

# SISTEMA

TERMOLOGIA

NTP9900-4C

MODULARE



**SCHEDE GUIDA PER ESPERIENZE DI TERMOLOGIA****NTP9160-4C**

---

**Termologia****C 1. TERMOMETRIA**

- C 1.1 Temperatura e termometri
- C 1.2 Costruzione di una scala termometrica
- C 1.3 Equilibrio termico

**C 2. DILATAZIONI TERMICHE**

- C 2.1. Dilatazione lineare dei solidi
- C 2.2. Dilatazione dei liquidi
- C 2.3. Dilatazione dell'aria a pressione costante
- C 2-4 Variazione di pressione dell'aria a volume costante
- C 2.5. Il termometro a gas

**C 3. ENERGIA TERMICA**

- C 3.1. Temperatura e calore
- C 3.2. La capacità termica
- C 3.3. Temperatura delle mescolanze
- C 3.4. Misura calorimetrica della temperatura

**C 4. CAPACITA' TERMICA DEI CORPI**

- C 4.1. Il calorimetro delle mescolanze
- C 4.2. Il calore specifico dei solidi
- C 4.3. Il calore specifico dei liquidi
- C 4.4. La caloria ed il Joule

**C 5. PROPAGAZIONE DEL CALORE**

- C 5.1. La conduzione del calore
- C 5.2. La convezione
- C 5.3. L'irraggiamento
- C 5.4. L'isolamento termico

**C 6. CAMBIAMENTI DI STATO**

- C 6.1. Fusione e solidificazione
- C 6.2. Calore latente di fusione
- C 6.3. Ebollizione e calore di vaporizzazione
- C 6.4. Calore di condensazione
- C 6.5. La distillazione



1C	Termometro da laboratorio -10° ... + 110° C
2C	Termometro da tarare
3C	1 Matraccio 100ml
4C	1 Bicchiere in vetro, forma alta, 250 ml
5C	1 Cilindro in plastica, graduato, 100 ml
6C	2 Provette in vetro, 160 x 16 mm
7C	1 Tubo in PVC, 1m
8C	1 Tubo in PVC, 16 cm
9C	1 Tubo in vetro, 80 x 8 mm
10C	2 Tubo in plastica, 200 x 8 mm
11C	1 Parallelepipedo di alluminio
12C	1 Parallelepipedo di ferro, piccolo
13C	1 Calorimetro ad acqua con coperchio e resistenza
14C	1 Reticella spargifiamma
15C	1 Serie di 3 anelli con gambo
16C	1 Astina ad angolo
17C	1 Carta termocromatica
18C	1 Spirali termiche 5 pz
19C	1 Lamina bimetallica
20C	1 Tubo in alluminio per dilatometri montaggio
21C	1 Idem ma in ferro
22C	1 Indice su spina per dilatometro
23C	1 Spinotto di supporto per tubi per dilatometro

INOLTRE (non illustrati)

24C	1 Tappo di gomma con foro 19/24
25C	2 Idem 20/14/18
26C	1 Asta da stativo 50 cm
27C	1 Colorante rosso in polvere, 20 g
28C	1 Cera in barattolo
29C	1 Sodio solfato, 200 g
30C	1 Petrolio, 50 ml
31C	1 Matita vetrografica

ATTENZIONE: il numero progressivo e la lettera che precedono la descrizione dei singoli elementi costituiscono la cosiddetta "posizione" dell'elemento stesso che lo contraddistingue nelle schede di sperimentazione.

### ANELLI CON GAMBO ( 15C )

Anello grande per sorreggere la reticella spargifiamma  
 Anello medio per sorreggere il bicchiere a forma alta da 250 ml  
 Anello piccolo per sorreggere il matraccio di Erlenmeyer da 100 ml

**MORSETTI PER DILATOMETRO** - Serie di 2 pezzi da montare, come in figura, all'asta da 50 cm

Un morsetto è usato per lo spinotto supporto, nel cui foro va fatto passare il tubo (di alluminio o di ferro)

Un morsetto è usato per sostenere l'indice del dilatometro di montaggio

### SPINOTTO DI SUPPORTO DEO TUBI PER DILATOMETRO ( 23C )

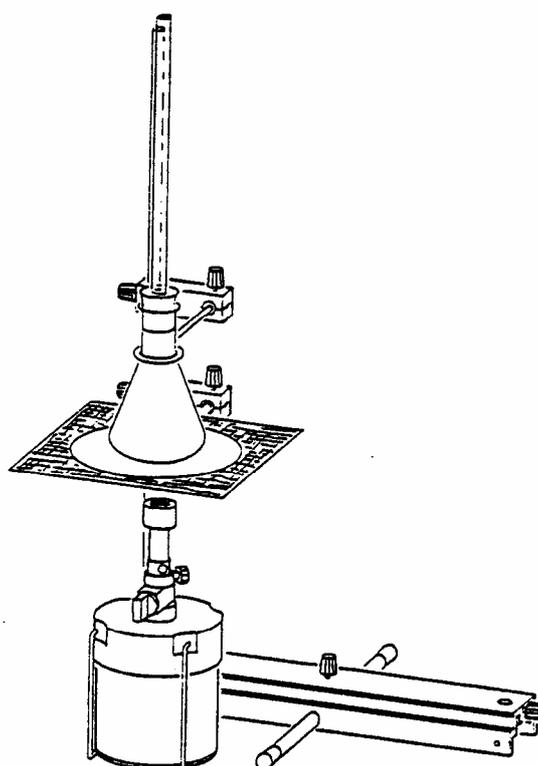
**ANELLI CON GAMBO** - Serie di 3 pezzi di diverso diametro ( 15C )

## TEMPERATURA E TERMOMETRI

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Aste cm 25	1
3S	Terminali	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	2
15C	Anelli con gambo grande e piccolo	1
14C	Reticella spargifiamma	1
3C	Matraccio 100 ml	1
24C	Tappo con foro	1
10C	Tubo in plastica	2
31C	Matita vetrografica	1
27C	Colorante	

Bruciatore  
Acqua  
Fiammiferi



La temperatura è la grandezza fisica che indica lo stato termico di un corpo.

Dal punto di vista microscopico essa dipende dall'energia cinetica delle molecole, ovvero dalla loro agitazione. La temperatura viene misurata tramite appositi strumenti, detti "termometri", il funzionamento dei quali si basa sulle variazioni, proporzionali alla temperatura, di grandezze fisiche, quali il volume, la pressione, la resistenza elettrica ecc.; grazie a questa proporzionalità diretta, la scala dei termometri può essere tarata in unità di misura della temperatura e, quindi, fornire letture immediate.

Questa scheda ha lo scopo di studiare il funzionamento del termometro più comune (quello a liquido) per vederne pregi e difetti.

**Montaggio:** da eseguirsi come è indicato nella figura. Riempire la beuta fino all'orlo con acqua colorata mediante l'apposita polvere; successivamente innestare il tappo di gomma e poi il tubo di plexiglas, evitando che rimangano bolle d'aria all'interno.

**Esperimento:** segnare nel tubo con la matita vetrografica, il livello indicato dal liquido alla temperatura ambiente. Accendere il Bunsen ed iniziare il riscaldamento osservando come il liquido si comporta al passare del tempo; la fiamma deve essere regolata ad un valore basso, in modo da poter segnare sul tubo, ad esempio ogni 60" , il livello via via raggiunto dall'acqua colorata nel tubo stesso.

**Conclusioni:** l'esperimento mostra con evidenza che il liquido sale nel tubo di spazi uguali in intervalli di tempo uguali, man mano che esso si scalda, cioè man mano che la sua temperatura si innalza.

Pregi del termometro a liquido sono la maneggevolezza, la semplicità d'uso e la buona precisione; difetti sono la fragilità e la dimensione del bulbo, che, seppure piccolo, è pur sempre grande in molte misurazioni.

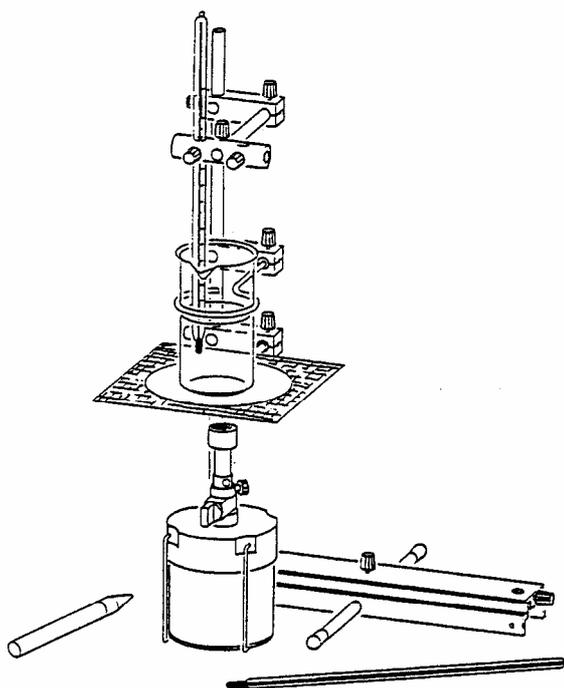
**Note:** l'acqua non viene usata come liquido termometrico in quanto ha un comportamento anomalo tra 0 e 4°C: in questo intervallo, infatti, il suo volume diminuisce, raggiungendo il minimo, appunto, a 4°C.

## COSTRUZIONE DI UNA SCALA TERMOMETRICA

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
7S	Asta cm 10	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	3
15C	Anelli con gambo grande e medio	1
14C	Reticella spargifiamma	1
4C	Bicchiere 250 ml	1
2C	Termometro da tarare	1
1C	Termometro -10 ... + 110°C	1
31C	Matita vetrografica	1

Bruciatore  
Acqua  
Fiammiferi  
Contenitore con blocchetti di  
ghiaccio  
Straccio



Per misurare una grandezza fisica occorre stabilire un'unità di misura, sceglierla in modo che sia facilmente riproducibile. In termologia ciò è relativamente semplice in quanto, sfruttando la costanza della situazione termica, che si verifica durante i cambiamenti di stato di determinate sostanze (ad esempio, la fusione del ghiaccio e l'ebollizione dell'acqua), si ottengono i due punti fissi, tra i quali costruire una qualsiasi scala termometrica. Nel tempo sono state usate diverse unità di misura, come il grado Reaumur in Francia ed il grado Fahrenheit nei paesi anglosassoni, tuttavia l'unità che ha incontrato maggiore successo, per ovvie ragioni pratiche è il grado Celsius. Questo infatti corrisponde alla centesima parte dell'intervallo di temperatura tra i punti di fusione del ghiaccio e di ebollizione dell'acqua (entrambi prodotti al livello del mare) e, pertanto, la scala è anche definita scala centigrada.

Il sistema SI ammette l'uso del grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), dimensionalmente uguale al Kelvin e ad esso legato dalla relazione:  $T = t + 273 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura come chiaramente schematizzato nella figura.

Riempire il bicchiere, per circa 2/3 con ghiaccio finemente tritato ed immergere di alcuni centimetri nella massa il bulbo del termometro non graduato.

**Esperimento 1:** osservare la colonnina colorata dello strumento e, quando il suo livello si stabilizza e resta immobile, segnare con la matita vetrografica l'altezza raggiunta, assegnando convenzionalmente a questo punto il valore 0 della scala ( al quale corrisponde la temperatura 0 ).

**Esperimento 2:** accendere il Bunsen ed osservare quanto accade. Il ghiaccio si scioglie completamente e la colonnina comincia a salire (il bulbo del termometro deve essere immerso nella massa d'acqua e, se ciò non fosse, abbassarlo convenientemente). Quando l'acqua perviene all'ebollizione, la colonnina si stabilizza ad una certa altezza e vi resta finché dura l'ebollizione stessa. Segnare con la matita il livello raggiunto dalla colonnina ed assegnare ad esso il valore 100 della scala.

**Conclusioni:** il procedimento indicato fornisce i due punti fissi, tra i quali si ha un intervallo di temperatura corrispondente a  $100^{\circ}\text{C}$ ; a questo punto, dividendo lo spazio compreso fra le due

tacche di riferimento mediante un roghello in 100 parti uguali (marcare più intensamente i valori 10, 20, 30 ... per praticità), si ottiene la scala centigrada. Con lo strumento, così tarato, si possono misurare temperature incognite tra 0 e 100°C: la sua precisione potrà essere verificata per confronto con il termometro da laboratorio.

**Note:** l'esperimento conduce ad importanti considerazioni circa l'arbitrarietà della scelta dell'unità di misura. Infatti, se si fosse costruita una scala, ad esempio, con 80 subdivisions, la dimensione dell'unità di misura sarebbe cambiata, ma non cambierebbero le relazioni, nelle quali la temperatura, come grandezza finale, interviene.

## L'EQUILIBRIO TERMICO

## Elementi occorrenti:

<b>1S</b>	Base	1
<b>2S</b>	Asta cm 25 con terminali	1
<b>12S</b>	Morsetti doppi	2
<b>14C</b>	Reticella spargifiamma	1
<b>15C</b>	Anelli con gambo	1
<b>3C</b>	Matraccio ml 100	1
<b>5C</b>	Cilindro di plastica	1
<b>13C</b>	Calorimetro	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Cronometro a mano

Quando si pongono a contatto due corpi a temperatura diversa, dell'energia termica (che si può immaginare come energia cinetica delle molecole) passa dal corpo più caldo (cioè a temperatura maggiore) al corpo più freddo (cioè a temperatura minore) fino a che i due corpi raggiungono la stessa temperatura.

In questa condizione, non potendo esservi ulteriore scambio di calore, i due corpi sono in **equilibrio termico**.

**Montaggio:** come nella figura. I due corpi da porre a contatto sono rappresentati dall'acqua calda, contenuta nel matraccio, e dall'acqua fredda, versata nel vaso di alluminio del calorimetro in quantità tale da raggiungere lo stesso livello della precedente (in tale condizione il contatto è il più stretto possibile).

**Esperimento 1:** scaldare 100 ml di acqua, nel matraccio, a 80°C; quindi immergere il matraccio nell'acqua del vaso, avendone misurata la temperatura iniziale. Far partire il cronometro e, ad intervalli di tempo uguali (ad esempio ogni 60") misurare alternativamente con il termometro la temperatura  $\delta_m$  dell'acqua del matraccio e la temperatura  $\delta_b$  dell'acqua nel bicchiere.

Annotare i valori di  $\delta_m$  e  $\delta_b$ , via via rilevati, in una tabella come quella sottoindicata:

Temperatura ambiente  $\delta_a = \dots \text{ }^\circ\text{C}$

Tempi (s).....0		60"	120"	180"	240"	300"	360"
Temperatura $\delta_m$ (°C)	80		.....		.....		.....
Temperatura $\delta_b$ (°C)	$\delta_i$	.....		.....		.....	

Proseguire i rilevamenti fino a che  $\delta_m = \delta_b$  e continuare ancora per qualche minuto (la prova dall'inizio richiede circa 15 minuti).

**Esperimento 2:** procedere come nell'esperimento 1, ponendo, questa volta, l'acqua calda a 80°C nel vaso di alluminio e l'acqua fredda nel matraccio.

Al termine dei rilevamenti lasciare invariato il montaggio e misurare la temperatura del sistema dopo 10', 20', 30'.

**Conclusioni:** con i valori tabulati nell'esperimento 1 rappresentare graficamente le temperature  $\delta_m$  e  $\delta_b$  in funzione del tempo; indicare anche nello stesso grafico la retta che rappresenta la temperatura costante  $\delta_a$  dell'ambiente.

Descrivere la forma delle curve  $\delta_m = f(t)$  e  $\delta_b = f(t)$  e cercarne il significato.

Analogamente costruire un secondo grafico con i valori tabulati nell'esperimento 2 e riportare in esso anche i rilevamenti  $\delta_s$  dopo che il sistema ha raggiunto l'equilibrio termico.

Confrontare i due grafici e cercare una spiegazione della diversa forma dei due.

Si osserva in entrambi i casi che il corpo caldo ha ceduto calore al corpo freddo e non viceversa; la temperatura  $\delta_s$  del sistema in equilibrio termico è compresa tra la temperatura  $\delta_c$  del corpo originariamente caldo e la temperatura del corpo freddo ( $\delta_c > \delta_m > \delta_f$ ).

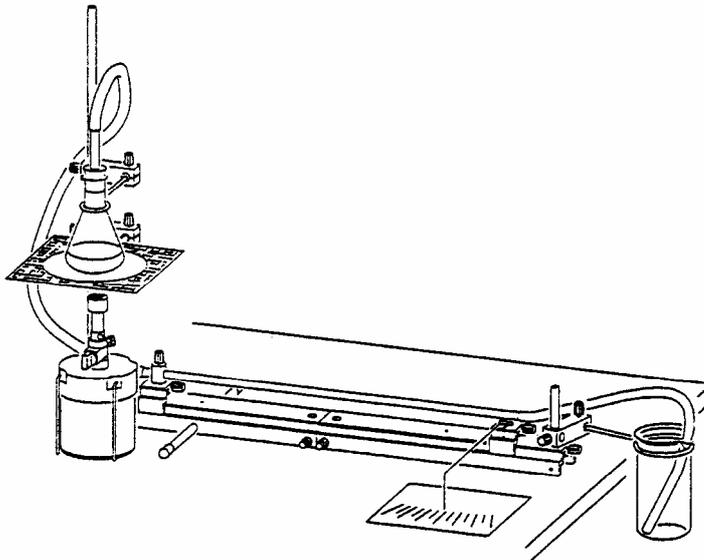
Si può infine notare che, essendo  $\delta_m$  superiore a  $\delta_a$  dell'ambiente, il sistema deve cedere calore all'ambiente stesso fino a raggiungere con esso l'equilibrio termico; il sistema ridurrà la propria temperatura al valore  $\delta_a$ , poiché essendo l'ambiente molto grande, la sua temperatura non potrà variare in modo apprezzabile.

## DILATAZIONE LINEARE DEI SOLIDI

## Elementi occorrenti:

1S	Base	2
4S	Elemento di congiunzione	1
2S	Asta cm 25, con terminali	1
13S	Cavaliere con foro e fenditura	1
14S	Cavaliere con foro	^1
20C	Tubo di alluminio per dilatometro	1
21C	Idem - di ferro	1
22C	Indice con spina	1
23C	Spinotto di supporto	1
14C	Reticella	1
15C	Anelli di supporto	1
3C	Matraccio 100 ml	1
4C	Bicchiere in vetro 100 ml	1
9C	Tubo in vetro 80 x 8 mm	1
7C	Tubo in PVC m 1	1
24C	Tappo con foro	1
12S	Morsetto doppio	3
7S	Astina cm 10	

Bruciatore  
Fiammiferi



Quando si scalda un corpo, le cui dimensioni siano trascurabili rispetto alla lunghezza ( ad esempio un filo, una sbarra, un tubo ecc.) l'effetto visibile è la dilatazione lineare dello stesso, cioè un allungamento nel senso della maggiore dimensione.

Si vuole qui studiare, usando un tubo di ferro ed uno di alluminio, la relazione che lega l'allungamento di ciascun tubo all'incremento della temperatura e stabilire se tale dilatazione sia tipica di ciascuna sostanza oppure un effetto di carattere generale.

**Montaggio:** secondo la figura. La struttura di supporto è costituita da due basi congiunte dall'apposita piastrina e rese stabili dall'asta trasversale munita dei terminali di gomma; all'asta da cm 50, montata nel foro di sinistra della base, sono fissati due morsetti doppi (uno per l'anello grande, che sorregge la reticella, l'altro per l'anello piccolo nel quale deve essere infilato il collo del matraccio). Il tubo oggetto di studio viene montato nella base mediante due cavalieri di modo che l'estremità di sinistra (ove è tracciata una tacca) sia fissa, mentre l'estremità destra, nel cui forellino va innestato il piccolo tratto piegato dell'indice, resti libera per potersi allungare; la spina dell'indice va innestata nel foro del cavaliere di destra, e la posizione di questo regolata in modo che indice e tubo formino un angolo retto. Un'astina da cm 10, assicurata alla base nel foro di destra, un morsetto doppio e l'anello medio, sorreggono, fuori del piano del tavolo, il bicchiere destinato a raccogliere l'acqua di condensazione.

Versare circa 70 ml di acqua nel matraccio, chiuderlo con il tappo munito del raccordo di vetro da mm 80 e collegare quest'ultimo, tramite il tubo di plastica, al tubo di alluminio (usato per primo); un secondo tubo di plastica porta l'acqua di condensazione nel bicchiere (attenzione: perché ciò accada, il tubo deve avere curve verso l'alto).

**Esperimento 1:** accendere il Bunsen per portare l'acqua all'ebollizione ed attendere che il tubo raggiunge la temperatura del vapore, cioè 100°C. (Ciò in pratica accade, quando dal tubo di plastica non esce più acqua di condensazione ma solo vapore). Leggere sulla scala lo spostamento  $S_a$  in mm dell'indice dalla posizione iniziale e prenderne nota per i successivi calcoli.

**Esperimento 2:** sostituire il tubo di alluminio con quello di ferro e ripetere la prova, annotando anche in questo caso lo spostamenti  $S_f$  in mm dell'indice dalla posizione iniziale.

**Conclusioni:** Calcolare l'allungamento reale di ciascun tubo, considerando che il sistema a leva dell'indice amplifica il movimento di 40 volte:

$$\Delta l (\text{alluminio}) = S_a : 40 \qquad \Delta l (\text{ferro}) = S_f : 40$$

Inoltre, poiché l'allungamento è sempre riferito all'unità di lunghezza, cioè al metro, mentre i tubi sono lunghi cm 50, occorre moltiplicare per 2 il valore di  $\Delta l$  dell'alluminio e del ferro.

Infine, per avere l'allungamento provocato da un incremento di 1°C della temperatura basterà dividere i due  $\Delta l$  per  $(100 - \delta_a)^\circ\text{C}$ , ove  $\delta_a$  è la temperatura ambiente. I risultati ottenuti rappresentano il valore del coefficiente di dilatazione lineare  $\lambda$  rispettivamente dell'alluminio e del ferro.

Si può quindi concludere che la dilatazione lineare dei solidi è:

- direttamente proporzionale all'incremento della temperatura
- direttamente proporzionale alla lunghezza iniziale
- dipende dalla natura della sostanza

La lunghezza  $l$  del corpo alla temperatura  $\delta$  risulta da:

$$l_\delta = l_0 (1 + \lambda \delta),$$

essendo  $l_0$  la lunghezza del corpo a 0°C.

**Nota:** se il corpo ha tre dimensioni tali da non poterne trascurare alcuna, un aumento della temperatura provoca una dilatazione lungo le tre dimensioni ed il risultato è incremento di volume. Pertanto si ha:

$$V_\delta = V_0 (1 + 3\lambda \delta),$$

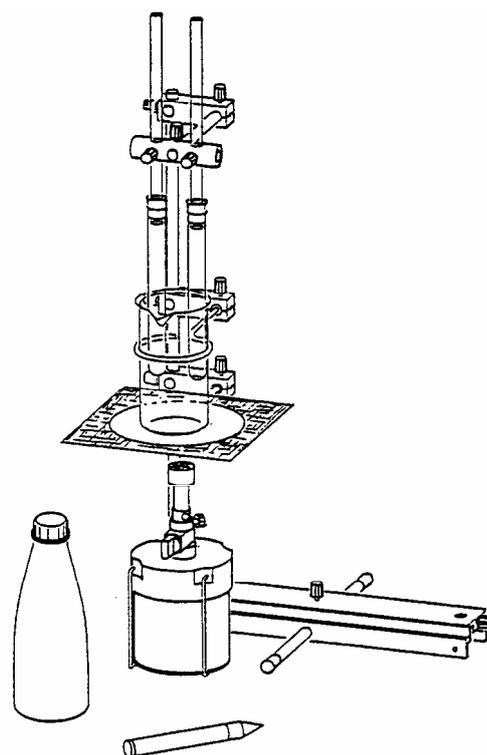
cioè il coefficiente di dilatazione cubica di una sostanza è uguale al triplo del suo coefficiente di dilatazione lineare.

## DILATAZIONE DEI LIQUIDI

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25, con terminali	1
7S	Asta cm 10	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	3
10S	Morsetto rotondo	1
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di supporto	1
4C	Bicchieri in vetro 100 ml	1
10C	Tubo in plastica 20 cm	2
25C	Tappo di gomma con foro	2
6C	Provette in vetro 160 x 16	2
10C	Termometro -10 ...+100°	1
31C	Matita vetrografica	1
30C	Petrolio	1
3C	Matraccio 100 ml	1
13C	Calorimetro	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Straccio



Quando, mediante riscaldamento, si aumenta la temperatura di un liquido, si incrementa l'energia cinetica delle sue molecole, le quali, vibrando con maggiore ampiezza, vengono ad occupare un volume più grande; dal punto di vista macroscopico il fenomeno si manifesta con una dilatazione cubica, la cui espressione formale è simile a quella indicata nel precedente esperimento.

Scopo di questo esperimento è verificare se l'aumento di volume è proporzionale all'incremento della temperatura e se esso dipende dalla natura del liquido.

**Montaggio:** secondo le indicazioni della figura. L'asta verticale, fissata nel foro di sinistra della base, sorregge nell'ordine, mediante 3 morsetti doppi, l'anello grande con la reticella, l'anello medio con il bicchiere da 250 ml ed infine l'astina da cm 10 con il morsetto rotondo, nei cui fori paralleli vengono fatti passare i due tubi di plastica emergenti dalle provette. Il bicchiere colmo d'acqua costituisce un bagno-maria per riscaldare uniformemente i liquidi posti nelle due provette. Nel secondo esperimento esso è costituito dal vaso di alluminio del calorimetro e quindi l'anello medio va eliminato.

**Esperimento 1:** riempire le due provette fin quasi all'orlo con due liquidi diversi ( ad esempio, acqua, olio di oliva, essenza di petrolio ecc.); innestare due tubetti di plastica nel foro di due tappi di gomma, osservando che essi raggiungano il bordo inferiore di questi senza emergere dal rispettivo foro.

Chiudere ciascuna provetta con un tappo e premere leggermente: il liquido salirà di alcuni centimetri nel tubo e nella massa liquida non rimarranno bolle d'aria. Porre le due provette nel bagno-maria ed assicurarle verticalmente con il morsetto rotondo di modo che restino a 5-6 cm del bicchiere.

Segnare con la matita vetrografica il livello iniziale del liquido in ciascun tubo, misurare la temperatura  $\delta_i$  del bagno, prenderne nota, quindi accendere il becco Bunsen ed iniziare il riscaldamento. Osservare il comportamento dei due liquidi e, ad ogni incremento di 20°C della temperatura, segnare con la matita il livello raggiunto da ciascuno nel proprio tubo.

Proseguire fino a 80°C, poi spegnere il Bunsen.

Prendere nota dei liquidi usati e, per ciascuno di essi, indicare il valore della temperatura via via misurati ed a fianco di essi l'ampiezza degli intervalli corrispondenti rilevati sui tubi con un righello millimetrato.

**Esperimento 2:** misurare con esattezza il volume di acqua necessario per riempire il matraccio fino a circa 1 cm dall'orlo, poi chiuderlo con il tappo munito di un tubo di plastica, seguendo le precauzioni indicate nell'esperimento 1. Segnare con la matita vetrografica il livello raggiunto dal liquido. Immergere il matraccio nel bagno-maria costituito, questa volta, dal vaso calorimetrico di alluminio e prendere nota delle condizioni iniziali (volume  $V_i$  del liquido alla temperatura  $\delta_i$  ..Accendere il Bunsen, poi segnare il livello dell'acqua nel tubo, quando la temperatura del bagno è salita di 20°C, di 40°C e di 60°C.

spegnere la sorgente di calore e misurare con il righello millimetrico la distanza di ciascuna tacca da quella di partenza.

Annotare questi valori ( $\Delta h$ ) a fianco dei corrispondenti incrementi di temperatura ( $\Delta\delta$ ).

**Conclusioni:** nel primo esperimento si è osservato che, per un determinato liquido, uguali incrementi di temperatura producono identici aumenti di volume, mentre uguali incrementi di temperatura provocano in liquidi diversi aumenti di volume diversi (la dilatazione dipende cioè dalla natura del liquido).

Misurare il diametro interno del tubo di plastica e calcolare per ciascun  $\Delta h$  del secondo esperimento il corrispondente  $\Delta V$ , segnando a fianco il  $\Delta\delta$  che lo ha prodotto.

Notare che  $\Delta V$  è proporzionale a  $\Delta\delta$ .

Osservare inoltre che, per l'acqua, gli stessi incrementi di temperatura hanno prodotto nel primo esperimento dei  $\Delta h$  notevolmente piccoli rispetto a quello del secondo esperimento: ciò dipende dal fatto che i volumi di acqua iniziali, nei due casi, sono notevolmente diversi.

Pertanto  $\Delta V = K \cdot V_i \cdot \Delta t$  dove  $K$  è il coefficiente di dilatazione del liquido.

Per calcolarlo è sufficiente il semplice passaggio:

$$K = \frac{\Delta V}{V_i \Delta t}$$

## DILATAZIONE DELL'ARIA A PRESSIONE COSTANTE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25, con terminali	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di supporto	1
4C	Bicchieri in vetro 100 ml	1
3C	Matraccio in vetro 100 ml	1
5C	Cilindro in plastica	1
24C	Tappo di gomma con foro	1
9C	Tubo in vetro 80 x 8 mm	1
7C	Tubo in PVC	1
13C	Calorimetro	1
1C	Termometro -10° ... +110°	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua

Il comportamento dei gas è legato alle variazioni di tre grandezze fisiche: volume, pressione e temperatura. Perciò, quando si incrementa la temperatura di un gas, si possono verificare due situazioni: se la pressione resta costante, il volume del gas aumenta oppure, se il volume resta costante, aumenta la sua pressione.

In questo esperimento verrà studiata la variazione di volume dell'aria, per effetto del riscaldamento, a pressione costante (trasformazione isobara).

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura come è schematizzato nell'illustrazione. Il matraccio, contenente aria alla pressione ambiente, deve essere chiuso con il tappo di gomma, nel cui foro è stato precedentemente innestato il tubo di vetro lungo mm 80 munito a sua volta di un tubo di prolungamento in plastica lungo circa 20 cm. Appoggiare sulla reticella il recipiente esterno del calorimetro e versarvi l'acqua in modo da realizzare un bagno-maria per il matraccio, che verrà mantenuto immerso in esso grazie ad una pinza per provette. Riempire il bicchiere da ml 250 con acqua di rubinetto.

**Esperimento:** accendere il Bunsen e portare l'acqua del bagno a 50°C onde scaldare, alla stessa temperatura, il matraccio e l'aria contenuta.

Tappare il tubo con un dito, estrarre rapidamente il matraccio dal bagno ed immergere il tubo nell'acqua del bicchiere. Attendere che il matraccio si sia raffreddato alla temperatura  $\delta_a$  dell'ambiente, poi, dopo aver nuovamente tappato il tubo con un dito, portarlo in posizione verticale onde far scendere in esso l'acqua presente nel tubo. Misurare con precisione il volume dell'acqua salita nel matraccio, osservando che esso è uguale al volume di aria fuoriuscita dal matraccio per effetto della dilatazione termica (a pressione costante in quanto il matraccio nel corso dell'esperimento, è rimasto aperto); pertanto il valore ottenuto corrisponde all'incremento di volume  $\Delta V_1$  subito dall'aria del matraccio nel passaggio dalla temperatura ambiente alla temperatura di 50°C (cioè in conseguenza del salto termico  $\Delta\delta_1 = 50 - \delta_a$ ).

Misurare con precisione il volume del matraccio fino al bordo inferiore del tappo di chiusura.  
Riunire i dati sperimentali per i successivi calcoli:

-	volume del matraccio	: ..... cm <sup>3</sup>
-	temperatura ambiente	: $\delta_a = 20^\circ\text{C}$ (ad es.)
-	temperatura di riscaldamento	: $\delta_{r1} = 50^\circ\text{C}$
-	salto termico	: $\Delta\delta_1 = 30^\circ\text{C}$
-	incremento volume	: $\Delta V_1 = \dots\text{cm}^3$
-	rapporto $\Delta V_1/\Delta\delta_1$	: .....
-	volume del matraccio	: ..... cm <sup>3</sup>
-	temperatura ambiente	: $\delta_a = 20^\circ\text{C}$
-	temperatura di riscaldamento	: $\delta_{r2} = 80^\circ\text{C}$
-	salto termico	: $\Delta\delta_2 = 60^\circ\text{C}$
-	incremento volume	: $\Delta V_2 = \dots\text{cm}^3$
-	rapporto $\Delta V_2/\Delta\delta_2$	: .....

Ripetere l'esperimento, riscaldando il bagno a  $80^\circ\text{C}$  ed annotare nella seconda tabella i rilevamenti effettuati ed i risultati del calcolo.

**Conclusioni:** se si riscalda un gas a pressione costante, esso aumenta di volume, l'incremento di volume  $\Delta V$  subito dal gas è proporzionale all'incremento  $\Delta\delta$  di temperatura, che lo ha prodotto, come appare dal fatto che:

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta\delta_1} = \frac{\Delta V_2}{\Delta\delta_2} = \dots = \text{cost.}$$

Questa costante, indicata con  $\alpha$ , rappresenta l'incremento di volume subito da 1 cm<sup>3</sup> di aria per effetto di un aumento di temperatura di  $1^\circ\text{C}$ .

Pertanto si può scrivere:

$$\Delta V = \alpha \cdot \Delta\delta$$

e, indicando con  $V_a$  il volume del gas alla temperatura ambiente  $\delta_a$  e con  $V_\delta$  il volume raggiunto dallo stesso gas alla temperatura  $\delta$ , si ottiene  $V_\delta - V_a = \alpha (\delta - \delta_a)$  da cui:

$$V_\delta = V_a [1 + \alpha (\delta - \delta_a)]$$

Se  $\delta_a = 0^\circ\text{C}$ , si ha la nota relazione:

$$V_\delta = V_o (1 + \alpha \delta)$$

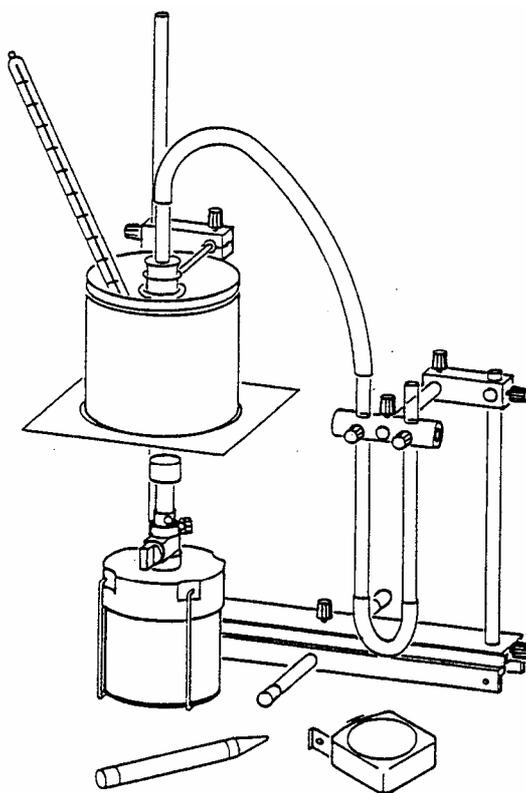
**Nota:** l'incremento di volume di un gas, quando si aumenta la temperatura di  $1^\circ\text{C}$ , è pari a  $1/273$  del volume iniziale ed è uguale per tutti i gas. La dilatazione termica dei gas, a pressione costante, è una caratteristica generale, che non dipende, quindi, dalla natura del gas, né dal fatto che il gas sia puro oppure un miscuglio di gas.

## VARIAZIONE DI PRESSIONE DELL'ARIA A VOLUME COSTANTE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
7S	Asta cm 10	1
12S	Morsetto doppio	3
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di sostegno	1
13C	Calorimetro	1
2C	Matraccio ml 100	1
9C	Tubo in vetro mm 80	1
10C	Tubo in plastica cm 20	2
24C	Tappo di gomma con foro	1
8C	Tubo in PVC	1
1C	Termometro da laboratorio	1
31C	Matita vetrografica	1
27C	Colorante	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Righello  
Acqua



Quando si varia la temperatura di un gas si possono verificare due situazioni: il volume del gas varia e la pressione resta costante (trasformazione isobara) oppure il volume resta costante e la pressione varia (trasformazione isocora).

Scopo di questo esperimento è studiare come varia la pressione del gas (nel nostro caso con l'aria) con il riscaldamento, mantenendo costante il volume del gas stesso.

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura come è schematizzata nell'illustrazione. Il matraccio, il cui volume è noto dal precedente esperimento, va chiuso con il tappo, munito del tubetto di vetro da mm 80 e del tubo di PVC, che lo collegherà al manometro; la sua posizione nell'acqua del bagno-maria è assicurata dall'anello piccolo sorretto da un morsetto doppio (l'acqua del bagno deve essere alla temperatura ambiente).

Il manometro, costituito dai due tubi di plastica congiunti dal tubo da cm 20, è sorretto dal manico, le cui viti di fissaggio dei tubi non devono essere chiuse eccessivamente per non rompere i tubi stessi; l'acqua colorata deve essere immessa in quantità tale da superare di circa cm 1 la giunzione dei tubi di plexiglas con il tubo di plastica. Segnare con la matita vetrografica il livello del liquido manometrico nei due tubi, quindi, premendo leggermente il tubo di plastica del matraccio, innestare l'estremità libera nel tubo sinistro del manometro: in tal modo il livello del liquido dovrebbe restare invariato (se ciò non fosse, ripetere l'operazione fino ad ottenere questo risultato).

**Esperimento:** accendere il Bunsen per riscaldare l'acqua del bagno-maria, agitando con il termometro. Quando la temperatura è salita di  $3^{\circ}\text{C}$ , segnare sul tubo di destra il nuovo livello. Continuare il riscaldamento per altro  $3^{\circ}\text{C}$ , poi spegnere il Bunsen ed indicare con la matita il livello raggiunto dall'acqua colorata nello stesso tubo.

Misurare con precisione il dislivello  $h$ , tra la tacca iniziale (corrispondente alla temperatura ambiente  $\delta_a$ ) e quella determinata dalla temperatura  $\delta_1$  e successivamente misurare il dislivello  $h_2$  causato dalla temperatura  $\delta_2$ .

Riunire i dati sperimentali per i successivi calcoli:

-	Volume del matraccio	: ..... cm <sup>3</sup>	Pressione ambiente: P <sub>a</sub> = ..... mbar
<hr/>			
-	Temperatura ambiente	: δ <sub>a</sub> = 20°C (ad es.)	
-	Temperatura di riscaldamento	: δ <sub>r1</sub> = 23°C	
-	Salto termico	: Δδ <sub>1</sub> = 3°C	
-	Dislivello h <sub>1</sub>	: Δδ <sub>1</sub> = .....mm	
-	Incremento di pressione	: ΔP <sub>1</sub> = ..... mm H <sub>2</sub> O	
-	Rapporto ΔP <sub>1</sub> /Δδ <sub>1</sub>	: .....	
--	Temperatura ambiente	: δ <sub>a</sub> = 20°C (ad es.)	
-	Temperatura di riscaldamento	: δ <sub>r2</sub> = 26°C	
-	Salto termico	: Δδ <sub>2</sub> = 6°C	
-	Dislivello	: h <sub>2</sub> .... mm	
-	Incremento di pressione	: ΔP <sub>2</sub> = ..... mm H <sub>2</sub> O	
-	Rapporto ΔP <sub>2</sub> /Δδ <sub>2</sub>	: .....	

**Conclusioni:** se si riscalda un gas, mantenendone invariato il volume si verifica un incremento di pressione Δp proporzionale all'aumento Δδ di temperatura che lo ha determinato, come appare dal fatto che:

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta \delta_1} = \frac{\Delta P_2}{\Delta \delta_2} = \text{cost.}$$

Questa costante, indicata con β, rappresenta l'incremento di pressione che si verifica in un cm<sup>3</sup> di aria per effetto dell'aumento di 1°C della temperatura.

Pertanto si può scrivere: Δp = βΔt e, indicando con P<sub>a</sub> la pressione del gas alla temperatura ambiente δ<sub>a</sub> e con P<sub>δ</sub> la pressione dello stesso gas alla temperatura δ, si ottiene:

$$P_\delta - P_a = \beta(\delta - \delta_a), \text{ da cui:}$$

$$P_\delta = P_a [1 + \beta(\delta - \delta_a)].$$

Se δ<sub>a</sub> = 0°C, si ha la nota relazione:

$$P_\delta = P_o (1 + \beta\delta)$$

**Nota:** l'aumento di pressione, che si verifica in un gas, quando si aumenta la temperatura di 1°C, è pari a 1/273 della pressione iniziale ed è uguale per tutti i gas, cioè è una caratteristica non dipendente dalla natura del gas.

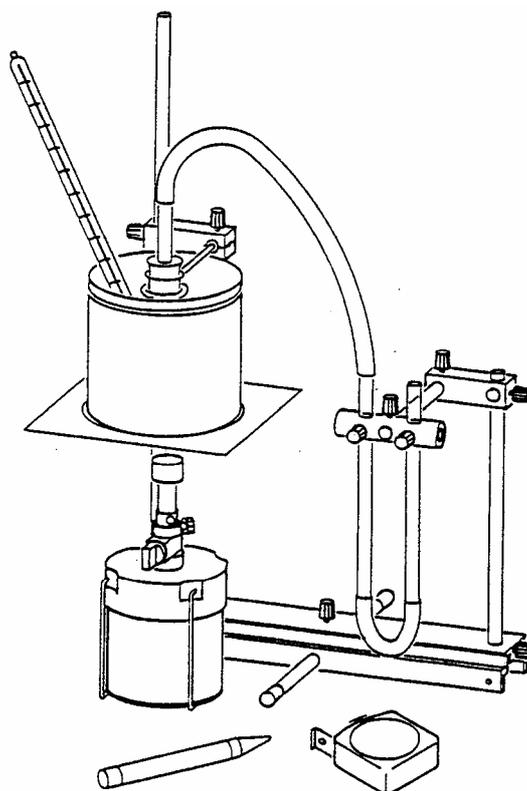
Il dislivello di 1 cm di acqua corrisponde a circa 1 millibar (mbar).

## IL TERMOMETRO A GAS

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
7S	Asta cm 10	1
12S	Morsetto doppio	3
10S	Morsetto rotondo manicotto	1
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di sostegno	1
13C	Calorimetro	1
2C	Matraccio ml 100	1
9C	Tubo in vetro mm 80	1
10C	Tubo in plastica cm 20	2
24C	Tappo di gomma con foro	1
8C	Tubo in PVC	1
1C	Termometro da laboratorio	1
31C	Matita vetrografica	1
27C	Colorante	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Righello  
Acqua



Il termometro a gas è uno strumento di misura molto preciso, il cui principio di funzionamento si basa sulle osservazioni fatte nell'esperimento C 2.4. Infatti, poiché in una trasformazione isocora di un gas ad ogni variazione di temperatura corrisponde una variazione proporzionale della pressione dello stesso gas, dalla misura di quest'ultima è possibile calcolare la variazione di temperatura che l'ha prodotta e quindi il valore della temperatura.

Nei termometri a gas vengono utilizzati l'idrogeno, l'elio, l'azoto ecc... , il comportamento dei quali è simile a quello di un gas perfetto; in questa sede, per ovvie ragioni pratiche, verrà usata l'aria.

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura come è indicato nella figura, operando secondo le descrizioni fornite nell'esperimento C 2.4. .

**Esperimento:** accendere il Bunsen e lasciarlo in funzione 60 secondi; in tal modo l'acqua del bagno-maria si riscalderà di alcuni gradi centigradi e, contemporaneamente si riscalderranno il matraccio e l'aria in esso contenuto.

Segnare con la matita vetrografica il livello raggiunto dal liquido nel tubo destro del manometro, poi misurare con precisione l'altezza  $h_s$  della tacca rispetto alle tacche iniziali (quando il volume era  $V_{a'}$ , la pressione  $P_a$  e la temperatura  $\delta_a$  ).

Riunire i dati sperimentali per i necessari calcoli:

- Pressione ambiente (lettera sul barometro) :  $P_a = \dots$  mbar
- Temperatura ambiente :  $\delta_a = 20^\circ\text{C}$  (ad esempio)
- Dislivello :  $h_2 = \dots$  mm
- Variazione di pressione :  $\Delta P_\delta = \dots$  mm H<sub>2</sub>O
- Costante della trasformazione isocora :  $\beta = \dots$

**Conclusioni:** dalla relazione  $P_\delta - P_a = \beta (\delta - \delta_a)$  si può ricavare immediatamente che:

$$\delta = \frac{\Delta P}{\beta} + \delta_a$$

e quindi calcolare il valore della temperatura  $\delta$  del bagno-maria.

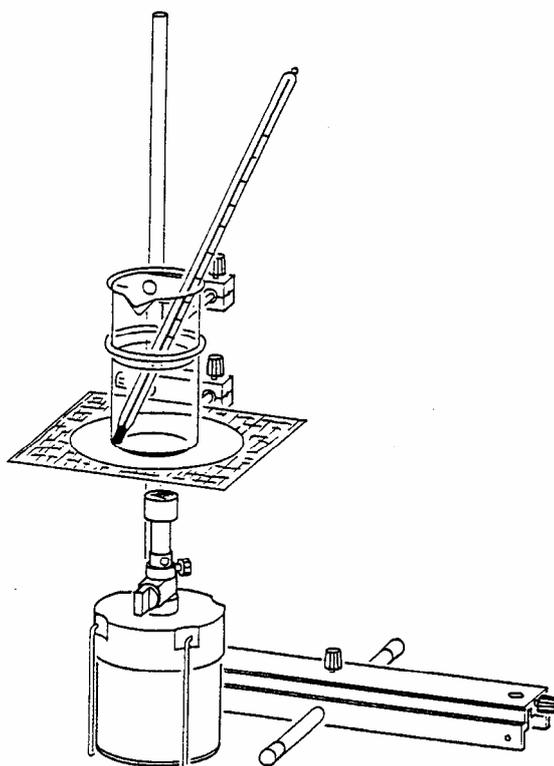
Misurare la temperatura del bagno-maria e confrontarlo con il valore ricavato sperimentalmente.

## TEMPERATURA E CALORE

## Elementi occorrenti:

<b>1S</b>	Base	1
<b>2S</b>	Asta cm 25	1
<b>3S</b>	Terminali	2
<b>26C</b>	Asta cm 50	1
<b>12S</b>	Morsetto doppio	2
<b>14C</b>	Reticella spargifiamma	1
<b>15C</b>	Anelli di sostegno	1
<b>4C</b>	Bicchiere di vetro ml 250	1
<b>1C</b>	Termometro da laboratorio	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Cronometro



Il calore è la forma di energia più diffusa in natura. Essa proviene dalle fonti più diverse: dal sole, dalle combustioni, dalle reazioni chimiche e nucleari e, in generale, come sottoprodotto di qualsiasi trasformazione energetica ( ad esempio dall'energia meccanica trasformata in calore a causa dell'attrito, dall'energia elettrica trasformata in calore ad opera della resistenza dei conduttori, ecc.). Dalle sorgenti di calore l'energia si propaga nei corpi a contatto, riscaldandoli.

Il fenomeno è dovuto al fatto che l'energia termica, fornita dalla sorgente, va ad incrementare l'energia cinetica delle molecole del corpo, le quali amplificano via via le loro vibrazioni, trasmettendole alle molecole vicine: il risultato è la propagazione del calore nel corpo ed un aumento complessivo della sua temperatura.

Poiché il calore è energia, la sua misura è il Joule (J), tuttavia in questi primi esperimenti verrà utilizzata una vecchia unità, la caloria, la quale presenta il pregio di essere facilmente comprensibile. Questa unità verrà definita nell'esperimento C 3.2. .

**Montaggio:** disporre l'apparecchiatura come appare nella figura, poi preparare una tabella simile a quella sottoriportata, in modo da riunire i dati sperimentali.

Massa d'acqua : 75 g			massa d'acqua: 150 g			Massa d'acqua: 225 g		
t min	$\delta$ °C	$\Delta\delta$ °C	t min	$\delta$ °C	$\Delta\delta$ °C	t min	$\delta$ °C	$\Delta\delta$ °C
0	...	...	0	...	...	0	...	...
1	...	...	1	...	...	1	...	...
2	...	...	2	...	...	2	...	...
3	...	...	3	...	...	3	...	...

**Esperimento:** Versare 75 g (75 ml) di acqua nel bicchiere da 250 ml e misurarne la temperatura iniziale al tempo 0. Accendere il Bunsen e contemporaneamente far partire il cronometro. Agitare l'acqua con il termometro, durante il riscaldamento e, ad intervalli regolari di 1 minuto, rilevare la

temperatura, il cui valore dovrà essere riportato in tabella. Effettuare almeno 5 rilevamenti senza mai variare la regolazione del bruciatore.

Sostituire l'acqua calda con 150 g di acqua fredda alla stessa temperatura iniziale e ripetere le misurazioni sempre ad intervalli di 1 minuto. Tabulare i valori di  $\delta$  letti sul termometro.

Ripetere ancora la prova con 225 g di acqua.

Ripartire in un solo grafico i valori della temperatura dell'acqua (nelle tre prove) in funzione del tempo e tracciare le tre curve in colori diversi.

**Conclusioni:** poiché la regolazione del bruciatore è rimasta invariata nelle tre prove eseguite, la quantità di calore fornita dalla combustione all'acqua è sempre la stessa in ogni unità di tempo.

Calcolare l'aumento di temperatura  $\Delta\delta$  per ogni minuto di ciascuna delle tre prove e riportare i valori nelle rispettive colonne.

Le tre rette ottenute nel grafico e le tre colonne  $\Delta\delta$  mostrano chiaramente che l'aumento della temperatura dell'acqua è direttamente proporzionale alla quantità di calore  $Q$  assorbita ( $Q \sim \Delta\delta$ ); inoltre, dalla diversa pendenza delle tre rette e dai valori di  $\delta$  (diversi nelle tre prove), si può osservare che l'incremento di temperatura dell'acqua, a parità di quantità di calore assorbita, è inversamente proporzionale alla massa  $m$  dell'acqua.

Riunendo le osservazioni, si ottiene:

$$Q \sim m \cdot \Delta\delta$$

Ovvia conclusione dell'esperimento è che calore e temperatura sono due concetti assolutamente diversi tra di loro, da non confondersi l'un l'altro: il calore è una forma di energia, mentre la temperatura indica lo stato termico di un corpo.

Ad esempio: un litro di acqua in ebollizione (cioè alla temperatura di 100°C) possiede una quantità di calore enormemente più piccola di quella dell'intero Mar Mediterraneo, la cui acqua ha mediamente la temperatura di 18°C.

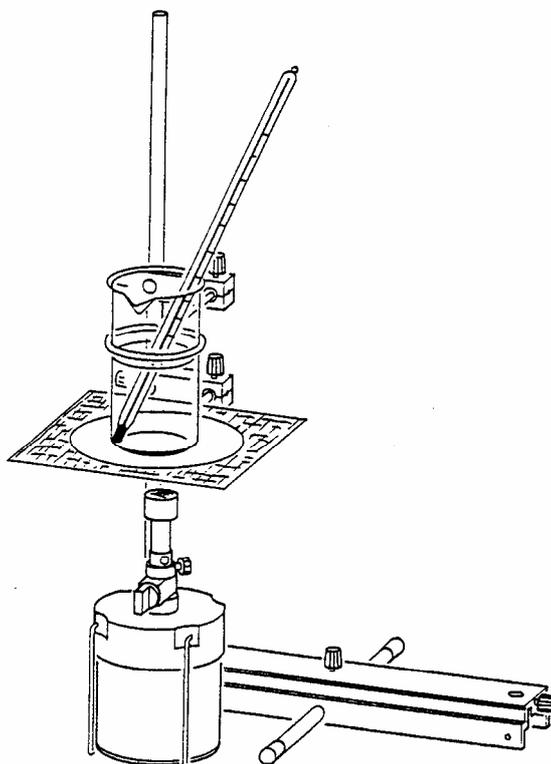
**Nota:** conservare le tabelle ed i grafici in quanto essi saranno utilizzati nell'esperimento C 3.2.

## LA CAPACITA' TERMICA

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di sostegno	1
4C	Bicchieri di vetro ml 250	1
1C	Termometro da laboratorio	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Cronometro  
Olio di oliva  
Bilancia



E' noto dall'esperimento C 3.1. che, quando si fornisce calore ad una determinata massa d'acqua, la temperatura di questa aumenta in modo direttamente proporzionale alla quantità di calore assorbita; è anche noto che, variando la massa dell'acqua l'incremento di temperatura è, a parità di energia termica assorbita, inversamente proporzionale alla massa d'acqua usata. Questo fenomeno si verifica con tutti i corpi, nella stessa misura dell'acqua, oppure l'incremento della temperatura dipende dalla sostanza costituente i corpi stessi?

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione, poi preparare una tabella come quella sotto riportata, in modo da riunire in essa i valore delle misure effettuate sul corpo in esame:

Massa del liquido : 75 g			massa del liquido: 150 g			Massa del liquido: 225 g		
t min	$\delta$ °C	$\Delta\delta$ °C	t min	$\delta$ °C	$\Delta\delta$ °C	t min	$\delta$ °C	$\Delta\delta$ °C
0	...	...	0	...	...	0	...	...
1	...	...	1	...	...	1	...	...
2	...	...	2	...	...	2	...	...
3	...	...	3	...	...	3	...	...

**Esperimento:** il procedimento seguito nella presente prova è identico a quello descritto nell'esperimento C 3.1.; esso, tuttavia è applicato ad un liquido diverso (ad esempio: olio di oliva). Misurare su una bilancia 75 g di olio di oliva nel bicchiere da 250 ml e derminarne la temperatura iniziale; accendere il Bunsen e far partire il cronometro nell'istante in cui si espone l'olio al riscaldamento. Agitare il liquido con il termometro quindi, ad intervalli regolari di 1 minuto, leggere la temperatura e riportare i valori in tabella.

Sostituire l'olio caldo con 150 g di olio freddo alla stessa temperatura iniziale, poi procedere al riscaldamento del liquido e al rilevamento della temperatura secondo le precedenti modalità. Infine ripetere la prova con 225 g di olio di oliva.

Riportare in un solo grafico, in funzione del tempo  $t$ , il valore della temperatura dell'olio (nelle tre prove) e tracciare le tre curve in diversi colori.

**Conclusioni:** la quantità di calore fornita in ogni unità di tempo all'olio di oliva dalla combustione del gas è rimasta costante, poiché la regolazione del bruciatore non è stata variata nel corso delle tre prove. Calcolare l'incremento di temperatura  $\Delta\delta$ , per ogni minuto di riscaldamento, delle tre diverse quantità di liquido e riportarne i valori nelle corrispondenti colonne. Le tre rette del grafico e le tre colonne dei  $\Delta\delta$  mostrano che anche per l'olio di oliva l'incremento della temperatura è direttamente proporzionale alla quantità di calore fornita ed inversamente proporzionale alla massa di olio impiegata. Confrontare i risultati di questo esperimento con quello dell'esperimento C 3.1. ed osservare che, a parità di quantità di calore fornita ad identiche masse di acqua e di olio di oliva, l'incremento della temperatura dei due liquidi è diverso: ciò dimostra che il fenomeno dipende anche dalla natura della sostanza che costituisce il corpo. Quindi si può scrivere:

$$Q = c \cdot m \Delta\delta$$

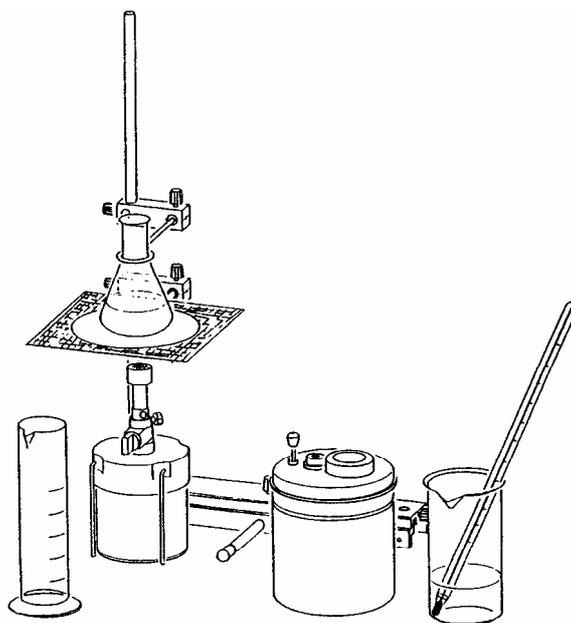
Se si pone  $\Delta\delta = 1^\circ\text{C}$  si ottiene la quantità di calore, che occorre fornire ad un corpo di massa  $m$  per innalzare la temperatura di 1 grado; il prodotto  $c \cdot m$  si chiama **capacità termica** del corpo in esame e la costante  $c$  è la sua capacità termica specifica (detta anche calore specifico) ovvero la quantità di calore che si deve fornire ad 1 grammo del corpo stesso per aumentarne la temperatura di  $1^\circ\text{C}$ .

**Nota:** assumendo l'acqua come sostanza di paragone e ponendo  $c = 1$ , si ottiene la definizione della **caloria**. La caloria (simbolo cal) è la quantità di calore necessaria per riscaldare 1 grammo di acqua pura da  $14,5^\circ\text{C}$  a  $15,5^\circ\text{C}$ .

## TEMPERATURA DELLE MESCOLANZE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di sostegno	1
3C	Matraccio ml 100	1
4C	Bicchieri in vetro ml 250	1
5C	Cilindro graduato	1
1C	Termometro da laboratorio	1
13C	Calorimetro	1
	Bruciatore	
	Fiammiferi	
	Acqua	
	Alcool	



Lo scambio di calore tra due corpi a contatto obbedisce al principio secondo il quale il calore passa dal corpo a temperatura più alta a quello a temperatura più bassa fino a che i due corpi raggiungono la stessa temperatura ( condizioni di equilibrio termico, esaminata nell'esperimento C 1.3.).

Scopo della presente esperienza è studiare la situazione energetica di due mescolanze: la prima ottenuta da due masse d'acqua a diversa temperatura, la seconda da una massa d'acqua e da una di alcool a temperature diverse.

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione. Scaldare sempre e soltanto l'acqua; non esporre alla fiamma l'alcool, i cui vapori potrebbero incendiarsi.

**Esperimento 1:** preparare la massa  $m_1 = 100$  g di acqua nel bicchiere da 250 ml e misurarne la temperatura iniziale  $\delta_1$  ; versare altri 100g (massa  $m_2$  ) di acqua nel matraccio da 100 ml e scaldarli alla temperatura  $\delta_2 = 60^\circ\text{C}$ .

Operando con rapidità, travasare l'acqua calda nel primo bicchiere, agitare con il termometro e leggere subito la temperatura finale  $\delta_f$  della mescolanza.

Annotare i valori sperimentali per i successivi calcoli:

$$\begin{array}{lll}
 m_1 = 100\text{g} & m_2 = 100\text{g} & m_1 + m_2 = 200\text{g} \\
 \delta_1 = 20^\circ\text{C (ad es.)} & \delta_2 = 60^\circ\text{C} & \delta_f = \dots^\circ\text{C} \\
 Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot \delta_1 = \dots \text{ cal} & Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot \delta_2 = \dots \text{ cal} & Q_1 + Q_2 = (c_1 m_1 + c_2 m_2) \delta_f = \dots \text{ cal}
 \end{array}$$

In questo esperimento  $c_1 = c_2 = 1$  poiché viene usata soltanto acqua.

Ripetere la prova con  $m_1 = 70\text{g}$ ,  $m_2 = 120\text{g}$ ,  $\delta_2 = 60^\circ\text{C}$ .

**Esperimento 2:** preparare nel bicchiere da 250 ml 100g di alcool e misurarne la temperatura iniziale  $\delta_1$  ; scaldare 100 g di acqua ( massa  $m_2$ ) a  $\delta_2 = 60^\circ\text{C}$  nel matraccio da 100 ml. Versare l'acqua calda nell'alcool e, agitando con il termometro misurare la temperatura finale  $\delta_f$  della mescolanza.

Riportare i dati sperimentali in una tabella come la precedente ed effettuare gli stessi calcoli, tenendo in conto che, in questo caso  $c_1 = 0,58 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$  (calore specifico dell'alcool) e  $c_2=1$  (acqua).

Se si ha tempo a disposizione, è utile ripetere ulteriormente le prove con diversi valori di  $m_1$ ,  $m_2$ , e  $\delta_2$ .

**Conclusioni:** calcolare la quantità di calore  $Q_2$  ceduta dall'acqua calda e la quantità di calore  $Q_a$  assorbita dall'acqua fredda. Cosa si constata confrontando tra loro i due valori? Com'è la situazione energetica quando le due quantità d'acqua miscelate sono in equilibrio termico?

Quando si mescolano due masse d'acqua uguali a temperature  $\delta_1$  e  $\delta_2$  diverse fra loro, la temperatura finale della miscela risulta:

$$\delta_f = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$$

Il valore reale di  $\delta_f$  è leggermente inferiore in quanto una parte del calore dell'acqua calda va a scaldare il bicchiere di vetro ed un'altra parte viene dispersa nell'ambiente, poiché il sistema non è isolato termicamente.

La temperatura finale  $\delta_f$  della mescolanza acqua/alcool è più elevata in quanto minore è la capacità termica della massa  $m_1$  di alcool.

Descrivere anche in questo caso la situazione energetica della mescolanza.

Come si può calcolare il valore della temperatura finale di una mescolanza, ottenuta da due masse qualsiasi di acqua, a qualsiasi temperatura  $\delta_1$  e  $\delta_2$  ?

Come si può calcolare il valore della temperatura finale di una mescolanza ottenuta da due masse qualsiasi di liquidi diversi a qualsi soglia temperature?

## MISURA CALORIMETRICA DELLA TEMPERATURA

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di sostegno	1
4C	Bicchieri in vetro ml 250	1
5C	Cilindro ml 100	1
13C	Calorimetro	1
11C	Parallelepipedo Al	1
1C	Termometro da laboratorio	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Filo

Quando due corpi a diversa temperatura vengono in contatto, energia termica passa dal corpo a temperatura più alta a quello a temperatura più bassa finché i due corpi raggiungono l'equilibrio termico ad una temperatura compresa fra le temperature dei due corpi nell'istante del contatto.

Il fenomeno, già esaminato nell'esperimento C 3.3. con due liquidi, verrà ora riprodotto, usando un solido e un liquido, al fine di stabilire se esso ha carattere generale; inoltre si userà una mescolanza per vedere se, attraverso misure calorimetriche, sia possibile determinare la temperatura del corpo che cede calore.

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione, tenendo presente che nel secondo esperimento verrà eliminato l'anello con la reticella ed in sua vece verrà montata un'astina, alla quale sospendere, tramite un filo metallico, il parallelepipedo di alluminio. Il riscaldamento di quest'ultimo avverrà nella prima prova in un bagno-maria e, nella seconda prova, direttamente alla fiamma del bruciatore (attenzione, quindi, a disporre il parallelepipedo allineato con il Bunsen ad una distanza di 5-6 cm). Per entrambe le prove occorre preparare 200g di acqua, alla temperatura ambiente, nel bicchiere da 250 ml.

**Esperimento 1:** mettere il parallelepipedo nel cilindro da 100 ml, dopo averne misurata la massa  $m$ , ed averlo munito di un pezzo di filo per poterlo estrarre dall'acqua calda. Versare acqua nel bicchiere in modo da coprire completamente il parallelepipedo, appoggiare il bicchiere sulla reticella e portare l'acqua all'ebollizione mediante il Bunsen. Attendere un paio di minuti per essere certi che il corpo di alluminio abbia raggiunto la temperatura  $\delta_1 = 100^\circ\text{C}$  e, nel frattempo misurare la temperatura iniziale  $\delta_2$  dei 200 g (massa  $m_2$ ) di acqua contenuti nel bicchiere da 250 ml. Agendo con la massima rapidità, estrarre il parallelepipedo dall'acqua in ebollizione ed immergerlo nell'acqua fredda. Agitare con il termometro ed infine misurare la temperatura  $\delta_f$  massima raggiunta dalla mescolanza acqua-solido.

Annotare i dati sperimentali per i successivi calcoli:

Solido (alluminio)	Acqua	Mescolanza
$m_1 = \dots \text{ g}$	$m_2 = 200\text{g}$	$m_1 + m_2 = \dots \text{ g}$

$\delta_1 = 100^\circ\text{C}$	$\delta_2 = 20^\circ\text{C}$ (ad es.)	$\delta_f = \dots\dots^\circ\text{C}$
$c_a = \dots\dots$	$c = 1$	
$Q_1 = c_a \cdot m_1 \cdot \delta_1 = \dots\dots \text{ cal}$	$Q_2 = m_2 \cdot \delta_2 = \dots\dots \text{ cal}$	$Q = (c_a \cdot m_1 + m_2) \delta_f = \dots\dots \text{ cal}$

**Esperimento 2:** scaldare il parallelepipedo direttamente alla fiamma del Bunsen per 2 minuti, poi immergerli nei 200g di acqua fredda del bicchiere da 250 ml.

Agitare con il termometro, quindi misurare la temperatura  $\delta_f$  della mescolanza.

Riunire i dati sperimentali in una tabella come la precedente ricordando che  $\delta_1$  è la temperatura incognita del parallelepipedo caldo.

**Conclusioni:** il primo esperimento mostra che la mescolanza, nella condizione di equilibrio termico, possiede una quantità di calore:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

La piccola differenza che si osserva nei risultati è dovuta al fatto, già noto, che il sistema, nel quale il fenomeno è stato riprodotto, non è isolato.

La misurazione di  $\delta_1$ , proposta nel secondo esperimento è possibile in quanto i valori di tutte le altre grandezze coinvolte sono noti; pertanto si può ricavare  $\delta_1$  dalla relazione:

$$(c_a \cdot m_1 + m_2) \delta_f = c_a \cdot m_1 \delta_1 + m_2 \delta_2$$

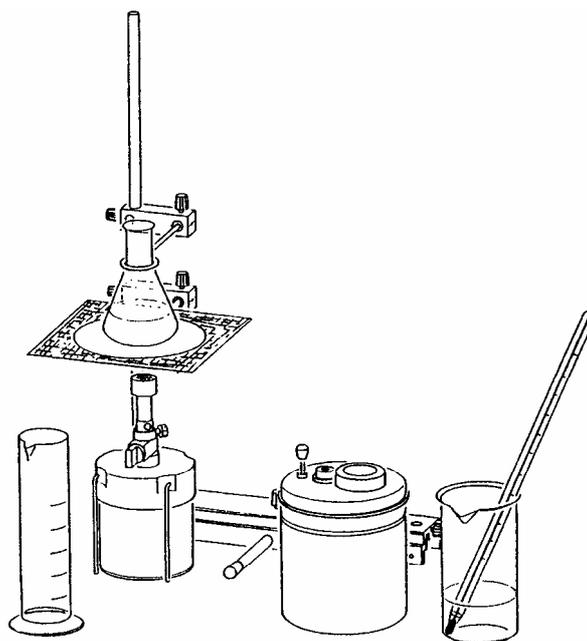
la quale esprime il bilancio energetico del fenomeno.

## IL CALORIMETRO DELLE MESCOLANZE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	1
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di supporto	1
13C	Calorimetro	1
1C	Termometro da laboratorio	1
3C	Matraccio ml 100	1
5C	Cilindro	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua



Le misurazioni calorimetriche delle precedenti esperienze sono state volutamente eseguite in sistemi non isolati sia per mostrare la difficile controllabilità dell'energia termica, sia per stimolare l'indagine sull'origine degli errori riscontrati. Misure sufficientemente precise di quantità di calore possono essere ricavate, mediante il metodo delle mescolanze, con il calorimetro; cioè con un sistema quasi isolato atto a minimizzare le perdite di calore verso l'esterno.

Esso è costituito da due vasi cilindrici, montati l'uno dentro l'altro ed isolati da una intercapedine di aria o di una sostanza cattiva conduttrice del calore ( come ad esempio il polistirolo espanso). In questo sistema è anche facile valutare l'incidenza, sul bilancio energetico, dell'assorbimento di calore da parte degli elementi del calorimetro a contatto con la mescolanza ( vaso interno, agitatore, termometro, ... ) , la quale si presenta come una costante strumentale.

Scopo del presente esperimento è determinare la suddetta costante, detta **equivalente in acqua** del calorimetro, in modo da poterla usare nelle misurazioni successive.

**Montaggio:** secondo l'illustrazione. La sorgente di calore viene usata per riscaldare l'acqua da miscelare a quella contenuta nel calorimetro.

Misurare con precisione due identiche masse di acqua (  $m_1 = m_2 = 50$  g ) e versarne una ( $m_1$ ) nel vaso interno del calorimetro, l'altra ( $m_2$ ) nel matraccio da 100 ml, appoggiato sulla reticella. Accendere il bruciatore e portare  $m_2$  all'ebollizione ( temperatura  $\delta_2 = 100^\circ\text{C}$ ); nel frattempo misurare la temperatura iniziale  $\delta_1$  dell'acqua nel calorimetro.

**Esperimento:** non appena  $m_2$  è all'ebollizione, versarla il più rapidamente possibile nel calorimetro. Chiudere il coperchio, agitare e misurare la temperatura finale  $\delta_f$  della mescolanza. Annotare i dati sperimentali per i successivi calcoli.

**Conclusioni:** poiché le masse d'acqua mescolate sono uguali ( $m_1 = m_2$ ) ed il calore specifico è  $c=1$  per entrambe, se il calore assorbito dall'acqua  $m_1$  alla temperatura  $\delta_1$ , fosse uguale al calore ceduto dall'acqua  $m_2$  alla temperatura  $\delta_2$ , la temperatura della miscelazione sarebbe:

$$\delta_m = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$$

In realtà la temperatura finale  $\delta_f$  è inferiore a  $\delta_m$  in quanto una parte del calore ceduto da  $m_2$  è servito a portare gli elementi del calorimetro, a contatto con la miscelazione, da  $\delta_1$  a  $\delta_f$  come se la massa d'acqua iniziale non fosse  $m_1$ , ma  $m_1 + m_e$  (pecìò  $m_e$  è detto **equivalente in acqua** del calorimetro).

Pertanto la relazione che esprime lo scambio termico complessivo nel calorimetro, essendo questo un sistema isolato, nel quale è usata soltanto acqua, è:

$$m_1 \cdot (\delta_f - \delta_1) + m_e \cdot (\delta_f - \delta_1) = m_2 \cdot (\delta_2 - \delta_f);$$

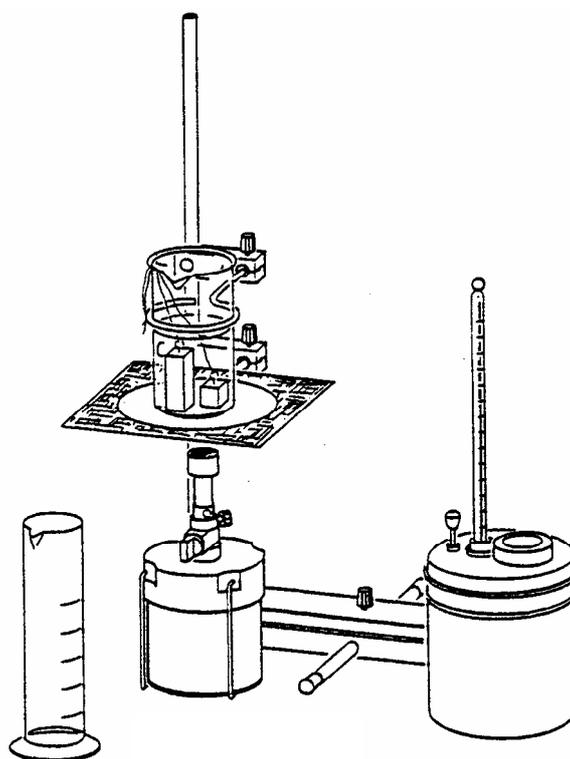
Da questa relazione, con semplici calcoli, usando i dati sperimentali, può essere ricavato il valore di  $m_e$ , cioè della costante strumentale da impiegare negli esperimenti che seguono (dovrà essere sommata ad  $m_1$  per ottenere misure precise di quantità di calore).

## CALORE SPECIFICO DEI SOLIDI

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	1
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di supporto	1
13C	Calorimetro	1
1C	Termometro da laboratorio	1
4C	Bicchiere ml 250	1
11C	Parallelepipedo Al	1
12C	Cubo di ferro	1
8S	Filo	
9S	Forbici	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua



Il calorimetro è lo strumento normalmente usato per determinare il calore specifico (capacità termica specifica) di sostanze solide e liquide, mediante il metodo delle mescolanze. Il calore specifico è una caratteristica tipica di ogni sostanza : esso rappresenta la quantità di calore che si deve fornire ad 1 grammo della sostanza in esame per elevarne la temperatura di 1 grado centigrado. Allo scopo nella massa di acqua  $m_1$ , contenuta nel calorimetro alla temperatura iniziale  $\delta_1$ , viene immerso il solido, di massa  $m_2$  e calore specifico  $c$  riscaldato alla temperatura  $\delta_2$ . Detta  $\delta_f$  la temperatura finale della mescolanza, dalla relazione

$$m_1 (\delta_f - \delta_1) + m_e (\delta_f - \delta_1) = c \cdot m_2 (\delta_2 - \delta_f)$$

si ricava rapidamente il calore specifico  $c_s$  del solido usato.

**Montaggio:** secondo l'illustrazione. Il corpo da scaldare ( parallelepipedo di alluminio e cubo di ferro) vengono scaldati nell'acqua del bicchiere, portata all'ebollizione. Un filo sottile, lungo circa 20 cm, legato al gancio, consente di estrarre il corpo caldo dall'acqua e di immerterlo nel calorimetro.

**Esperimento:** misurare 100 g di acqua e versarli nel vaso interno del calorimetro. Misurare la massa del parallelepipedo di alluminio e del cubo di ferro e prenderne nota. Scaldare per primo il corpo di alluminio, attendendo almeno 2 minuti dall'inizio dell'ebollizione dell'acqua in modo che la temperatura del corpo raggiunga e si stabilizzi a 100°C. Trasferire con rapidità il corpo caldo dal bicchiere al calorimetro; agitare e misurare la temperatura finale massima  $\delta_f$  raggiunta dalla mescolanza; annotarne il valore.

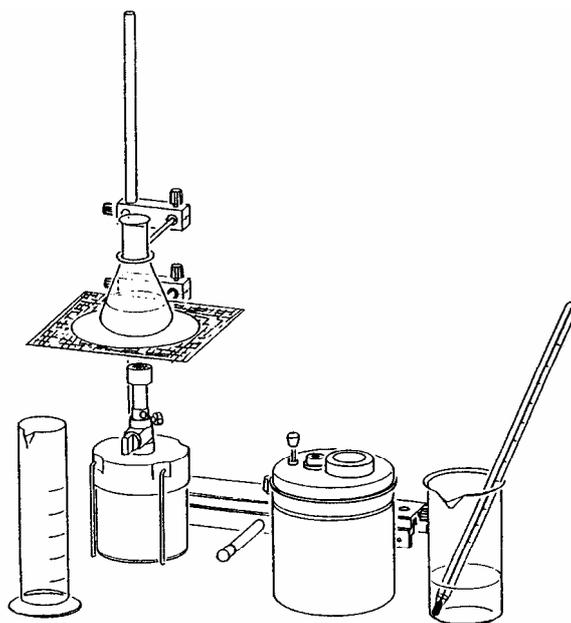


## CALORE SPECIFICO DEI LIQUIDI

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetti doppi	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Anelli di supporto	1
13C	Calorimetro	1
1C	Termometro da laboratorio	1
3C	Matraccio ml 100	1
4C	Bicchiere ml 250	1
5C	Cilindro ml 100	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Alcool  
Glicerina



Il problema della perdita di calore da parte della sostanza calda durante il trasferimento al calorimetro non è risolvibile per i solidi, ma per i liquidi può essere ovviato, scaldando l'acqua del calorimetro alla temperatura  $\delta_2$  ed immettendo in essa il liquido in esame alla temperatura iniziale dell'ambiente  $\delta_1$ . Questo procedimento, inoltre, garantisce la massima sicurezza in quanto evita il riscaldamento di sostanze infiammabili (come ad esempio l'alcool). Il calore specifico del liquido in esame può essere determinato con facilità dalla relazione:

$$m_2 (\delta_2 - \delta_f) + m_e (\delta_2 - \delta_f) = c \cdot m_1 (\delta_f - \delta_1)$$

ove  $m_2$  è la massa di acqua nel calorimetro,  $m_e$  l'equivalente in acqua dello stesso,  $m_1$  la massa del liquido, il cui calore specifico  $c$  deve essere determinato e  $\delta_f$  la temperatura finale della miscelazione.

**Montaggio:** secondo l'illustrazione. Il riscaldamento della massa  $m_2 = 50$  g di acqua, immessa nel matraccio da 100 ml, viene effettuato tramite il bruciatore. Preparare nel bicchiere la massa  $m_1 = 50$  g di alcool alla temperatura ambiente  $\delta_1$  (da misurare ed annotare).

**Esperimento:** accendere il bruciatore e scaldare l'acqua del matraccio a circa  $50 - 55^\circ\text{C}$ , poi versarla nel vaso interno del calorimetro; agitare e, quando la temperatura si è stabilizzata (dopo che l'acqua ha scaldato le parti interne dell'apparecchio), leggerne il valore  $\delta_2$ . Immediatamente versare nell'acqua l'alcool, agitare e leggere la temperatura finale  $\delta_f$  della miscelazione.

Prendere nota dei valori di  $\delta_2$  e  $\delta_f$ .

Togliere la miscela acqua-alcool dal calorimetro ed immettere altri 50 g di acqua, riscaldati nel frattempo a poco oltre i  $50^\circ\text{C}$ . Ripetere la prova con una massa  $m_1 = 50$  g di glicerina.

Annotare i dati sperimentali per i successivi calcoli:

Massa di acqua  $m_2 = 50$  g

Temperatura di riscaldamento  $\delta_2 = \dots$  °C

---

Massa di alcool  $m_1 = 50$  g      Temperatura iniziale  $\delta_1 = \dots$  °C  
 Temperatura mescolanza  $\delta_f = \dots$  °C      Increment. temp. alcool  $\Delta\delta = \delta_f - \delta_1 = \dots$  °C  
 Calore specifico dell'alcool etilico  $c = \dots$  cal/g°C

---

Massa di glicerina  $m_1 = 50$  g      Temperatura iniziale  $\delta_1 = \dots$  °C  
 Temperatura mescolanza  $\delta_f = \dots$  °C      Increment. temp. glicerina  $\Delta\delta = \delta_f - \delta_1 = \dots$  °C  
 Calore specifico della glicerina  $c = \dots$  cal/g°C

**Conclusioni:** il calore specifico dei due liquidi differisce di poco l'uno dall'altro come è facile intuire dal confronto dei due  $\Delta\delta$ . Il valore di ciascuno può essere calcolato dalla relazione:

$$c = \frac{(m_2 + m_e) \cdot (\delta_2 - \delta_f)}{m_1 (\delta_f - \delta_1)}$$

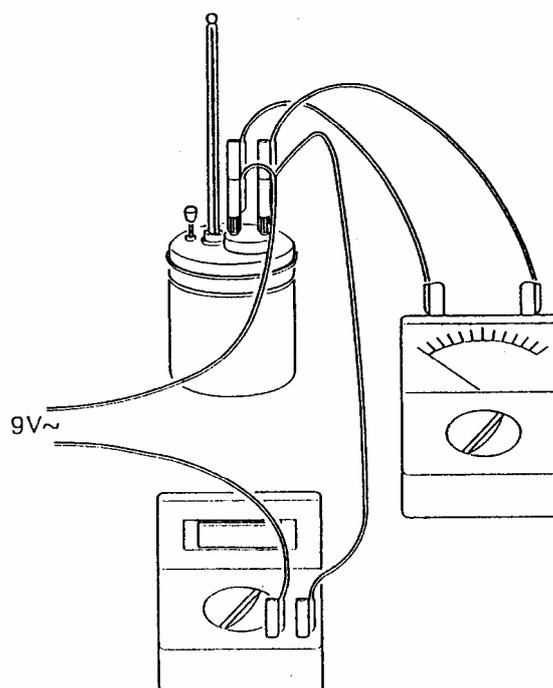
**Nota:** nel sistema SI il calore specifico è espresso in kJ/Kg.°C. L'argomento verrà ripreso, più propriamente, a conclusione dell'esperimento C 4.4.; in conseguenza di questo i valori di  $c$  ora calcolati potranno essere convertiti in accordo al suddetto sistema di unità di misura.

## LA CALORIA ED IL JOULE

## Elementi occorrenti:

<b>1C</b>	Termometro da laboratorio	1
<b>13C</b>	Calorimetro	1
<b>5C</b>	Cilindro ml 100	1

Alimentatore  
Fili di collegamento  
Voltmetro  
Amperometro  
Cronometro  
Acqua



Si è accennato in precedenza che il calore, essendo una forma di energia, ha come unità di misura, nel sistema SI, il Joule; si è anche giustificato l'uso della caloria con la semplicità concettuale ed operativa di questa unità di misura, spiegando che, al momento opportuno, dopo aver approfondito sufficientemente l'argomento, il passaggio dalla caloria al Joule sarebbe stato semplice.

Scopo del presente esperimento è stabilire il rapporto fra la caloria ed il Joule, misurando, in pratica, quanti Joule occorre fornire ad un grammo di acqua pura per produrre l'innalzamento di  $1^{\circ}\text{C}$  della sua temperatura.

Per poter misurare con precisione la quantità di calore fornita alla massa  $m$  di acqua, posta nel calorimetro (sistema isolato), il riscaldamento della stessa verrà effettuato mediante un dispositivo elettrico, che sfrutta l'effetto Joule (vedere esperimenti di elettrologia). In tal modo, tramite la relazione  $E = V \cdot I \cdot T$ , e grazie alla perfetta controllabilità dell'energia elettrica, dalle misure della tensione  $V$ , applicata alla resistenza riscaldante, dell'intensità di corrente  $I$ , che la percorre, e del tempo  $t$  di riscaldamento, si può calcolare agevolmente l'energia elettrica  $E$  che, trasformata in calore, ha prodotto l'innalzamento  $\Delta\delta$  della temperatura dell'acqua.

**Montaggio:** secondo l'illustrazione. Versare nel vaso interno del calorimetro 100g di acqua. Chiudere il vaso con il coperchio, poi collegare le due boccole di questo all'uscita in continua dell'alimentatore, interponendo in un ramo (come nella figura) l'amperometro onde misurare l'intensità di corrente  $I$ , che percorrerà la resistenza riscaldante immersa nell'acqua; mediante due cavetti collegare direttamente alle due boccole suddette il voltmetro, al fine di misurare la tensione  $V$ , che verrà applicata alla resistenza stessa.

Regolare l'alimentatore su 9 Vcc, predisporre i due strumenti per le misure in continua, partendo dai fondo scala più elevati per poi scendere, durante l'esperimento, a quelli idonei alle misurazioni.

**Esperimento:** leggere sul termometro la temperatura iniziale  $\delta_1$  dei 100 g di acqua. Accendere l'alimentatore e far partire contemporaneamente il cronometro; controllare il buon funzionamento del circuito, osservando gli strumenti di misura, quindi scendere, se necessario, al fondo scala più adatto a letture precise. Assicurarsi che gli indici non oscillino, ne qual caso controllare la

regolazione dell'alimentatore e la bontà dei contatti, poi, dopo 2 - 3 minuti, leggere il valore **V** (in volt) e di **I** (in ampere) e prenderne nota. Trascorsi 300 secondi, spegnere l'alimentatore, agitare l'acqua e leggerne la temperatura finale  $\delta_2$ .

Riunire i dati sperimentali per i successivi calcoli:

Massa di acqua:  $m = 100\text{g}$

Tempo di riscaldamento:  $t = 300\text{ s}$

Temperatura iniziale:  $\delta_1 = \dots\text{ }^\circ\text{C}$

Intensità di corrente:  $I = \dots\text{ A}$

Temperatura finale:  $\delta_2 = \dots\text{ }^\circ\text{C}$

Tensione applicata:  $V = \dots\text{ V}$

Salto termico :  $\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1 = \dots\text{ }^\circ\text{C}$

Energia elettrica:  $E = V \cdot I \cdot t = \dots\text{ J}$

**Conclusioni:** dalla relazione  $E = V \cdot I \cdot t$  calcolare l'energia elettrica utilizzata per produrre l'innalzamento di temperatura  $\Delta\delta$  dei 100 g di acqua.

Poiché l'unità di misura della tensione (Volt), dell'intensità di corrente (Ampere) e del tempo (secondo) sono unità fondamentali del sistema SI, il risultato che si ottiene per l'energia elettrica è in Joule.

Dividendo il valore di  $E$  per  $m$  (cioè per 100g), si ottiene il numero di Joule che hanno determinato l'innalzamento di temperatura  $\Delta\delta$  ad 1 grammo di acqua.

Infine dividendo il risultato ottenuto da  $E/m$  per  $\Delta\delta$  si perviene al numero di Joule utilizzati per riscaldare di  $1^\circ\text{C}$  un grammo di acqua.

Se le misure sono state eseguite con cura, nei limiti degli errori sperimentali, si ricava che:

$$1 \text{ caloria} = 4,186 \text{ Joule}$$

**Nota:** in base alla conclusione di cui sopra il calore specifico  $c$  delle sostanze solide e liquide, terminato in calorie nei precedenti esperimenti, può essere espresso in Joule, tenendo conto che, nel sistema SI è :

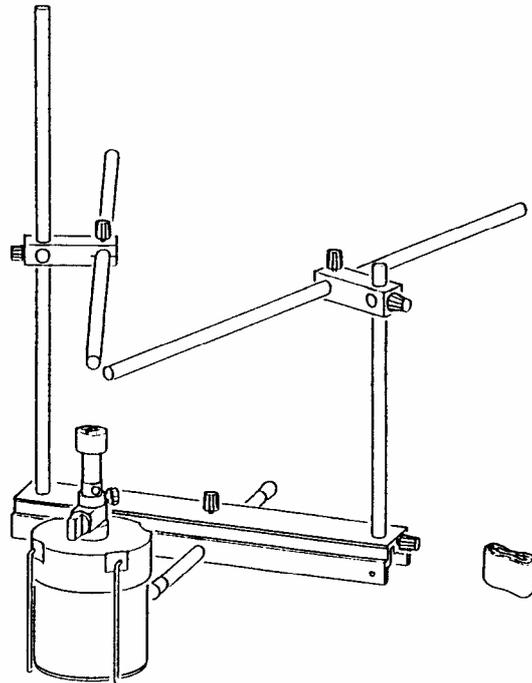
$$c = \text{kJ/Kg. }^\circ\text{C}$$

## LA CONDUZIONE DEL CALORE

## Elementi occorrenti:

<b>1S</b>	Base	1
<b>2S</b>	Asta cm 25	2
<b>3S</b>	Terminali	2
<b>12S</b>	Morsetto doppio	2
<b>26C</b>	Asta cm 50	1
<b>20C</b>	Tubo di alluminio per dilatometro	1
<b>21C</b>	Tubo in ferro per dilatometro	1
<b>28C</b>	Cera in barattolo	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Cronometro  
Carta per pulire i tubi



Lo scambio di calore tra due corpi a diversa temperatura, posti a contatto, o fra zone a diversa temperatura di uno stesso corpo è un fenomeno naturale di carattere generale, che avviene allo scopo di portare il sistema nelle condizioni di equilibrio termico. Esso, come è noto, non dipende dalla quantità di energia termica posseduta dai corpi, ma unicamente dalla differenza di temperatura esistente tra i medesimi corpi ed è perfettamente spiegabile con la teoria cinetica.

L'energia termica può propagarsi nei solidi, nei fluidi (liquidi e gas) e nel vuoto secondo tre diverse modalità: per conduzione, per convezione e per irraggiamento.

In questo esperimento verrà esaminata la conduzione, cioè la trasmissione di calore tipica dei solidi, la quale si verifica senza trasporto di materia (situazione che non deve meravigliare, se si considera l'elevato valore, in tali corpi, delle forze di coesione).

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura come nell'illustrazione. I tubi di alluminio e di ferro, sorretto nello stativo da due morsetti, sono orientati ad angolo di modo che le estremità anteriori si tocchino e possano essere scaldate entrambe dalla fiamma del bruciatore. La lunghezza dei tubi dal morsetto al punto di riscaldamento deve essere di cm 25.

Preparare 6 sferette di cera da far aderire, 3 per ogni tubo, a cm 7 l'una dall'altra (l'ultima deve essere a cm 3 dal morsetto, la prima a cm 8 dal punto di contatto in modo da avere 1 cm di tubo per la fiamma).

**Esperimento:** la cera fonde a circa 70°C, per cui non appena la temperatura del tubo raggiunge questo valore per effetto del riscaldamento prodotto dal calore che si propaga nel tubo stesso dalla zona della fiamma all'estremità opposta (a temperatura più bassa), le sferette, ad una ad una, si staccano e cadono sul tavolo.

Preparare una tabella come quella sottoriportata:

**Sostanza** **tempi di distacco in secondi**

	1a sferetta	2a sferetta	3a sferetta
Alluminio			
Ferro			

Accendere il bruciatore e, contemporaneamente, avviare il cronometro. Osservare con attenzione le sferette in modo da poter leggere sullo strumenti l'istante nel quale ciascuna sferetta si stacca dal tubo di alluminio e dal tubo di ferro.

Riportare in tabella i valori di  $t$  rilevati.

**Conclusioni:** costruire un grafico, riportando in ascisse le distanze  $d$  delle sferette dal punto di riscaldamento e in ordinate il tempo  $t$  di distacco delle stesse.

si nota immediatamente, dai diversi tempi di distacco, che l'alluminio conduce il calore meglio del ferro. Occorre anche notare che la superficie laterale dei due tubi, essendo a contatto con l'aria dell'ambiente, cede ad essa una parte del calore ricevuto e, conseguentemente la temperatura in punti via via più lontani dalla zona riscaldata cresce meno di quanto avverrebbe, se non ci fosse dispersione di energia termica.

Il grafico mostra chiaramente che la propagazione del calore sia nel tubo di alluminio che in quello di ferro non segue una legge lineare per le ragioni su esposte.

**Nota:** buoni conduttori di calore sono, in genere, i metalli, mentre cattivi conduttori sono i non metalli, il vetro, il legno, le materie plastiche ed i fluidi.

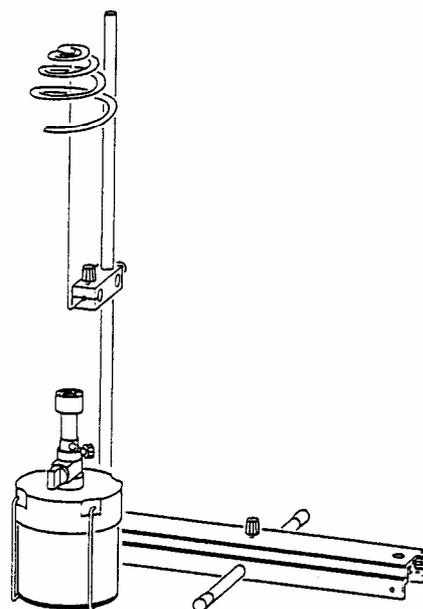
La cattiva conduzione del calore da parte di questi ultimi è spiegabile con la teoria cinetica in quanti le molecole, essendo più lontane fra loro, hanno minore probabilità di urtarsi e quindi di cedere energia.

## LA CONVEZIONE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	2
16C	Astina ad angolo	1
18C	Spirale termica	1
9S	Forbici	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Cartoncino cm 20 x 20



La propagazione del calore nei fluidi (liquidi e gas) avviene in modo del tutto diverso dalla conduzione nei solidi. Infatti la grande libertà di movimento della molecole, dovuta all'eseguità delle forze di coesione, fa sì che la trasmissione dell'energia termica si verifichi con reale trasporto di materia: sopra la sorgente di calore si determina, in seno al fluido, una corrente calda ascendente e, parallelamente a questa (cioè non sulla sorgente di calore) una corrente fredda, che va ad occupare lo spazio lasciato dalla prima. Il fenomeno, detto convezione, ha grande importanza in natura: ad esso è dovuta l'origine delle correnti marine, die venti, delle brezze, degli uragani, ecc...

In questo esperimento si produrrà un moto convettivo nell'aria per mostrare quanto il fenomeno sia macroscopio.

**Montaggio:** l'illustrazione mostra la disposizione dei vari elementi. La spirale di cartoncino leggero è sorretta dal filo metallico ad L ad una distanza non inferiore a cm 30 dalla fiamma del bruciatore ed allineata con il bruciatore stesso.

**Esperimento:** accendere il Bunsen e regolare la fiamma ad un valore basso; controllare la disposizione dello stesso in modo che sia esattamente sotto la spirale (attenzione: la regolazione della fiamma e la distanza dalla spirale devono essere tali da non determinare l'accensione di quest'ultima). Dopo qualche istante la spirale comincerà a girare. Osservare cosa accade, se si soffia tra la fiamma e se si sposta lateralmente il bruciatore.

**Conclusioni:** la spirale è posta in movimento dalla corrente ascensionale di aria riscaldata dalla combustione del gas. Il moto della spirale rallenta, quando si soffia fra essa e la sorgente di calore in quanto ciò provoca una deviazione della corrente convettiva ascendente. La spirale si ferma, quando, spostando lateralmente di cm 10-15 il bruciatore, la corrente ascendente non la inverte più; in questa condizione, mediante uno schermo (ad esempio un foglio di cartone cm 20x20) opportunamente orientato, si può dirigere la massa d'aria ascendente verso la parte inferiore della spirale, la quale riprenderà così a girare.

La spiegazione dei moti convettivi dovrebbe essere chiara dopo aver eseguito l'esperimento: essi sono prodotti dalla diminuzione di densità della parte di fluido riscaldata, la quale, per il principio di Archimede, riceve una spinta verso l'alto che ne determina l'ascesa. La diminuzione di densità si verifica in quanto il riscaldamento, a pressione costante, produce una dilatazione, cioè un aumento di volume della massa fluida.

## L'IRRAGGIAMENTO

## Elementi occorrenti:

<b>1S</b>	Base	1
<b>13S</b>	Cavaliere con foro e fenditura	1
<b>14S</b>	Cavaliere con foro	1
<b>12S</b>	Morsetto doppio	2
<b>1C</b>	Termometro -10° ... + 110°C	1
<b>26C</b>	Asta cm 50	1
<b>101</b>	Proiettore diottico	1
<b>302</b>	Cavaliere con foro	1
<b>602</b>	Lente f=+5cm, con montatura	1
<b>702</b>	Portadiaframma	1
<b>802</b>	Portadiapositive	1

Alimentatore  
Cartoncino  
Cronometro

Vi sono dei fenomeni in natura, come la trasmissione di energia termica dal sole alla terra, che non possono essere spiegati con la conduzione o la convezione. Infatti fra la Terra ed il Sole vi è uno spazio di milioni di chilometri, quasi privo di materia. Occorre, quindi, pensare che esista un terzo tipo di propagazione dell'energia, che non tenga conto di supporti materiale come è necessario per i due modi considerati. Si è scoperto che ogni sorgente di calore irradia energia attorno a sé, sotto forma di perturbazioni ondose di natura elettromagnetica (cioè come la luce), la quale viene assorbita dai corpi posti sul suo cammino e trasformata in calore: questa forma di trasmissione dell'energia è detta **irraggiamento**. Tale energia è trasportata da radiazioni di tutte le lunghezze d'onda: sotto i 500°C da raggi infrarossi non visibili e successivamente da onde visibili (rosse a circa 700°C, arancione a 1200°C, gialle, fino a raggiungere il bianco a 2400°C). L'assorbimento di energia da parte dei corpi, è identico per tutti oppure dipende dalla natura degli stessi?

Scopo del presente esperimento è studiare l'irraggiamento e l'assorbimento di energia termica da parte dei solidi.

**Montaggio:** predisporre l'apparecchiatura come appare nell'illustrazione.

Il termometro deve essere sospeso, mediante una funicella, al morsetto montato sull'asta verticale, la cui posizione può essere regolata, facendo scorrere il cavaliere lungo la guida.

Collegare il proiettore ad una sorgente di tensione in grado di erogare non meno di 2 A fino a 12V (la lampada alogena del proiettore è da 20W/12V).

**Esperimento 1:** partendo dal valore minimo della tensione, che l'alimentatore può fornire, aumentarla gradualmente ed osservare al contempo il filamento della lampada; il suo colore passa dal rosso, all'arancio, al giallo fino al bianco, quando la tensione raggiunge i 12V nominali della lampada.

Mediante un cartoncino trovare il punto, nel quale la lente da + cm 5 concentra le radiazioni; in quello stesso punto disporre il bulbo del termometro, regolando opportunamente sia la posizione del cavaliere di sostegno che il morsetto.

Osservare l'indicazione del termometro per cinque minuti oltre l'accensione della lampada.

**Esperimento 2:** togliere il termometro e l'asta verticale ed in sua vece montare il portadiaframma con il portadiapositive. Disporre in quest'ultimo la striscia di carta termica con il lato metallo lucido/nero rivolto alla sorgente di energia.

Regolare la posizione del cavaliere e della carta in modo da avere la concentrazione focale della radiazione prima sulla parte metallo lucida e poi su quella nera della carta termica. Controllare in entrambe le prove cosa indica il lato giallo della carta termica.

**Conclusioni:** la lampada accesa emette radiazioni, che la lente concentra nel suo punto focale. L'energia trasmessa con tali radiazioni viene assorbita dal bulbo e dal liquido termometrico, il quale, riscaldandosi, si dilata ed indica chiaramente l'aumento di temperatura subito.

Per quanto riguarda l'assorbimento delle radiazioni termiche da parte dei solidi, è chiara la dipendenza dalla natura e dal colore delle loro superfici: è massimo per le superfici opache ed è minimo per le bianche e lucide.

La carta termica vira di colore a 40°C, il che significa, quando appare la macchia, che la temperatura in quella zona ha il valore indicato.

## L'ISOLAMENTO TERMICO

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Serie di anelli di sopporto	1
4C	Bicchieri ml 250	1
13C	Calorimetro	1
1C	Termometro da laboratorio	1
5C	Cilindro ml 100	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua

Impedire le perdite di calore da un sistema o, inversamente, che energia termica pervenga ad un sistema dall'esterno, è un problema di grande rilevanza teorica e pratica. La soluzione è suggerita dalle stesse leggi della propagazione del calore: un buon isolamento termico si realizza, proteggendo il sistema con sostanze cattive conduttrici del calore, nelle quali non si abbiano correnti convettive, e costruendolo in modo da minimizzare l'irraggiamento.

Scopo del presente esperimento è confrontare un sistema non isolato con uno isolato per stabilire l'importanza dell'isolamento termico.

**Montaggio:** la disposizione sperimentale è rappresentata nella figura. Il sistema non isolato è costituito dal bicchiere di alluminio ( vaso interno del calorimetro), mentre il sistema isolato è costituito dal calorimetro completo.

**Esperimento:** scaldare a 80°C, mediante il bruciatore a gas, 100 ml di acqua nel bicchiere di vetro da 250 ml; poi versare detta quantità di acqua nel bicchiere di alluminio estratto dal calorimetro. Far partire il cronometro e misurare, ad intervalli di due minuti, la temperatura  $\delta$  dell'acqua, annotandone i valori in una tabella come quella sotto riportata. Ripetere la prova con altri 100 ml di acqua scaldata sempre a 80°C, ed immessa nello stesso bicchiere rimontato nel calorimetro.

Temperatura $\delta$ in °C a	0 min.	2 min.	4 min.	6 min.	8 min.
Bicchieri di alluminio	...	...	...	...	...
Calorimetro	...	...	...	...	...

**Conclusioni:** i valori delle temperature rilevate nei due sistemi mostrano inequivocabilmente l'importanza dell'isolamento termico.

L'alluminio, buon conduttore del calore, è un cattivo isolante e cede grandi quantità di calore all'ambiente. Il calorimetro, anche nella versione semplice usata per la sperimentazione degli allievi, è un esempio di buon isolamento termico; il polistirolo espanso è un cattivo conduttore di calore e quindi un buon isolante.

**Nota:** il sistema più geniale di isolamento termico è costituito dal vaso Dewar (più conosciuto con il nome di thermos), normalmente usato per conservare, calde u fredde, le sostanze poste nel suo interno. Si tratta di un calorimetro, i cui vasi interno ed esterno sono di vetro e sono saldati l'uno all'altro; le pareti sono speculari e nell'intercapedine è fatto il vuoto.

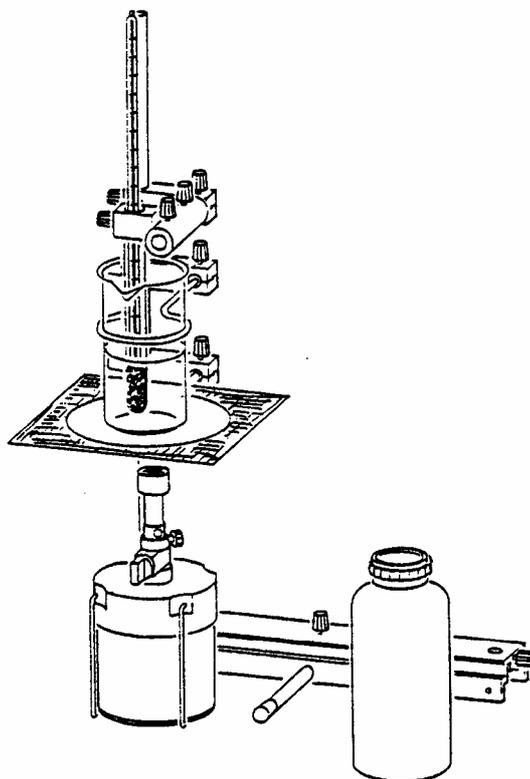
L'ottimo isolamento del calore, la mancanza di aria nell'intercapedine impedisce ogni trasmissione di energia per conduzione o convezione ed infine la specularità delle pareti rende trascurabile l'irraggiamento e l'assorbimento dall'esterno.

## FUSIONE E SOLIDIFICAZIONE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	3
10S	Morsetto di congiungimento	1
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Serie di anelli di sostegno	1
4C	Bicchiere di vetro ml 250	1
5C	Cilindro in plastica ml 100	1
6C	Provetta in vetro	1
11S	Supporto per dinamometro	1
1C	Termometro da laboratorio	1
7S	Asta cm 10	1
29C	Sodio tiosolfato	

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Cronometro



Quando si fornisce o si sottrae calore ad un corpo, la sua temperatura varia proporzionalmente (cioè il corpo rispettivamente si riscalda o si raffredda) fino a che non si verifica un cambiamento dello stato di aggregazione del corpo.

In questa condizione infatti, pur continuando a fornire od a sottrarre calore, la temperatura rimane costante.

In questo esperimento si esaminerà il passaggio di una sostanza pura dallo stato solido allo stato liquido (fusione) e successivamente dallo stato liquido allo stato solido (solidificazione).

**Montaggio:** la disposizione sperimentale è rappresentata nella figura. Sulla reticella, sorretta dall'anello grande e da un morsetto, è appoggiato il bicchiere di vetro da 250 ml con 100 ml di acqua, assicurato allo stativo mediante un morsetto e l'anello medio; nell'acqua è immersa la provetta mantenuta in posizione verticale dal supporto per dinamometro, fissato al manicotto di congiungimento, a sua volta unito al terzo morsetto tramite un'asta da cm 10. Versare nella provetta (fino all'altezza di circa cm 4) il sodio tiosolfato ed immergere nella massa cristallina il termometro.

**Esperimento:** accendere il bruciatore ed avviare il cronometro. Misurare la temperatura  $\delta$  del sodio tiosolfato ogni 30 secondi e riportare i valori nella tabella preparata in precedenza:

Fusione		Solidificazione	
Tempo $t$ in s	Temperatura $\delta$ in °C	Tempo $t$ in s	Temperatura $\delta$ in °C
30"	.....	30"	.....
60"	.....	60"	.....
90"	.....	90"	.....
120"	.....	120"	.....
150"	.....	150"	.....

Continuare i rilevamenti per 120 secondi dopo la fusione completa.

Spegnere il Bunsen e continuare le misurazioni di  $\delta$ , ogni 30" , fino a 2 minuti dopo la completa solidificazione, riportando ovviamente i valori delle misure nella seconda tabella.

**Conclusioni:** con i dati raccolti costruire ( in due colori diversi ), in uno stesso sistema di assi cartesiani, i grafici della fusione e della solidificazione.

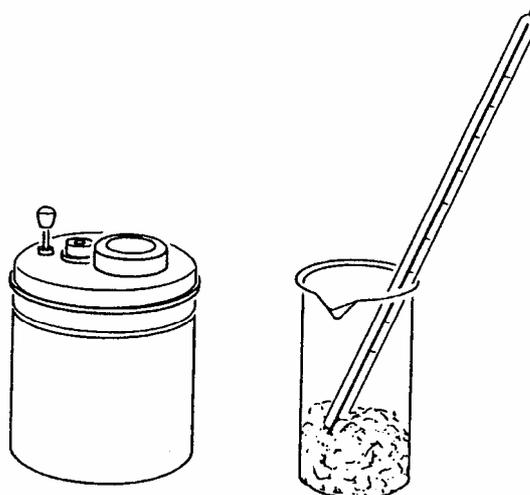
L'esame di questi indica che durante i due cambiamenti di stato la temperatura è rimasta costante, malgrado sia continuata la fornitura ( o la sottrazione ) di calore, mentre prima e dopo la transizione calore e temperatura risultano proporzionali.

**Nota:** ogni sostanza ha una propria, caratteristica, temperatura di fusione.

**Elementi occorrenti:**

<b>13C</b>	Calorimetro	1
<b>1C</b>	Termometro -10° ... +110°C	1
<b>4C</b>	Bicchieri di vetro ml 100	1

Acqua  
Ghiaccio  
Bilancia



Durante la fase di transizione dallo stato solido allo stato liquido di una sostanza pura la temperatura resta costante, malgrado si continui a fornire calore. La fusione ha inizio, quando l'energia cinetica delle molecole del solido, incrementata dall'energia termica assorbita dall'esterno, supera le forze di coesione, che tengono unite le molecole stesse; perché l'intera massa del solido passi allo stato liquido occorre fornire una quantità di calore tale che tutte le molecole possano vincere le predette forze di coesione.

L'energia termica fornita, poiché produce il lavoro di fusione, non determina l'aumento di temperatura del corpo.

Scopo del presente esperimento è vedere quale sia l'entità del calore che occorre fornire all'unità di massa di una sostanza ( ad es. il ghiaccio) per determinarne la fusione.

**Montaggio:** gli elementi impiegati nell'esperimento sono rappresentati in figura.

Misurare la massa del calorimetro (completo di coperchio e termometro); versare 100 ml di acqua nel vaso interno, quindi misurare la massa lorda del calorimetro con l'acqua. Misurare la temperatura dell'acqua.

Frantumare alcuni cubetti di ghiaccio e porli nel bicchiere: la temperatura del ghiaccio tritato è di 0°C.

Annotare i dati sperimentali per i successivi calcoli.

**Esperimento:** mettere nell'acqua del calorimetro una cucchiata (circa 30 g) del ghiaccio tritato; chiudere con il coperchio, poi misurare la nuova massa del calorimetro in modo da ricavare la massa del ghiaccio immerso:

Agitando la mescolanza, osservare il termometro al fine di rilevare la temperatura finale minima che essa raggiunge, quando il ghiaccio è completamente fuso.

Riunire in una tabella tutti i dati a disposizione:

Massa del calorimetro	..... g
Massa del calorimetro con l'acqua	..... g
Massa della sola acqua	$m_1 = \dots$ g
Temperatura iniziale dell'acqua	$\delta_1 = \dots$ °C
Massa del calorimetro con l'acqua ed il ghiaccio	..... g
Massa del solo ghiaccio	$m_2 = \dots$ g
Temperatura finale della mescolanza	$\delta_2 = \dots$ °C

**Conclusioni:** detto  $c$  il calore specifico dell'acqua ( 4,18 KJ/Kg°C ) e  $q_f$  il calore necessario per sciogliere 1 kg di ghiaccio a 0°C in 1 kg di acqua a 0°C, il bilancio termico relativo al processo di fusione avvenuto nel calorimetro è:

$$c \cdot m_1 \cdot \delta_1 = c \cdot (m_1 + m_2) \cdot \delta_2 + q_f m_2$$

da cui si può ricavare

$$q_f = \frac{c[m_1 \delta_1 - (m_1 + m_2) \cdot \delta_2]}{m_2}$$

La quantità di calore  $q_f$  è detta calore latente di fusione.

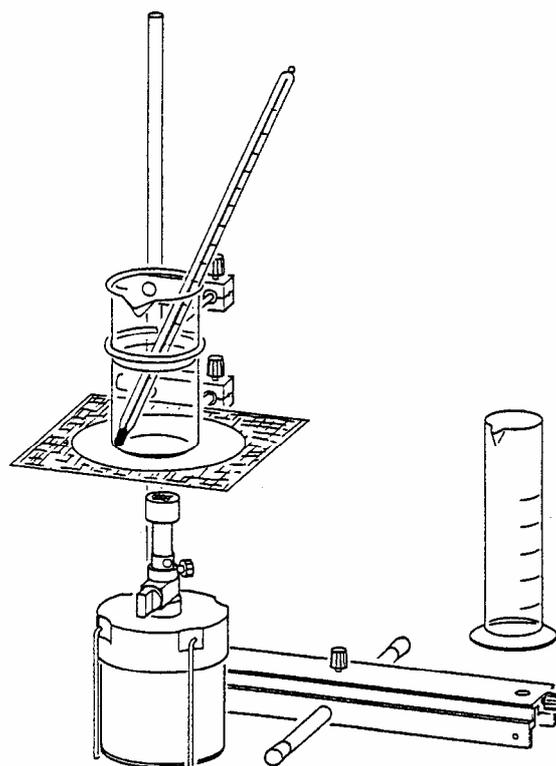
Nel caso del ghiaccio il valore normalmente riportato nei testi è 335 KJ/Kg.

## EBOLLIZIONE E CALORE DI VAPORIZZAZIONE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	2
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Serie di anelli di sostegno	1
4C	Bicchiere di vetro ml 250	1
5C	Cilindro in plastica ml 100	1
1C	Termometro -10° ...+110°C	1

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua  
Cronometro



Quando si fornisce calore ad una determinata massa di liquido, la temperatura di questo aumenta proporzionalmente e con essa aumenta anche l'evaporazione (cioè il passaggio dallo stato liquido allo stato aeriforme). Il fenomeno interessa soltanto gli strati superficiali del liquido, ma non appena la temperatura raggiunge il valore  $\delta_e$ , detto punto di ebollizione, grosse bolle di vapore si generano in qualsiasi punto della massa liquida, determinando movimenti tumultosi nel liquido stesso e liberazione di grandi quantità di vapore.

La temperatura  $\delta_e$ , alla quale si verifica, a pressione normale, l'ebollizione, è una caratteristica di ogni sostanza.

Scopo del presente esperimento è studiare il processo di ebollizione e determinare la quantità di calore occorrente per far passare allo stato aeriforme (vapore) una massa unitaria di liquido (acqua).

**Montaggio:** il materiale impiegato e la disposizione sperimentale sono visibili nell'illustrazione.

Misurare con il metodo della tara 100g di acqua nel bicchiere da ml 250.

Appoggiare il bicchiere sulla reticella ed assicurarlo allo stativo mediante l'anello medio ed un morsetto doppio.

**Esperimento:** misurare la temperatura  $\delta_1$  iniziale dell'acqua, poi accendere il bruciatore e contemporaneamente far partire il cronometro.

Ad intervalli regolari di 60" rilevare la temperatura dell'acqua e riportarne i valori in una tabella preparata in precedenza:

Tempo	0	60"	120"	180"	.....	$t_1$	.....	$t_2$
Temperatura	$\delta_1$					$\delta_2$		
Osservazioni								

Man mano che la temperatura aumenta osservare cosa accade nella massa liquida ed annotare l'osservazione in corrispondenza della temperatura, alla quale essa è fatta. Quando l'ebollizione inizia, senza fermare il cronometro, leggere il tempo  $t_1$  e la temperatura  $\delta_1$  ed annotarli nella tabella, continuando i rilevamenti della temperatura ogni 60", attendere che la massa liquida sia diminuita in modo apprezzabile. Spegnerne il bruciatore e contemporaneamente fermare il cronometro ( tempo  $t_2$  ). Misurare la massa  $m_1$  di acqua vaporizzata nel tempo  $t_v = t_2 - t_1$  . Esprimere la massa in kg, essendo questa l'unità fondamentale di misura nel sistema SI.

**Conclusioni:** con i valori tabulati costruire il grafico  $\delta = f(t)$  e commentarlo. Successivamente calcolare la quantità di calore  $Q_e = c \cdot m \cdot \Delta\delta$  , che nel tempo  $t_1$

ha determinato il salto termico  $\delta_e - \delta_1 = \Delta\delta$  .

Calcolare il rapporto  $Q_e/t_1$  onde ricavare la quantità di calore fornita dal bruciatore all'acqua ogni secondo. Moltiplicare il risultato ottenuto per il tempo  $t_v$  al fine di conoscere la quantità di calore che ha prodotto l'evaporizzazione della massa  $m_v$  di acqua. Infine dividendo quest'ultima quantità di calore per la massa  $m_v$  , si ricava la quantità di calore  $c_v$  assorbita da 1kg di acqua per passare dallo stato liquido allo stato di vapore.

Poiché durante l'ebollizione la temperatura rimane costante, il calore fornito va ad incrementare l'energia cinetica molecolare fino a vincere le forze di coesione che tengono unite le molecole.

**Nota:** il valore, normalmente riportato nei testi, del valore di vaporizzazione dell'acqua pura è 2,26 MJ/kg.

## CALORE DI CONDENSAZIONE

## Elementi occorrenti:

<b>1S</b>	Base	1
<b>2S</b>	Asta cm 25	2
<b>3S</b>	Terminali	2
<b>26C</b>	Asta cm 50	1
<b>12S</b>	Morsetto doppio	3
<b>10S</b>	Morsetto rotondo	1
<b>14C</b>	Reticella spargifiamma	1
<b>15C</b>	Serie di anelli di sostegno	1
<b>3C</b>	Matraccio ml 100	1
<b>24C</b>	Tappo con foro	1
<b>9C</b>	Tubicino di vetro mm 80	1
<b>10C</b>	Tubo in plastica mm 200	1
<b>7C</b>	Tubo in PVC cm 45	1
<b>13C</b>	Calorimetro	1
<b>1C</b>	Termometro -10°...+110°C	1
<b>4C</b>	Bicchieri ml 250	1
<b>27C</b>	Colorante	

Bruciatore  
Fiammiferi  
Acqua

La condensazione è il passaggio di una sostanza dallo stato di vapore (aeriforme) allo stato liquido: essa costituisce la trasformazione inversa della vaporizzazione e, pertanto, viene attuata sottraendo calore al vapore onde abbassarne la temperatura sotto il punto di ebollizione del liquido, dal quale il vapore deriva.

In accordo con la teoria cinetica, mediante la condensazione, la sostanza passa da uno stato di bassa aggregazione (tipico dei gas) ad uno stato di maggiore aggregazione molecolare (caratteristico dei liquidi).

Scopo del presente esperimento è studiare il processo di condensazione del vapore acqueo e determinare la quantità di calore, che un'unità di massa dello stesso cede nel passare allo stato liquido.

**Montaggio:** disporre gli elementi come appare nell'illustrazione.

Versare circa ml 70 di acqua nel matraccio appoggiato sulla reticella. Assicurare il matraccio allo stativo mediante l'anello piccolo ed un morsetto doppio, poi chiuderlo con il tappo munito del tubetto diritto e del tubo di plastica.

Il calorimetro, nel quale si farà condensare il vapore acqueo, verrà usato senza il piccolo coperchio con resistenza.

**Esperimento:** misurare la massa del calorimetro vuoto e, successivamente, la masse dello stesso con 100g esatti di acqua alla temperatura iniziale  $\delta_1$  dell'ambiente. Prendere nota die valori delle tre misure effettuate.

Accendere il bruciatore e portare l'acqua all'ebollizione; attendere che il vapore, fuoriuscendo, scaldi i tubi e non condensino in essi ( per evitare di spandere l'acqua di condensazione porre l'estremità libera del tubo di plastica nel bicchiere da ml 250). Quando dal tubo di plastica esce

soltanto vapore, immergere l'estremità, attraverso il foro libero del piccolo coperchio, nell'acqua del calorimetro.

Osservare che il vapore condensa nell'acqua fredda ( temperatura  $\delta_1$  ), riscaldandola man mano che il tempo passa. Dopo alcuni minuti, quando il livello dell'acqua in ebollizione è diminuito sensibilmente, spegnere il bruciatore.

Uniformare con l'agitatore la temperatura dell'acqua nel calorimetro, quindi leggerne il valore finale  $\delta_2$  . Misurare nuovamente la massa del sistema onde ricavare la massa complessiva  $m_2$  di acqua, ora presente nel calorimetro, e ricordando che  $m_1 = 0,1$  kg era la massa iniziale di acqua, ottenere la massa  $m_c$  di acqua derivante dalla condensazione del vapore.

Riunire i dati sperimentali in una tabella per i successivi calcoli:

Stato iniziale	Stato finale	Condensazione
Massa d'acqua $m_1 = 0,1$ kg	Massa d'acqua $m_2 = \dots$ kg	Massa d'acqua $m_c = \dots$ kg
Temperatura $\delta_1 = \dots$ °C	Temperatura $\delta_2 = \dots$ °C	Salto termico ( $100 - \delta_2$ )°C = $\dots$ °C
Contenuto termico $Q_1 = c.m.\delta_1 = \dots$ J	Contenuto termico $Q_2 = c.m.\delta_2 = \dots$ J	Calore ceduto da $m_c$ in $\Delta\delta$ $Q_3 = c.m.\delta_3 = \dots$ J

**Conclusioni:** ricordando che per l'acqua è  $c = 4180$  J/kg, calcolare il contenuto termico di  $Q_1$  della massa  $m_1$  d'acqua alla temperatura  $\delta_1$ , il contenuto termico della massa  $m_2$  alla temperatura  $\delta_2$  e la quantità di calore  $Q_3$  ceduta dall'acqua di condensazione  $m_c$  nel salto termico  $\Delta\delta = (100 - \delta_2)$  °C. Poiché lo scambio termico è avvenuto in un sistema quasi isolato, l'osservazione che la massa di acqua  $m_1$  nel passare dalla temperatura  $\delta_1$  alla temperatura  $\delta_2$  ha assorbito una quantità di calore ( $Q_2 - Q_1$ ) molto più grande della quantità di calore  $Q_3$  ceduta dalla massa  $m_c$  di acqua nel raffreddamento da 100°C alla temperatura  $\delta_2$  ( salto termico  $\Delta\delta$  ) porta a concludere che la stessa massa  $m_c$  nella fase di condensazione deve aver ceduto una ulteriore quantità di calore  $Q_4$  tale da pareggiare il bilancio termico ( $Q_3 + Q_4 = Q_2 - Q_1$ ).

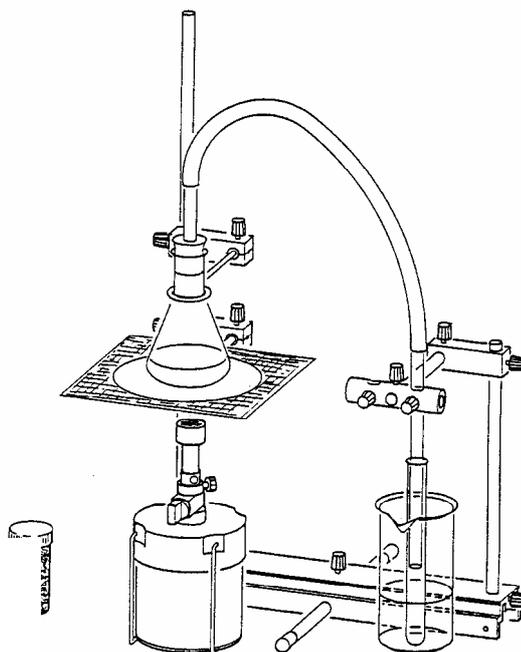
La quantità di calore  $Q_4 = (Q_2 - Q_1) - Q_3$ , divisa per la massa  $m_c$  fornisce il cosiddetto calore latente di condensazione  $c_c$ , il cui valore può essere facilmente calcolato dai dati sperimentali a disposizione.

**Nota:** il valore  $c_c$ , normalmente riportato nei testi, è 2,26 MJ/kg, cioè la stessa quantità di calore occorrente per far passare 1kg di acqua pura dallo stato liquido allo stato di vapore.

## LA DISTILLAZIONE

## Elementi occorrenti:

1S	Base	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali	2
26C	Asta cm 50	1
12S	Morsetto doppio	3
10S	Morsetto rotondo	1
14C	Reticella spargifiamma	1
15C	Serie di anelli di sostegno	1
4C	Bicchieri di vetro ml 250	1
3C	Matraccio ml 100	1
6C	Provetta in vetro	2
24C	Tappo con foro	1
9C	Tubicino di vetro mm 80	1
10C	Tubo in plastica mm 200	1
7C	Tubo in PVC cm 45	1
27C	Colorante	
	Brucciatore	
	Fiammiferi	
	Acqua	
	Vino	



L'osservazione fatta nelle precedenti prove che il punto di ebollizione è una caratteristica di ciascuna sostanza e che temperatura di ebollizione e temperatura di condensazione, per una medesima sostanza, coincidono porta ad una importante applicazione pratica: la possibilità di separare i componenti di una soluzione mediante evaporazione e successiva condensazione delle fasi gassose.

Il procedimento è detto distillazione; con esso si può ottenere acqua purissima da acque contenenti sali minerali ed altre impurità disciolte, oppure alcool metilico ed etilico da vino o da vinacce, oppure benzine dal petrolio grezzo, ecc...

La separazione delle varie fasi avviene sfruttando le diverse temperature di ebollizione dei componenti della soluzione (si parte dal punto di ebollizione più basso e man mano si sale ai successivi); con il raffreddamento di ciascuna fase gassosa si ottiene, separatamente, la corrispondente sostanza liquida.

L'esperimento che segue ha carattere dimostrativo, ma è importante per comprendere il meccanismo della distillazione, soprattutto, della distillazione frazionata.

**Montaggio:** predisporre gli elementi come nella figura.

Le prove da eseguire sono due: nella prima viene utilizzata acqua colorata, nella seconda del vino. La soluzione va posta nel matraccio per essere portata all'ebollizione; il vapore, attraverso il tubo di PVC, giunge nella provetta, ove, cedendo calore all'acqua fredda del bicchiere, condensa.

**Esperimento 1:** versare ml 50 di acqua colorata con l'apposito colorante nel matraccio e richiudere quest'ultimo con il tappo munito del tubetto e del tubo di PVC. Accendere il bruciatore e portare il liquido all'ebollizione. Procedere per alcuni minuti osservando quanto accade nella provetta.

**Esperimento 2:** sostituire l'acqua colorata con ml 50 di vino. Accendere il bruciatore e riscaldare il liquido senza mai portarlo all'ebollizione (la sua temperatura non dovrebbe superare gli 80°C per alcuni minuti). Sostituire la provetta con il liquido condensato con la seconda provetta e far bollire per alcuni minuti il residuo liquido del matraccio in modo da ottenere un secondo distillato.

**Conclusioni:** l'acqua ottenuta per distillazione nella prima prova è assolutamente incolore e pura, mentre il residuo nel matraccio è colorato più intensamente. Con la distillazione si può ottenere acqua dolce dall'acqua salmastra marina.

Dalla distillazione frazionata, oggetto della seconda prova, sono stati ottenuti due liquidi: quello estratto dal vino alla temperatura più bassa è alcool etilico, quello ricavato dall'ebollizione è acqua.