

FRANCESCA ESPOSITO

30/09/'11, LABORATORIO I FISICA, LICEO LEONARDO D VINCI, GALLARATE

## DILATAZIONE TERMICA E TARATURA DEL TERMOMETRO

### MATERIALE TILIZZATO

I materiali che abbiamo utilizzato in questa esperienza sono i seguenti:

- dilatometro;
- barretta di metallo;
- sfera di Gravesande;
- due becher graduati di vetro pyrex, da 500 ml;
- acqua di rubinetto;
- ghiaccio in cubetti;
- un fornello ad alcool;
- un treppiede dotato di una reticella rompi fiamma;
- due termometri, uno con una scale che parte da  $-10^{\circ}\text{C}$  e arriva a  $110^{\circ}\text{C}$ ; un altro con una scala da  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ ;
- una pattina.

### PREMESSA TEORICA

Per prima cosa credo sia bene chiarire cosa siano rispettivamente tutte le strumentazioni da noi adoperate in questa esperienza.

**DILATOMETRO:** è uno strumento in grado di misurare l'aumento di lunghezza di un corpo (solitamente un barra, di qualsiasi materiale) a causa dell'aumento della temperatura, fenomeno chiamato **dilatazione termica**. Esso è essenzialmente un sistema di leve-leve che permettono di ampliare il fenomeno della dilatazione, che altrimenti sarebbe impercettibile- dotato di un particolare tubo utilizzato per l'accensione della fiamma che andrà a fornire calore al corpo di cui si vuol misurare la dilatazione termica; all'interno di questo bruciatore, infatti, è inserito del cotone idrofilo, quindi attraverso gli appositi fori di cui è fornito il tubo stesso si imbeve il cotone di alcool e si utilizza una fiamma per avviare la combustione del cotone. Una lancetta indicherà poi su una scala graduata con sensibilità di un centesimo di millimetro il valore della dilatazione termica.

**BECHER:** si tratta di uno strumento, come il cilindro realizzato in vetro pyrex, utilizzato in laboratorio solitamente per riscaldare liquidi e permettere reazioni o osservazioni su di essi, e non per misurare o

dosare; anche questo è di forma cilindrica e solitamente graduato, ma ha un diametro più grande rispetto a un cilindro.

**FORNELLETTO AD ALCOOL:** è un semplice e piccolo strumento che consente, per un determinato periodo di tempo, di avere a disposizione una fiamma regolare utilizzato spesso per esperimenti di laboratorio. Esso è costituito da un recipiente in vetro nel quale è contenuto alcool (etilico nel nostro caso), collegato con uno stoppino imbevuto di zolfo che consente la combustione dell'alcool stesso.

**TREPPIEDE:** è un semplice strumento, dotato di tre piedi, sul quale si appoggia solitamente un contenitore da scaldare; esso è infatti fornito di una reticella rompifiamma, con maglie tanto strette da impedire, nel caso si usi un fornello a gas, il passaggio del gas stesso e il contatto di questo con il contenitore; nella nostra esperienza in laboratorio abbiamo utilizzato come contenitore un cilindro di vetro **pyrex**, cosa importante da sottolineare perché quando un oggetto in vetro viene riscaldato questo subisce una **dilatazione differenziale**, ovvero si riscalda, e quindi si dilata, più all'esterno che all'interno, fenomeno che porta l'oggetto ad esplodere.

**TERMOMETRO:** è uno strumento utilizzato per misurare la temperatura dei corpi, ovvero **l'energia cinetica** delle molecole, che non è altro che la velocità media delle molecole di un corpo. Esistono diversi tipi di termometro; uno dei primi è il **termometro galileiano**, messo a punto dallo scienziato Galileo Galilei, che consiste in un cilindro di vetro verticale riempito di alcool; all'interno di questo liquido vi sono delle boccette (o ampolline), e su ognuna di queste vi è indicata una temperatura. Queste boccette sono riempite a loro volta di un liquido colorato, per una più facile identificazione. Quando si è raggiunto l'equilibrio termico (due corpi sono in equilibrio termico quando hanno la stessa temperatura), si vengono solitamente a creare due gruppi di boccette, uno più in basso nel cilindro e l'altro in alto. La temperatura segnata sulla boccetta più in basso tra quelle del gruppo in alto segnala l'attuale temperatura atmosferica. Per il suo funzionamento, tale termometro sfrutta il **principio di Archimede** ( $\Delta F = \rho V g$ , quindi densità del liquido moltiplicato per il volume del solido moltiplicato per l'accelerazione di gravità).

Nel 1709 fu poi realizzato dallo scienziato tedesco Daniel Gabriel Fahrenheit il **termometro a mercurio**. Tale strumentazione sfrutta invece il fenomeno della dilatazione termica, motivo per cui venne scelto il mercurio come **liquido termometrico**: tra i corpi solidi, infatti, quelli che aumentano maggiormente di volume sono i metalli, grazie alla loro particolare struttura atomica (i vari atomi di metallo sono legati fra loro dagli elettroni che hanno ceduto, il mare di elettroni), nella quale l'energia cinetica si diffonde molto rapidamente; mettendo a confronto, invece, un corpo solido con un liquido, il secondo sente di più rispetto al primo il fenomeno della dilatazione termica. A questo punto, dal momento che il mercurio è un **metallo liquido**, nessun altro materiale sarebbe stato tanto adatto, senza contare però il suo livello di tossicità piuttosto elevato, cosa che ha portato negli anni novanta all'invenzione di termometri elettrici che rimpiazzassero quello inventato da Fahrenheit.

Lo scienziato tedesco inoltre diede il nome ad una scala di misurazione della temperatura ancora in uso oggi, appunto la **scala Fahrenheit** (°F), nella quale l'acqua congela a 32° e bolle a 212° ; la differenza tra i due valori è quindi 180°F e non 100° C come nella **scala Celsius** (a 0° infatti l'acqua è sottoforma di ghiaccio, mentre a 100° si trasforma in vapore) o centigrada, messa a punto dall'omonimo scienziato svedese.

**SFERA DI GRAVESANDE:** è uno strumento che consiste semplicemente in una sfera di rame agganciata ad una catenina e appesa ad un sostegno a forma di uncino, il tutto tenuto in piedi da un da una base rettangolare. Attaccato al sostegno c'è un anello di acciaio della stessa circonferenza della sfera, in modo tale che questa possa passarvi attraverso.

Ora vorrei parlare più nello specifico del fenomeno della dilatazione termica, che ho già precedentemente menzionato.

**DILATAZIONE TERMICA:** è il fenomeno fisico che si verifica quando in un corpo si registra un aumento di temperatura, in risposta del quale tale corpo subisce un aumento di volume. A livello atomico esso si può così spiegare: riscaldando un corpo si aumenta la sua temperatura, quindi l'energia cinetica delle sue molecole, molecole che iniziano a muoversi più velocemente (esse infatti non sono mai del tutto ferme, nemmeno in un corpo solido), urtandosi e allontanandosi fra di loro. Ed è così che il corpo si dilata. Fornendo molto calore, e quindi molta energia, ad un corpo solido, ad esempio una barretta di metallo, si può arrivare anche a trasformare tale metallo in liquido.

La dilatazione termica può avvenire in tre modi differenti: essa può essere **lineare**, nella quale il corpo si dilata in lunghezza (si comprende che questa avviene soprattutto in quei corpi che hanno più sviluppata la dimensione della lunghezza); **superficiale**, nella quale si ha una dilatazione della superficie; **cubica**, nella quale avviene un accrescimento del volume. Quest'ultima è stata da noi verificata in laboratorio (i dettagli nell'esecuzione dell'esperienza).

Per quanto riguarda la **TARATURA DEL TERMOMETRO**, essa consiste molto semplicemente nel stabilire due **soste termiche** (il congelamento e l'ebollizione dell'acqua) con i quali creare una scala termometrica, esattamente ciò che fece Fahrenheit nell'inventare il termometro. Il procedimento è comunque più dettagliatamente esplicito nella parte seguente della relazione intitolata "esecuzione dell'esperienza".

Menzionando calore e temperatura si deve, inevitabilmente, parlare anche di termologia, con la quale concludo questa premessa teorica.

**TERMOLOGIA:** la termologia è il settore della fisica che si interessa dei fenomeni termici, ovvero studia quei fenomeni in cui hanno una grande importanza la temperatura e il calore. Le origini della termologia risalgono al XVIII secolo quando venne definita la natura energetica del calore, prima considerato come una forma di materia detta **fluidocalorico**. Questa branca della fisica comprende lo studio:

- della generazione e propagazione del calore;
- dei metodi e degli strumenti di misurazione della quantità di calore e dei vari coefficienti calorimetrici (**calorimetria**);
- degli strumenti di misurazione della temperatura (**termometria**);
- delle scale di temperatura e delle unità relative;
- dei fenomeni connessi con lo scambio di calore tra sistemi a temperatura differente e delle reazioni esistenti tra i fenomeni termici e meccanici (**termodinamica**).

La termodinamica si basa su quattro principi:

- **principio zero:** se due corpi A e B sono in equilibrio termico con un terzo corpo C, allora lo sono anche fra loro. Sebbene sia concettualmente un'assunzione basilare la sua funzione è stata riconosciuta dopo la formulazione del primo e secondo principio, e pertanto è stato deciso di attribuirgli tale nome;

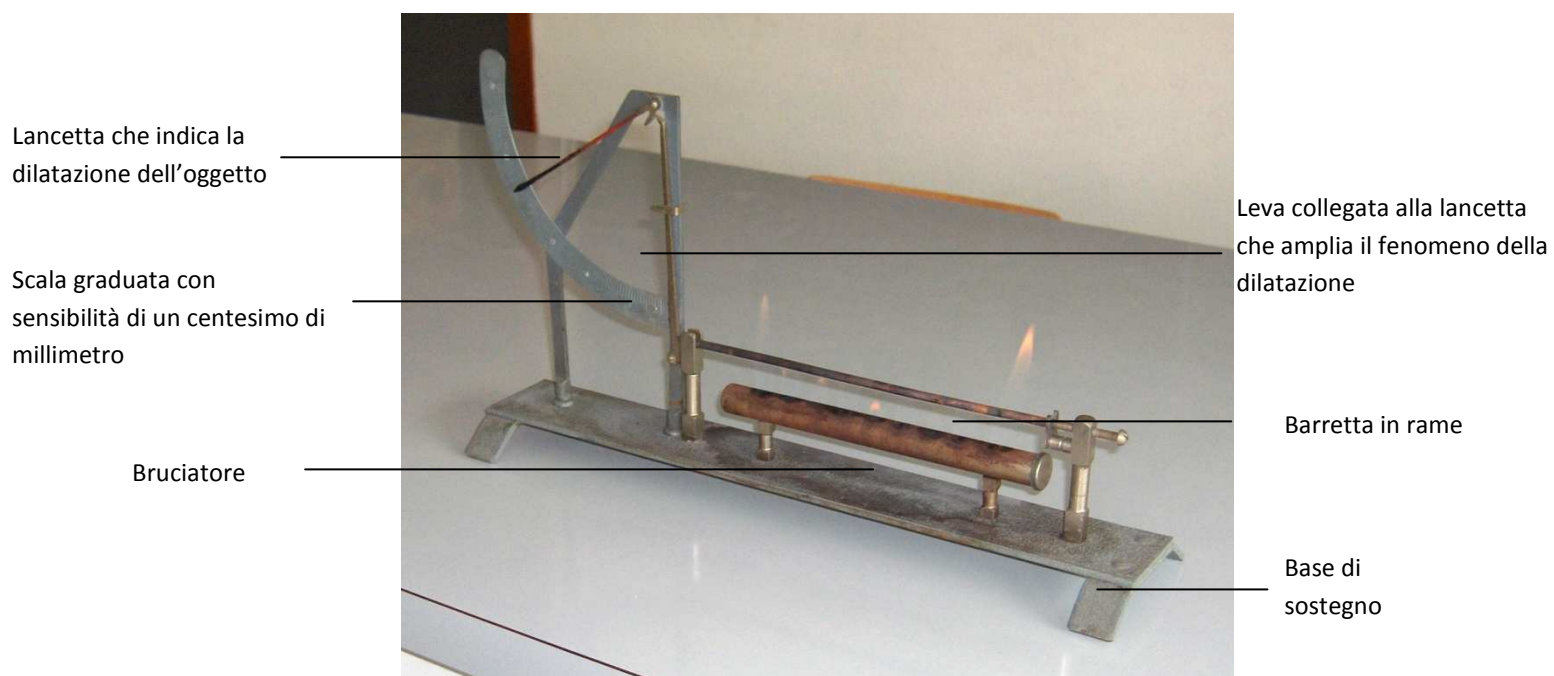
- **primo principio:** per definire il primo principio bisogna tener conto di due essenziali postulati, ovvero 1.l'energia (la capacità di compiere un lavoro, inteso come prodotto di una forza per uno spostamento) non si genera 2.l'energia non si distrugge. Discende quindi che per un sistema isolato (che non ha scambi di energia con l'ambiente) l'energia si conserva;
- **secondo principio:** esso afferma praticamente la direzione verso la quale si muovono i vari processi di trasformazione naturale dell'energia affinché essa si deteriori sempre di più ( questa è la direzione in cui scorre il tempo). Esistono varie formulazioni di questo principio, ma la più usata si basa sulla funzione dell'entropia (la grandezza interpretata come la misura del caos in un sistema fisico qualunque): in un sistema isolato l'entropia è una funzione non decrescente del tempo;
- **terzo principio:** esso afferma che non è possibile raggiungere lo zero assoluto attraverso un numero finito di operazioni (ovvero di trasformazioni termodinamiche). Lo zero assoluto è la temperatura di 0 K (kelvin), corrisponde a  $-273,15^{\circ}\text{C}$  ed è la temperatura più bassa esistente in natura i quanto le molecole, a tale temperatura, sono ferme, non hanno quindi energia. La denominazione principio non è del tutto appropriata perché esso può essere dimostrato a partire dagli altri tre.

### ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA

Dopo che ci è stato distribuito il materiale necessario all'esecuzione dell'esperienza ed esplicito il procedimento da eseguire, abbiamo dato inizio alle nostre sperimentazioni. Le prime due, eseguite con l'aiuto del nostro tecnico di laboratorio, consistevano in una dimostrazione della dilatazione termica lineare e cubica.

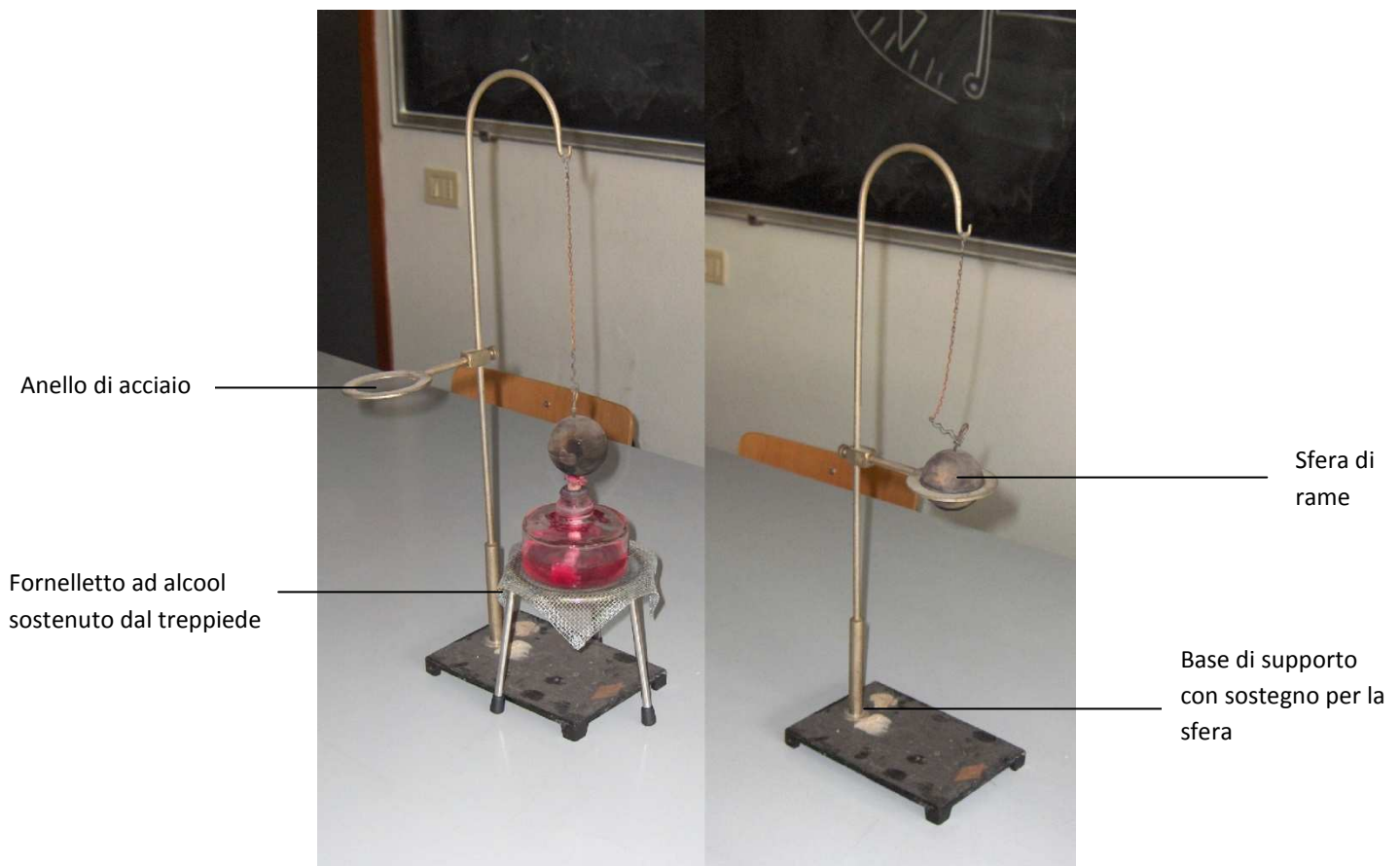
In primo luogo abbiamo imbevuto di alcool il cotone idrofilo contenuto nel bruciatore del dilatometro; quindi, dopo aver posto una barretta di rame nell'apposito sostegno di cui è dotato lo strumento, per mezzo di un semplice fiammifero, abbiamo dato il via alla combustione del cotone.

Passato pochi minuti abbiamo notato che la lancetta si stava spostando sulla scala graduata e indicando misure sempre maggiori di dilatazione fino ad arrivare all'ultima tacca. A questo punto abbiamo spento il fuoco e lasciato raffreddare la barretta: dopo poco la lancetta è ritornata al suo posto iniziale sulla scala. Abbiamo in tale modo dimostrato che i corpi dilatano quando ricevono calore e successivamente, raffreddandosi, si restringono e che quindi quello della dilatazione è un processo reversibile.



Nella seconda sperimentazione ci siamo avvalsi della sfera di Gravesande per dimostrare il fenomeno della dilatazione cubica. Prima di tutto abbiamo posto una fiamma, utilizzando il fornello ad alcool, immediatamente sotto la sfera, che abbiamo tenuto ferma all'interno dell'anello. Quindi, dopo che la sfera si era riscaldata abbastanza, abbiamo notato che restava bloccata nell'anello anche senza il nostro aiuto, dimostrando così che nei corpi solidi regolari avviene una dilatazione termica cubica, anche se la nostra sfera si è dilatata più in altezza per il fatto che abbiamo posto la fonte di calore al di sotto della sfera stessa e non tutt'intorno ad essa. In seguito abbiamo spento la fiamma e, dopo aver aspettato che la sfera si raffreddasse, abbiamo notato che passava di nuovo molto facilmente attraverso l'anello, dimostrando così che anche la dilatazione cubica è un fenomeno reversibile.

Nella seguente immagine si può notare come dopo essere stata riscaldata la sfera non passa più attraverso l'anello di acciaio.



Nella terza esperienza abbiamo invece eseguito la taratura del termometro.

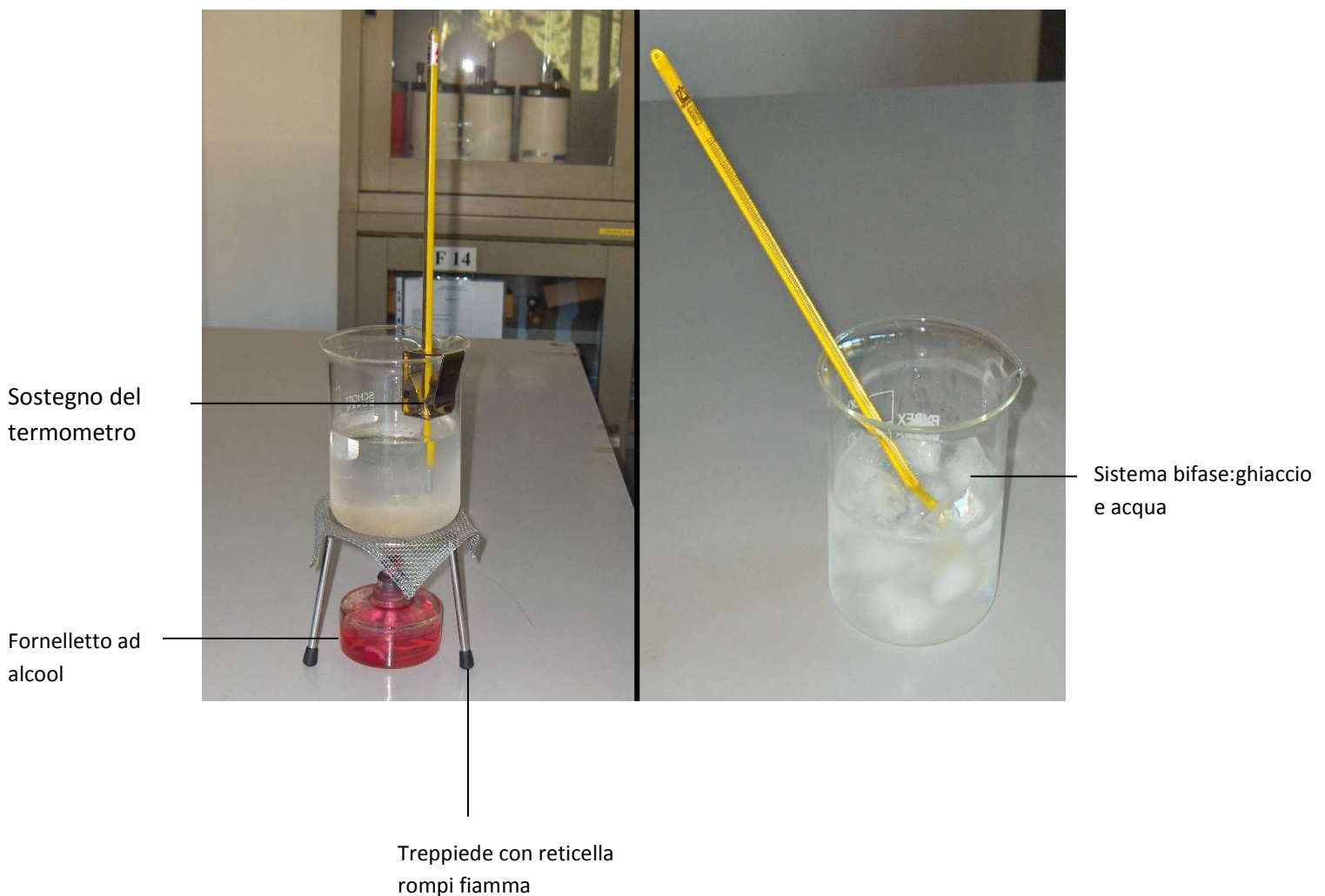
Per prima cosa abbiamo acceso il fornello ad alcool e lo abbiamo spostato sotto il treppiede su cui era appoggiato il becher contenente 400 ml di acqua, becher nel quale era stato precedentemente posto un termometro, retto da un apposito sostegno in modo tale non venire a contatto con le pareti del contenitore. Dopodiché abbiamo messo alcuni cubetti di ghiaccio nell'altro becher e versatovi anche un po' d'acqua: nostro intento era infatti quello di ricreare anche in questo becher un **sistema bifase**, ovvero nel quale fossero presenti due differenti stati della materia, esattamente come nel becher riscaldato dal

fornelletto (acqua e ghiaccio nel primo; acqua e vapore acqueo nel secondo); i sistemi bifase sono infatti **isotermi** (dal greco ugual calore), ovvero in essi la temperatura non subisce variazioni.

Quindi abbiamo annotato la minima temperatura registrata nel becher con il ghiaccio, ovvero  $0^{\circ}\text{C}$ , e la massima registrata in quello con l'acqua in ebollizione, ovvero  $98^{\circ}\text{C}$ : l'acqua ha, infatti, iniziato a bollire prima dei cento gradi perché il nostro laboratorio si trova al di sopra del livello del mare, dove la pressione atmosferica è minore e, a causa di ciò, le molecole d'acqua si distanziano più facilmente tra di loro, trasformandosi prima in vapore acqueo.

Con questa esperienza abbiamo potuto renderci conto di come due soste termiche dovute al cambiamento di stato vennero utilizzate nell'invenzione della scala centigrada.

Nelle due immagini seguenti si può vedere rappresentata l'esperienza svolta da noi in laboratorio.



## CONCLUSIONI

In questa esperienza abbiamo potuto verificare il fenomeno della dilatazione termica e il fatto che esso sia reversibile e imparato ed eseguire la taratura di un termometro stabilendo due soste termiche, facendo attenzione ovviamente agli errori di parallasse, nella lettura del termometro, e all'anticipata ebollizione dell'acqua a causa dell'altitudine.