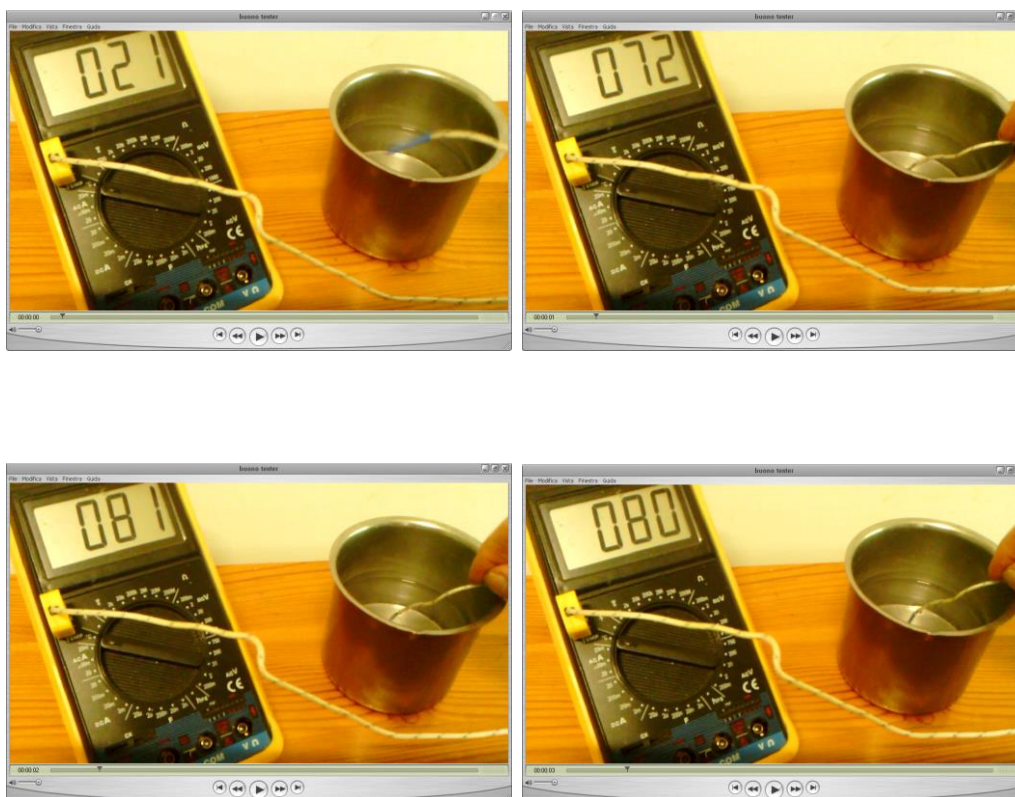


Ci si può chiedere se quello che sta cambiando è la temperatura dell'acqua. Naturalmente non è possibile che inserire il termometro freddo nell'acqua calda produca un aumento di temperatura. La conclusione è che il termometro registra la propria temperatura e che questa impiega un certo tempo a raggiungere il valore che ci interessa misurare, cioè la temperatura dell'acqua. Ripetiamo l'esperienza con il termometro del multimetro.

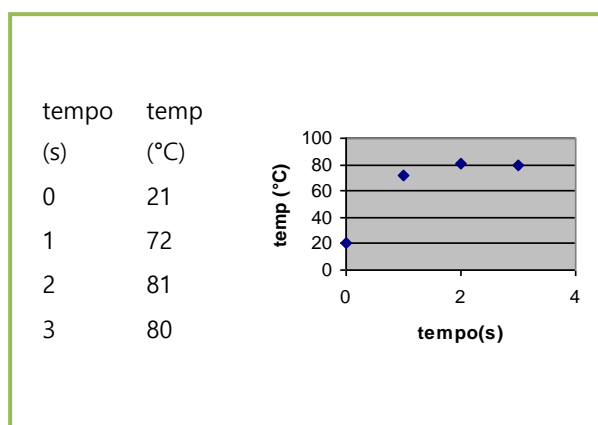
#### Video: Termometro digitale 1

(<https://www.youtube.com/watch?v=xlDM23Gn2IM>)

Si osserva subito che qui i tempi sono molto più brevi. Tra un fotogramma e l'altro stavolta passa solo 1 secondo.



Dal confronto tra le due situazioni emerge l'importanza delle dimensioni del sensore di temperatura: quanto più questo è piccolo, tanto più rapidamente raggiungerà l'equilibrio termico.



Sul maggiore o minore ritardo nel raggiungimento dell'equilibrio influisce sicuramente anche il tipo di fenomeno fisico che sta alla base del funzionamento del

termometro : non è difficile parlarne se si tratta di termometri a fluido, mentre non è il caso di addentrarsi in spiegazioni per quel che riguarda i termometri digitali. Si può invece sottolineare anche qui l'importanza di un "buon contatto" : in sostanza tra termometro e oggetto della misura non si devono frapporre isolanti.

Il breve video relativo al termometro B prosegue con l'estrazione del termometro dall'acqua. Le dimensioni del termometro non sono certo cambiate, il dislivello di temperatura è di segno opposto, ma dello stesso valore, eppure il raffreddamento dura molto più a lungo. In 18 secondi il sensore (bagnato, perciò raffreddato anche per evaporazione) riduce la sua temperatura a 25° C, cioè ancora al di sopra della temperatura ambientale.

Si possono invitare i ragazzi a commentare questo fatto, dopo aver visto l'intero filmato, oppure mettere da parte l'informazione per il momento in cui si dovrà parlare di materiali isolanti e conduttori del calore. Infatti l'acqua è un conduttore molto migliore dell'aria. Intorno al termometro caldo, in aria, si forma uno strato di aria calda che ostacola un ulteriore raffreddamento.

### ***Suggerimenti per attività a casa***

Si riscalda una tazza di acqua fino a una temperatura appena superiore a quella corporea, come si avverte saggiando l'acqua con il gomito. Conviene procedere con cautela, cominciando da temperature abbastanza basse per non rovinare il termometro.

Si immerge un termometro casalingo "da febbre". Si osserva che anche con il termometro a mercurio la temperatura sale rapidamente all'inizio e molto lentamente alla fine.

20-30 secondi sono sufficienti a raggiungere la temperatura di equilibrio.

Il tempo rituale di circa 5 minuti che ci si impone in caso di misura della febbre è sicuramente eccessivo o serve perché il contatto con l'ascella è meno efficace di quello che si ha tra il termometro e l'acqua?

### **Riflessioni teoriche**

Il **principio zero della termodinamica** postula che: se i corpi A e B sono entrambi in **equilibrio termico** con un terzo corpo C, allora lo sono anche fra loro. Il contenuto di questo principio sembra così evidente, da suonare come scontato e anche superfluo ad una prima lettura. In realtà richiede una certa riflessione. Per esempio

potremmo chiederci come si stabilisce che dei corpi sono in equilibrio termico tra loro.

Alcuni corpi hanno caratteristiche che cambiano con la temperatura in maniera evidente o, meglio, misurabile: dimensioni geometriche (volume di un liquido, lunghezza di un'asta metallica), caratteristiche fisico-chimiche (solubilità in un liquido, velocità di una reazione chimica...), proprietà elettriche (resistenza, effetti termoionici...).

Se individuiamo uno di questi corpi (il corpo C della definizione) e verifichiamo che la sua particolare caratteristica è stabile, possiamo dire che il corpo è in una situazione di equilibrio. Se lo portiamo a contatto con un secondo corpo A (con caratteristiche che non cambiano in maniera misurabile con la temperatura) può verificarsi che il corpo C rimanga nella situazione iniziale o cambi fino a trovare un nuovo equilibrio termico. Verificato che C è ancora, o di nuovo, in uno stato stazionario possiamo dire che **A e C sono in equilibrio termico** tra loro. È esattamente quello che facciamo quando usiamo un termometro (C) per **misurare la temperatura di A**.

Se ripetiamo con un corpo B e verifichiamo che lo stato di C non cambia, allora possiamo dire che B e C sono in equilibrio termico tra loro e **il principio ci assicura**, ma come tutti i postulati **non dimostra**, che **A con B rimarranno in equilibrio termico tra di loro**, cioè tra di loro non verrà scambiato calore se li mettiamo a contatto.

La necessità di introdurre questo principio fu avvertita nel 1931, sensibilmente dopo che nell'800 erano stati formulati I e II principio. Questi avevano evidenziato che il calore era una forma di energia (il I) e che lo scambio di calore tra corpi avveniva spontaneamente solo in una direzione, dal più caldo al più freddo.

Il principio Zero, apparentemente banale, fornisce la base teorica per la misura della temperatura nella termodinamica classica, in maniera indipendente dalla teoria cinetico-molecolare.

## **Attività 3 - Cosa succede alla mia bevanda calda se tardo a berla?**

**Tempo medio per svolgere l'attività in classe:** 2 ore.

### **Introduzione all'attività**

Si procede verso la completa padronanza del Principio zero della termodinamica e si usano termometri e orologi per raccogliere dati relativi al raffreddamento.

Dal punto di vista pratico, l'attività è centrata sull'acquisizione di competenze relative alla costruzione e alla lettura dei grafici. Dai grafici si traggono le informazioni utili per approfondire le osservazioni effettuate nelle attività precedenti sul funzionamento dei termometri, sul contatto termico e sul diverso comportamento dei diversi materiali riguardo alla conduzione del calore.

Il fatto che i grafici che si ottengono, in queste come in altre misure successive, non si prestino a una modellizzazione matematica (almeno non a questo livello di studi) farà risaltare la possibilità di ricavare informazioni significative e quantitative da un grafico anche quando non si possono usare delle formule.

Le variabili in gioco per ora sono solo due, temperatura e tempo, ma dal confronto tra i grafici ottenuti si comincerà a individuare le variabili significative per i fenomeni che si studieranno in seguito, quali la conduzione del calore e l'evaporazione.

### **Descrizione dell'attività**

L'attività si articola in sei (o più) postazioni, da preparare preferibilmente in laboratorio o in uno spazio opportuno.

In ogni postazione si registra il raffreddamento di una certa quantità di acqua, uguale per tutti e alla stessa temperatura iniziale, in recipienti uguali. L'equilibrio termico tra acqua e ambiente viene raggiunto in questo caso solo nello scambio tra fluido, recipiente e ambiente circostante e si indagano i fattori che influiscono sul ritmo di raffreddamento: recipiente coperto o scoperto, diversa superficie di appoggio, diversi materiali o metodi di isolamento.



L'impegno principale per l'insegnante è quello di versare quantità uguali di acqua alla stessa temperatura, quasi contemporaneamente a tutti i gruppi. Questo si può realizzare versando l'acqua da un grosso termos in bicchieri di plastica trasparente, dove sia stato precedentemente segnato un livello uguale per tutti e dove sia già inserito il termometro. Così l'insegnante può controllare che ogni postazione sia ben sistemata e gli studenti non vadano in giro con liquidi caldi.



In alternativa, l'insegnante tiene un recipiente con acqua su una piastra elettrica (da laboratorio o casalinga) con un termometro inserito nel recipiente, si sposta per versare l'acqua nei vari recipienti e torna alla piastra se si accorge che, tra una postazione e l'altra, la temperatura è diminuita sensibilmente.

Ogni gruppo di 3 studenti eseguirà solo una misura, con termometro, preferibilmente digitale, e orologio con contasecondi.

Eventualmente si può usare la funzione "cronometro" dei cellulari (è da valutare nelle singole situazioni se la presenza in classe di uno strumento tanto caro ai ragazzi possa essere visto come una concessione che rafforza o indebolisce i rapporti di collaborazione in classe).

Anche se gli intervalli di tempo tra un rilevamento e l'altro possono essere abbastanza lunghi, è necessario che si distinguano chiaramente i ruoli: uno studente controlla il tempo e dà un segnale, uno legge la temperatura, un terzo registra i valori misurati.



Ogni acquisizione dovrebbe durare complessivamente non più di 10-15 minuti, per poterla ripetere se qualcosa non va a buon fine e perché rimanga il tempo per fare i grafici e discutere i risultati. Per questo motivo si devono usare piccole quantità di acqua calda: nelle misure riportate in seguito si sono usati 50 g di acqua calda. Si riportano individualmente i dati su una tabella temperatura/tempo e ognuno realizza il suo grafico. I grafici vengono confrontati nel gruppo e poi confrontati e discussi con quelli degli altri gruppi.

Se si dispone di tempo sufficiente e di attrezzature adeguate (sistema di acquisizione online con pc + proiettore o lavagna lim), l'insegnante può valutare l'opportunità di completare l'attività con una acquisizione online dalla cattedra in modo che ognuno possa confrontare il grafico che ha ottenuto con quello che viene acquisito e visualizzato contestualmente. L'espressione "acquisizione in tempo reale", molto usata in questi casi, andrebbe commentata brevemente, se non altro per sottolineare che non ci sono tempi più reali di altri, ma che si tratta di modalità di acquisizione e visualizzazione che in certi casi si possono rivelare più comode e veloci di quelle tradizionali.

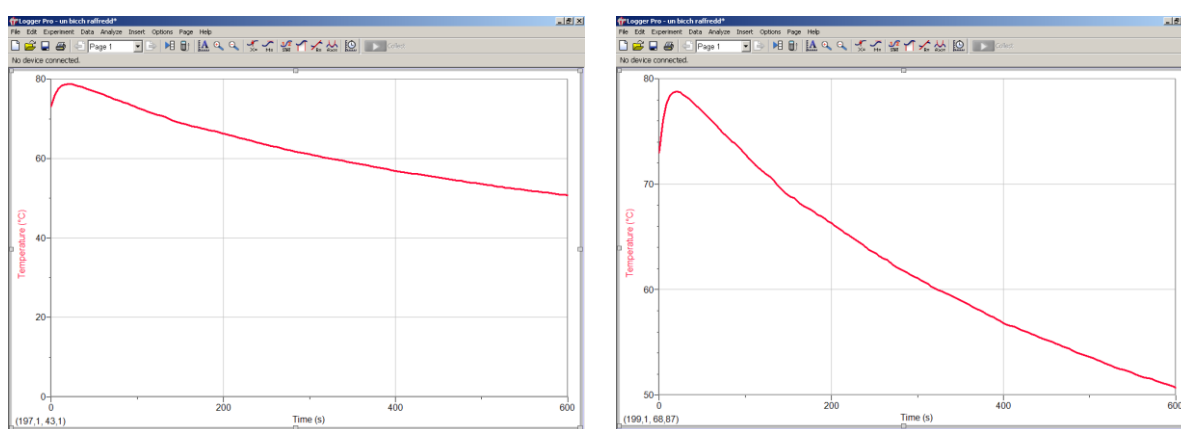
Nell'esempio riportato sotto, il sistema è stato usato per acquisire la temperatura durante una misura sul raffreddamento, in tutto analoga a quella descritta sopra.

**Video: Grafico raffreddamento**

<https://www.youtube.com/watch?v=zEjN3JbWnzQ&feature=youtu.be>

Un altro vantaggio di questo sistema consiste nella possibilità di visualizzare particolari difficili da cogliere con metodi tradizionali: in questo caso, ad esempio, si vede che nei primi istanti la temperatura sta ancora salendo, segno che il sensore non aveva ancora raggiunto l'equilibrio termico con l'acqua.

Altre opportunità sono date dalla possibilità di lavorare sui grafici (vedi "Laboratorio da seduti", Attività 3: *Scheda per l'alunno – Curve di raffreddamento*), cambiando scala (come evidenziato nelle immagini seguenti) o seguendo la traccia per leggere i valori delle variabili. Non è comunque il caso di effettuare questo tipo di operazioni fino a quando i ragazzi non abbiano acquisito un'adeguata confidenza con i modi più tradizionali di lavorare sui grafici.



Useremo spesso questo tipo di grafici per comodità di visualizzazione, ma ricordiamo che le stesse misure si possono effettuare tranquillamente con strumenti del tutto tradizionali. Sono riportati di seguito degli esempi di raffreddamento registrati simultaneamente con l'apparecchiatura online (vedi "Laboratorio da seduti", Attività 3: *Scheda per l'alunno - Confronto tra metodi di isolamento*).

**Video: Grafico raffreddamento (3 tracce)**

<https://www.youtube.com/watch?v=vla4ltOS07g&feature=youtu.be>

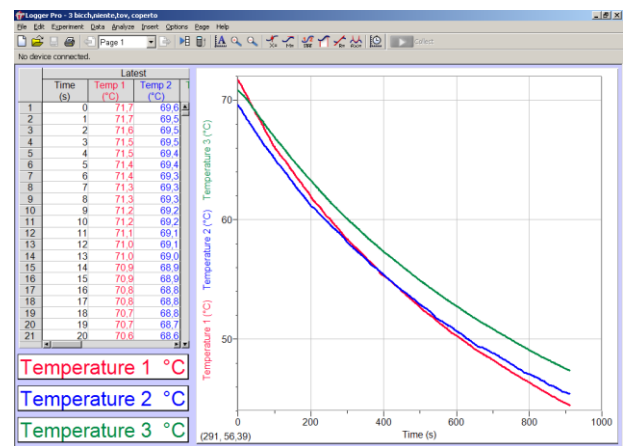
Nelle foto, i bicchieri di plastica sono appoggiati a un piano di legno o assicurati a un sostegno rudimentale con mollette da bucato che mantengono immersi i sensori. Accanto sono i relativi grafici. Da notare che, tranne per il primo grafico, la scala delle temperature non parte da 0. Questo accorgimento serve per fare risaltare le differenze tra i vari grafici, anche se non sono clamorose.

### Esempio 1

I colori rosso, blu, verde, corrispondono ai tre bicchieri visti da sinistra verso destra. Questi si distinguono per avere:

- nessun isolamento;
- due bicchieri mantenuti leggermente separati con un elastico;
- una copertura di foglio di alluminio.

La copertura sembra "fare la differenza".

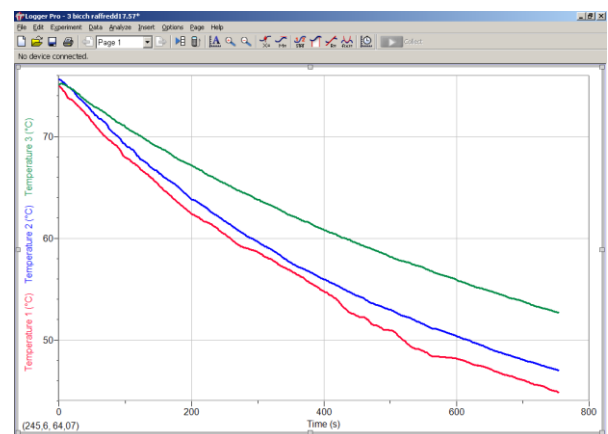


### Esempio 2

I 3 bicchieri hanno:

- nessun isolamento;
- un tovagliolino tenuto con elastico;
- una copertura con stagnola.

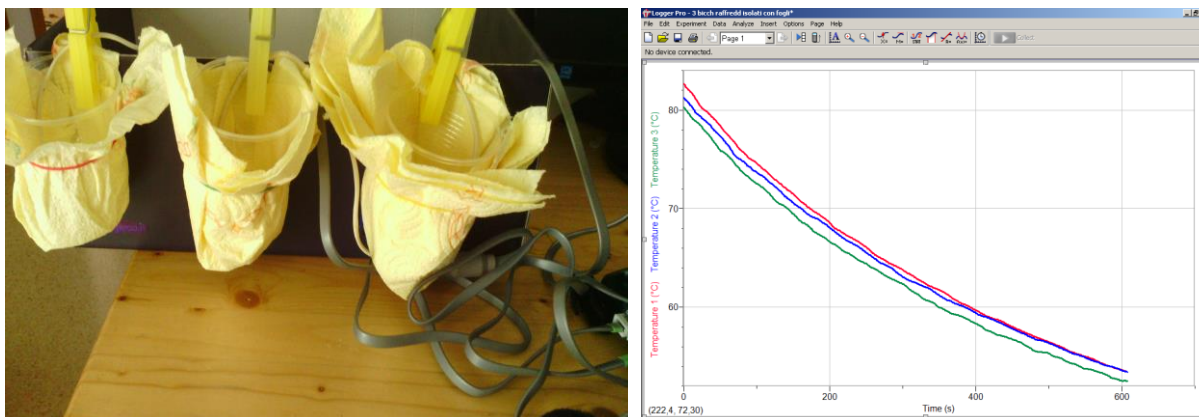
Si osserva che l'effetto dell'isolamento e quello della copertura sono abbastanza simili: la differenza di temperatura tra i due recipienti aumenta forse leggermente, a favore di quello coperto.



### Esempio 3

Tre recipienti uguali isolati, nell'ordine, con uno, due o tre tovaglioli.

Il raffreddamento è un po' più veloce nel primo caso, ma non ci sono differenze apprezzabili nel passare da due a tre tovaglioli.

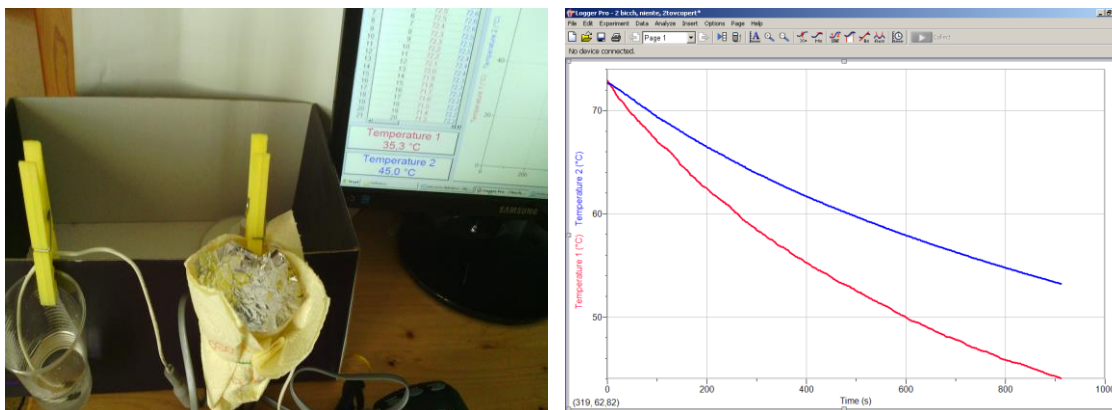


Una volta realizzati, commentati e confrontati i grafici si possono tirare delle conclusioni.

Per assicurare un buon isolamento, combiniamo insieme gli accorgimenti risultati più efficaci: la copertura e un involucro di carta asciutta.

### Esempio 4

- Un bicchiere non isolato.
- Un bicchiere isolato con carta e coperto.



In questi esempi si osservano dei "transienti", cioè dei processi che portano verso uno stato di equilibrio. È significativo individuare i sistemi che evolvono verso l'equilibrio nei vari casi e incoraggiare i ragazzi a riportare altri esempi tratti dalla vita quotidiana.

Si deve notare che non è mai un singolo oggetto che va verso una situazione di equilibrio, ma che sono vari "oggetti" (anche in senso molto lato) che interagiscono tra di loro.

Dovrebbe cominciare a emergere l'idea che i sistemi che vengono a contatto si scambiano qualcosa. Nel caso dell'evaporazione, questo scambio è visibile, in quanto comporta anche uno scambio di materia, ma anche i recipienti coperti scambiano qualcosa con l'ambiente. Cominciare a parlare ora di "calore" è, non solo opportuno, ma inevitabile, senza però la pretesa di "definirlo". Il liquido caldo cede calore all'ambiente, per evaporazione e attraverso i vari strati di involucri che lo racchiudono e che si scaldano a loro volta.

**Che relazione c'è tra calore e temperatura?** Il termometro raggiunge la temperatura dell'acqua dove viene immerso e assorbe calore da questa; se dopo lo si immerge in un uguale recipiente di acqua a temperatura ambiente, il termometro ritorna alla temperatura di partenza e cede il calore che aveva acquistato, ma l'acqua non si riscalda quasi affatto. Le variazioni di temperatura ci indicano se un corpo ha acquistato o ceduto calore, ma deve chiarirsi bene da subito che calore e temperatura non sono la stessa cosa.

Ci sono fattori che ostacolano e fattori che favoriscono lo scambio di calore tra i corpi. Dalle esperienze effettuate finora possiamo già tentare un elenco di materiali isolanti e conduttori del calore, arricchito da esempi tratti dall'esperienza di tutti i giorni.

Possiamo notare da tutti i grafici riportati che il ritmo di aumento o di diminuzione della temperatura in un corpo, perciò il ritmo dello scambio di calore è sempre più veloce all'inizio e si affievolisce fino a diventare lentissimo alla fine. Questo ci dà la prova che la differenza di temperatura, elevata all'inizio e progressivamente minore fino a scomparire alla fine, influenza in maniera decisiva lo scambio di calore. Non siamo ancora pronti per tentare una "definizione", né della temperatura, né del calore, ma cominciamo ad avere delle idee.

Proviamo con i ragazzi ad elencare quanti sono i concetti fisici che usiamo comunemente e che non sappiamo definire.

**Domande**

- *Perché una presina bagnata non ci è di nessun aiuto nel togliere le teglie dal forno?*
- *Le mute dei sub sono fatte di materiale isolante e sono abbastanza aderenti al corpo, ma non impediscono del tutto all'acqua del mare di penetrare. Perché sono ugualmente efficaci?*
- *A cosa serve un copriteiera?*
- *L'acqua in una pentola sul fuoco bolle prima o dopo se c'è un coperchio?*
- *Uno scaldabagno nei tempi in cui è acceso, ma non usato, scambia con l'ambiente quantità di calore uguali o diverse, a seconda della temperatura dell'acqua al suo interno?*

## **POSTAZIONE 1 (2, 3, 4... n° )**

### **Materiali**

Per P1

- 1 bicchiere di plastica trasparente
- 1 termometro
- 1 contasecondi
- 1 molletta da bucato o oggetto analogo
- Acqua calda (circa 50 g)

Per P2,3...

Come nella prima postazione + il necessario per isolare e/o coprire il bicchiere: elastici, fazzoletti di carta, altri bicchieri, foglio di alluminio, ecc.

### **Scheda per alunni**

Appena è stata versata l'acqua calda nel recipiente assegnato, si inserisce il termometro nel recipiente e lo si lascia immerso per tutta la durata della misura. Si fa partire il contasecondi appena la temperatura del termometro si è stabilizzata, o appena la temperatura comincia a scendere. Si legge il valore della temperatura al quale sarà associato il tempo 0. Si ripete la misura a intervalli di 1 minuto per 10-15 minuti (passati i primi 5 minuti si può decidere di leggere a intervalli di 2 minuti). Si riportano i valori di temperatura e tempo (e le relative incertezze) in una tabella e in un grafico cartesiano

[Scheda completa: allegato \(scheda\\_postazione3\\_1\)](#)

### **Per l'insegnante**

Una volta che nel bicchiere è stata inserita l'acqua calda si deve procedere rapidamente, ma con attenzione.

Si inserisce il termometro nel recipiente e lo si lascia immerso per tutta la durata della misura.

Si comincia a registrare i valori della temperatura appena ci si accorge che la temperatura del termometro si è stabilizzata. Appena la temperatura comincia a scendere. Si legge il valore della temperatura (a questo sarà associato il tempo 0) e si fa partire il contasecondi.

Si ripete la misura a intervalli di 1 minuto per 10-15 minuti (passati i primi 5 minuti si può decidere di leggere a intervalli di 2 minuti).

Si riportano i valori in una tabella, avendo cura di registrare solo le cifre significative.

Si costruisce un grafico cartesiano.

### **Riflessioni teoriche**

Le misure eseguite permettono di riflettere, senza introdurre un formalismo matematico prematuro, su aspetti della terminologia importati dal punto di vista sia culturale che pratico. Si analizza l'evoluzione dello stato termico di sistemi inizialmente a temperature diverse dall'ambiente verso l'equilibrio termico. I punti da sottolineare sono molti e tutti importanti:

- Il sistema "caldo" (l'acqua calda che è stata versata nei recipienti in cui si misura la temperatura) riceve calore dal contatto con un sistema ancora più caldo: il fornello elettrico o una fiamma, che per funzionare "consumano" energia. Si può dire che esiste un I principio, ma senza andare oltre.
- Questa energia passa prima dalla sorgente di calore al sistema e da questo all'ambiente.
- Questo flusso non va mai spontaneamente in senso opposto. Si può parlare di II principio senza sconfinare in discorsi fumosi su entropia e disordine.
- Dai grafici si vede che il flusso è tanto più veloce (cioè il sistema perde energia tanto più velocemente) quanto più grande è la differenza di temperatura tra sistema e ambiente. Questo apre la via a infinite considerazioni legate al risparmio energetico. Il ritmo con cui una stanza molto calda, in inverno, cede energia all'ambiente esterno è molto maggiore (la pendenza dei grafici diminuisce visibilmente) rispetto ad una stanza mantenuta a temperatura meno calda, anche l'energia che dovrà essere bruciata per mantenere (non solo per raggiungere!) quella temperatura sarà molto maggiore.
- Nello scambio di calore tra il sistema e l'ambiente (e tra corpi in genere) conta la superficie di contatto (qui non indagata) e i materiali che la compongono o rivestono. Aumentare lo spessore o il numero di strati di questi materiali, in situazioni reali, aumenta significativamente i costi e i vantaggi non sempre crescono proporzionalmente ai costi.
- L'evaporazione "pesa" molto sui cambiamenti di temperatura. È un primo passo verso i cambiamenti di stato.
- Tutti i gruppi lavorano sulla medesima quantità di liquido. Una massa di acqua calda più grande, nel medesimo recipiente, si raffredderebbe più lentamente. È un primo approccio con la capacità termica di un corpo.



## Attività 4 - Se devo bere rapidamente una bevanda troppo calda, cosa posso fare per raffreddarla?

**Tempo medio per svolgere l'attività in classe:** 4 ore.

### Introduzione all'attività

Si approfondiscono i temi affrontati nelle unità precedenti relative al raggiungimento dell'equilibrio termico e agli scambi di calore all'interno di un sistema. Si individuano le variabili in gioco, si introducono le grandezze fisiche relative e semplici modelli matematici.

Dovrebbe essere ormai chiaro che, quando vengono a contatto corpi caldi e corpi freddi di qualunque natura, avvengono tra loro degli scambi che tendono a fare diminuire le temperature più alte e a fare aumentare le più basse.

È da considerare ora con attenzione il fatto che, mentre nel linguaggio comune il "caldo" e il "freddo" hanno pari importanza e dignità, nel linguaggio della scienza quello che si scambia è stato sempre e solo il "calore" (non esiste una grandezza opposta, che potrebbe suonare come "freddore".) Esiste naturalmente a questo punto il rischio di costruire un modello che somiglia molto all'antico "calorico", ma è praticamente impossibile evitare di parlare di calorie, calore specifico o capacità termica.

È importante non creare l'idea che ci sia una specie di fluido che passa tra i corpi, ma per passare correttamente dall'idea di Calore a quella di energia termica è utile tenere presente che non esiste una energia negativa, perciò è necessario che si riconosca che il calore fluisce spontaneamente solo in un verso, dal corpo (o dal fluido o dall'ambiente) a temperatura maggiore a quello a temperatura minore.

Al termine dell'attività dovrebbero essere acquisiti, secondo un ordine decrescente di completezza e confidenza:

- il "Principio zero della termodinamica";
- la distinzione tra le grandezze fisiche di temperatura, calore, capacità termica, calore specifico. Per "temperatura" va intesa la grandezza fisica che regola il flusso di calore da un corpo ad un altro, senza salti avanti verso il modello

cinetico molecolare del genere “La temperatura è una misura del movimento delle molecole” (letto senza ulteriori precisazioni all’introduzione di unità sulla calorimetria in libri di testo di scuola media);

- le relazioni tra le grandezze fisiche citate, con esplicito riferimento alle relazioni di proporzionalità diretta e inversa, e le unità di misura relative;
- l’idea che il calore è una forma di energia, intesa come grandezza macroscopica.

### **Descrizione dell’attività**

L’attività si articola in tre (o più) postazioni, da preparare preferibilmente in laboratorio o in uno spazio. L’idea è quella di raffreddare un liquido troppo caldo aggiungendoci un’adeguata quantità di liquido freddo (latte freddo o panna nel caffè o latte nel the), oppure un oggetto di altro materiale, ad es. il cucchiaino.

Le misure descritte sono di tre tipi, ma possono essere ampliate a piacere. Si eseguono misure di temperatura nel mescolamento di acqua a temperature diverse o nel contatto tra fluido, recipiente, ambiente esterno, oggetti immersi nei fluidi.

Le tre misure riportate servono per individuare le variabili significative e le grandezze fisiche che si devono introdurre per formulare un modello matematico che si accordi con i fenomeni osservati.

Le misure di temperatura e tempo si possono eseguire con strumenti tradizionali, termometri (preferibilmente digitali, come nelle attività precedenti) e orologi o con sistemi di acquisizione automatica, cioè con computer, interfaccia e sensori.

Nelle misure riportate in seguito diamo la preferenza a questo secondo tipo di dispositivi, soprattutto per risparmio di tempo e per l’efficacia nella visualizzazione dei risultati. Queste caratteristiche li rendono molto stimolanti per gli studenti, che dovrebbero avere già acquisito sufficiente confidenza nelle attività precedenti con gli strumenti più tradizionali e potrebbero in questa fase eseguire direttamente delle acquisizioni online o seguire acquisizioni su uno schermo o lavagna lim, condotte dall’insegnante .

I grafici potrebbero essere anche consegnati direttamente agli studenti, come materiale su cui eseguire rilievi e calcoli.

A questo livello di studi non è il caso di usare gli strumenti per il fit automatico dei dati che i sistemi online forniscono.

In quest'attività valgono le considerazioni già scritte, sulle precauzioni da prendere per fornire alle varie postazioni adeguate quantità di acqua calda.

Per avere risultati più visibili, qui si usano masse d'acqua e di metalli superiori a quelle usate in precedenza. D'altra parte le misure richiedono comunque tempi brevi, in quanto le variazioni di temperatura avvengono quasi immediatamente nel mescolamento di fluidi o nell'inserimento di oggetti di metallo in acqua calda. Per questa ragione non è indispensabile che i recipienti che contengono i liquidi caldi siano molto ben isolati, ma è necessario che siano sottili e che assorbano poco calore per non alterare sensibilmente i risultati della misura. Per i grafici riportati sotto si è usata una bottiglia di plastica da acqua minerale tagliata a metà per l'acqua calda e bicchieri per l'acqua fredda.

È necessaria una bilancia (anche da cucina) per controllare che le masse impiegate siano nelle proporzioni indicate.

## POSTAZIONE 1

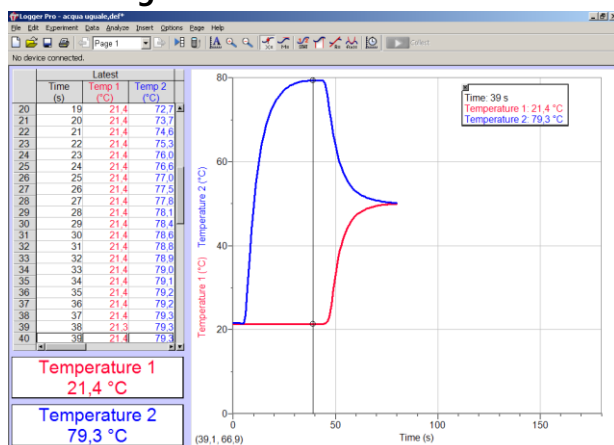
### Materiali

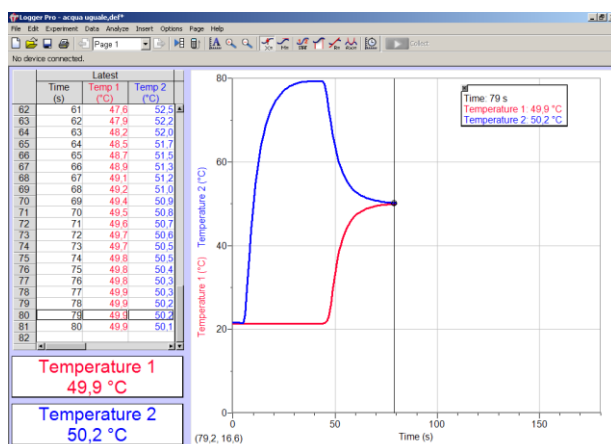
- 1 contenitore con circa 100 g di acqua molto calda
- 1 contenitore con uguale quantità di acqua a temperatura ambiente
- 1 o 2 termometri o sistema di acquisizione online con 2 sensori di temperatura.

### Scheda per alunni

Misura e registra le temperature dell'acqua nei 2 recipienti. Versa l'acqua fredda nel recipiente con acqua calda. Misura la temperatura finale dell'acqua che risulta dal mescolamento. Confronta le tre temperature misurate, con le relative incertezze.

### Per l'insegnante:





Si osserva che nel mescolamento di uguali quantità di acqua la temperatura finale (seconda immagine) è pari al valore medio delle temperature iniziale (prima immagine).

Oppure, detto diversamente, la diminuzione della temperatura subita dalla massa dell'acqua calda è uguale, in valore assoluto, all'aumento della temperatura dell'acqua fredda.

## POSTAZIONE 2

### Materiali

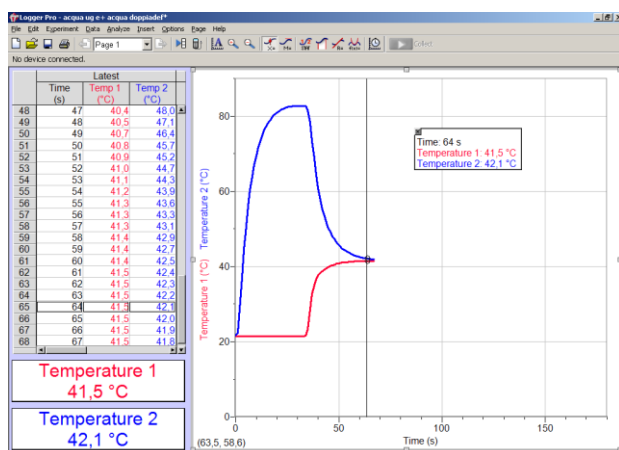
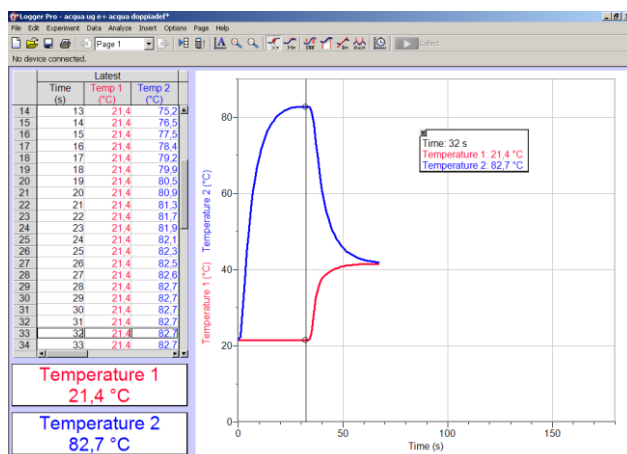
- 1 contenitore con circa 100 g di acqua molto calda
- 1 contenitore con quantità doppia di acqua a temperatura ambiente
- 1 o 2 termometri o sistema di acquisizione online con 2 sensori di temperatura

### Scheda per alunni

Misura e registra le temperature dell'acqua nei 2 recipienti. Versa l'acqua fredda nel recipiente con acqua calda. Misura la temperatura finale dell'acqua che risulta dal mescolamento. Confronta le tre temperature misurate, con le relative incertezze.

[Scheda completa: allegato scheda\\_postazione4\\_2](#)

Per l'insegnante:



In questo caso, come prevedibile, la diminuzione della temperatura è maggiore che nel caso precedente.

Se si indica con  $m_1$  la massa di acqua calda e  $m_2$  la massa di acqua fredda, e con  $Dt_1$  e  $Dt_2$  le rispettive variazioni di temperatura, avremo:

$$m_2 = 2 m_1$$

$$Dt_1 = 42 - 83^\circ \text{C} = -41^\circ \text{C}$$

$$Dt_2 = 42^\circ \text{C} - 21^\circ \text{C} = 21^\circ \text{C}$$

In valore assoluto, con ottima approssimazione, possiamo dire che:

$$Dt_1 = 2 Dt_2$$

$$m_1Dt_1 = m_2Dt_2$$

Il prodotto massa x variazione di temperatura risulta perciò costante.

Se si ripete la misura con masse di acqua in diversa proporzione risulterà sempre che tra massa d'acqua e variazione di temperatura esiste una relazione di proporzionalità inversa.

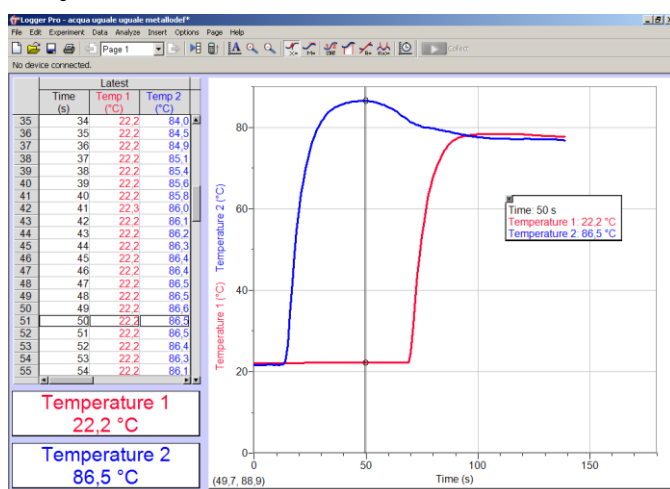
### POSTAZIONE 3

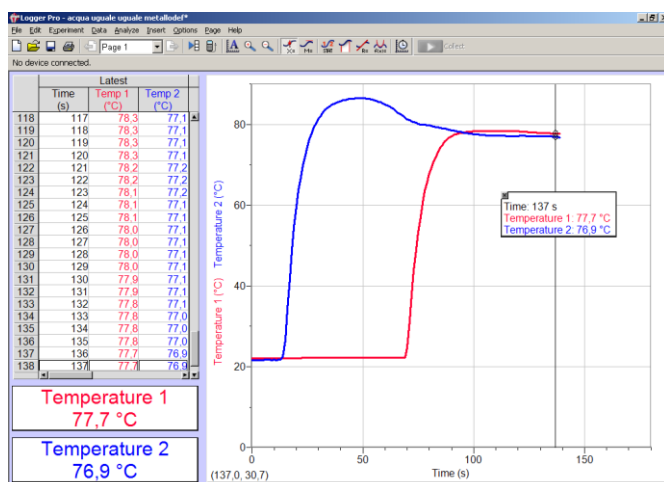
#### Materiali

- 1 contenitore della capacità di 3-400 cm<sup>3</sup>
- Acqua calda
- Oggetti in metallo di massa 100-200g: monete, chiodi, medaglie, ecc., a temperatura ambiente
- 1 o 2 termometri o sistema di acquisizione online con 2 sensori di temperatura.

#### Scheda per alunni

- Misura e registra le temperature dell'acqua e quella del metallo. Inserisci gli oggetti di metallo nell'acqua senza toccarli e senza provocare schizzi. Misura la temperatura del sistema acqua-metallo dopo aver controllato che si sia stabilizzata, ma senza aspettare che cominci a raffreddarsi. Confronta le tre temperature misurate, con le relative incertezze.





Uguali masse di acqua e di metallo, nel raggiungere l'equilibrio termico, subiscono variazioni di temperatura molto diverse.

Negli scambi di calore tra materiali a diversa temperatura non influiscono solo i valori delle masse, ma anche il tipo di materiale.

Ripetendo la misura con masse diverse di metallo si può arrivare a formulare un'equazione che tenga conto anche di questo nuovo fattore: il calore specifico.

L'uguaglianza scritta prima per masse diverse di acqua va completata con:

$$m_1 c_{s1} \Delta t_1 = m_2 c_{s2} \Delta t_2$$

Le masse considerate sono uguali:

$$\Delta t_2 = 55^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_1 = 9^\circ\text{C}$$

Ne risulta che il metallo in questione ha un calore specifico che è circa 6 volte minore di quello dell'acqua.

Questo risultato può risultare sorprendente per i ragazzi, ma è utile per ricordare l'effetto che hanno le masse d'acqua sul clima. Terra e rocce sono composte da solidi metallici perciò si raffreddano e si riscaldano molto più rapidamente di quanto non facciano mari, laghi e fiumi.

## Riflessioni teoriche

Alla fine del lavoro in laboratorio, della costruzione e/o l'analisi dei grafici, si è arrivati a formalizzare l'**equazione che illustra lo scambio di calore tra 2 corpi** omogenei.

$$m_1 c_{s1} \Delta t_1 = m_2 c_{s2} \Delta t_2$$

È utile ripercorrere i passi che ci hanno portato qui. Per non appesantire il simbolismo, si sono considerate le grandezze in valore assoluto, ma si deve sottolineare che se per un corpo la variazione di temperatura è positiva per l'altro è necessariamente negativa. I corpi a contatto si scambiano "qualcosa" e siccome si è già sottolineato che all'estremo inizio di questi processi (nel nostro caso, per scaldare l'acqua) ci sono sempre combustibili bruciati, non sarà difficile arrivare a dire che il "qualcosa" è quello che si chiama comunemente energia. E poiché questa particolare energia l'abbiamo incontrata in fenomeni termici, la chiamiamo energia termica. **I caso:** le uguali masse di acqua subiscono uguali variazioni di temperatura. Potrebbe sembrare che lo scambio sia semplicemente di temperatura. **II caso :** masse diverse di acqua subiscono variazioni di temperatura inversamente proporzionali alla massa.

$$m_1 \Delta t_1 = m_2 \Delta t_2$$

L'energia termica scambiata sembra ora dipendere dalla massa e dalla variazione di temperatura.

**III caso:** da buoni sperimentatori, separiamo le variabili. Nel II caso abbiamo usato masse diverse , ma dello stesso materiale. Ora usiamo masse uguali, di materiali diversi.

La differenza è ancora più evidente. Perciò oltre alla massa e alla variazione di temperatura, l'energia scambiata dipende anche dal materiale usato. Naturalmente non bastano poche misure, ma possiamo riferire che tutte le misure fatte mettendo a contatto 2 particolari materiali, con masse e temperature diverse, si accordano alla fine con una medesima uguaglianza, dove i valori di  $c_s$  caratterizzano i materiali usati.

$$m_1 c_{s1} \Delta t_1 = m_2 c_{s2} \Delta t_2$$



Non si riconoscono altre variabili significative negli scambi termici, se non si hanno cambiamenti di stato.  $m c_s \Delta t$  rappresenta la grandezza fisica scambiata e potremo chiamarla calore, come gli antichi, o energia termica, se vogliamo modernamente confrontarla con energia associata a fenomeni diversi ed espressa in formule matematiche diverse. La quantità di calore necessaria per aumentare la temperatura di un certo corpo (omogeneo, se si vuole associargli una costante  $c_s$ ) di  $\Delta t = 1^\circ \text{C}$ , è tanto più grande quanto più grande è la sua massa e il valore della costante tipica del materiale che costituisce il corpo.  $c_s$  indica il **calore "specifico"** del materiale da cui è composto il corpo.  $m c_s$  è la **capacità termica** del corpo. Se un corpo non è omogeneo, sarà costituito da tante diverse masse di diverso calore specifico. Potremo comunque associargli un valore complessivo di capacità termica, che ci dirà quanta energia è necessario fornirgli per aumentare di  $1^\circ \text{C}$  la sua temperatura.

**Nota storica** termini usati qui e presi dalla terminologia classica, sono coerenti con la antica teoria del "calorico". Il calore è visto come un fluido che passa da un corpo ad un altro per livellare la temperatura. Due corpi di capacità termica diversa, possono essere visti come due vasi comunicanti di diversa sezione (che significa anche diversa "capacità" di contenere un fluido), come in figura. Per aumentare il livello (la **temperatura**) del fluido a sinistra, basterà versarci una piccola quantità di fluido (il **calore**). Viceversa, nel recipiente di destra, di maggiore sezione, per avere la stessa variazione di temperatura sarà necessario aggiungere una quantità di fluido molto maggiore.

Se tra i due recipienti c'è un dislivello iniziale (**differenza di temperatura**) e si apre il rubinetto che li collega (si mettono in **contatto termico**) il fluido scorre dal recipiente con livello maggiore a quello con livello minore, per pareggiare i due livelli. La quantità di fluido (calore) scambiata alla fine sarà uguale e di segno opposto nei due recipienti e il livello (la temperatura) sarà lo stesso. La variazione di livello in ogni recipiente sarà inversamente proporzionale alla sezione del recipiente, come la variazione di temperatura tra due corpi a contatto è inversamente proporzionale alla capacità termica dei 2 corpi.

## Indicazioni metodologiche

- Collaborazione per esperienze in piccoli gruppi
- Problem solving

Nel complesso i procedimenti seguiti nel percorso si possono riconoscere nelle tipologie indicate sopra. Bisogna sottolineare che un insegnamento introduttivo centrato su attività pratiche richiederebbe tempi molto più ampi e stili più distesi di quelli che si possono prevedere nel magro spazio riservato all'educazione scientifica. Dovendo però fare i conti con le limitazioni note, quello che non dovrebbe mancare è il tempo per:

- Introdurre le varie attività, con una breve discussione collettiva sulle domande che vengono poste
- Controllare durante le varie fasi (in opportune pause dove i vari gruppi si incontrano o con interventi dell'insegnante presso i vari gruppi) che le attività svolte siano riconosciute pertinenti rispetto alla domanda iniziale
- Analizzare, confrontare e discutere i risultati ottenuti dai gruppi alla fine di ogni attività
- Sintetizzare, discutendo insieme, quello che si pensa di avere capito dall'attività svolta.
- Elaborare insieme un quadro teorico che colleghi le conoscenze acquisite e le inserisca nel contesto più ampio dell'educazione scientifica generale.

Il ruolo dell'insegnante, in tutto questo, dovrebbe essere di stimolo e di sostegno, di controllo e guida discreta e il più possibile "invisibile". Le schede proposte durante il percorso sono decisamente molto più "invadenti" di quanto non sarebbe auspicabile in un percorso di "scoperta". Possono essere utili se è necessario stringere i tempi, ma è lasciato alla discrezione dell'insegnante limitare le indicazioni e lasciare maggiore libertà di procedere e di esprimersi.

## Spunti per un approfondimento disciplinare

Saranno solo accennati alcuni temi :

- la dilatazione termica;
- il potere calorifico dei combustibili;
- lo spostamento delle temperature di congelamento o ebollizione dell'acqua in presenza di sali o in particolari condizioni di pressione;
- la teoria cinetico-molecolare.

## Spunti per un'altre attività con gli studenti

- Misure da effettuare a casa, lettura di bollette e di caratteristiche di elettrodomestici
- L'isolamento termico e gli altri accorgimenti per limitare i consumi di energia domestici (educazione allo sviluppo sostenibile)
- Le tracce del "calorico" nelle parole della calorimetria (Storia della scienza)

## Bibliografia

Tiberghien, A. (1986) *Rassegna critica sulle ricerche che tendono a chiarire il significato dei concetti di calore e temperatura per gli allievi dai 10 ai 16 anni.* "La fisica nella scuola", XIX (2), pp. 140-150.

Bari, L., Calvelli, G., Cavaggioni, G., Goldring, H., Papa, L. (1997) *Gli studenti e l'energia.* "La fisica nella scuola", XXX (1), pp. 23-37.

Defrancesco, S., Gratton, L. (2007) *Perché aspettare dieci minuti per misurare la febbre?* "La fisica nella scuola", XL (1), pp. 34-43.

Campanario, J. M. (2005) *Che può fare un professore come te o un alunno come il tuo con un libro di testo come questo? Suggestimenti di attività poco convenzionali.* "La fisica nella scuola", XXXVIII (2), pp. 171-186.

Rogge, C., Linxweiler, U. (2008) *Der ist doch voll viel kaelter! (Questo però è molto più freddo!),"Naturwissenschaften im Unterricht Physik", 108 (6), pp. 26-33.*

Fritzsche, K., Duit, R. (2000) *Grundbegriffe der Warmelaere – aus Schuelervorstellungen entwickelt (Concetti di base della termologia- sviluppati a*

*partire dalle preconoscenze degli alunni. "Naturwissenschaften im Unterricht Physik", 60 (6), pp. 20-25.*

Rafanelli, M. (2002) *Tè al latte. "Ipotesi" 5(2), pp. 2-3.*

## Sitografia

### [Termologia \(settembre 2012\)](#)

Viene spiegato dettagliatamente l'uso di un tipo di apparecchiatura online (lo stesso usato nel percorso) per effettuare misure di temperatura in esperienze di termologia.

### [Sensori \(settembre 2012\)](#)

Uso di sensori per esperienze di fisica, con studio approfondito di un transiente di raffreddamento.

*Questo percorso didattico è stato realizzato nel 2012 da INDIRE – ANSAS con i fondi del Progetto **PON Educazione Scientifica**, codice **B-10-FSE-2010-4**, cofinanziato dal Fondo Sociale Europeo.*

*La grafica, i testi, le immagini e ogni altre informazione disponibile in qualunque formato sono utilizzabili a fini didattici e scientifici, purché non a scopo di lucro e sono protetti ai sensi della normativa in tema di opere dell'ingegno (legge 22 aprile 1941, n. 633).*