

## **Misura della temperatura.**

Come si è già detto precedentemente, per eseguire la misura di una grandezza fisica, è stato suggerito un metodo in due fasi: prima bisogna definire una unità fondamentale e poi determinare un procedimento per confrontarla con la grandezza da misurare.

Nel caso del tempo, l'unità di misura è stata definita mediante la frequenza della luce di una certa lunghezza d'onda emessa da atomi di cesio; almeno in linea di principio, contando il numero delle vibrazioni, si potrebbe misurare la vita media dell'uomo.

La temperatura è però una grandezza sostanzialmente diversa dalle altre fondamentali del SI, per cui, non è possibile definirne un campione in modo da correlare ad esso tutte le altre unità.

Per esempio se si definisce come unità di tempo il periodo di vibrazione della luce emessa dall'atomo di cesio, due vibrazioni durano un tempo doppio e si può misurare un qualsiasi intervallo di tempo determinando il numero di vibrazioni in esso contenute.

Invece, una volta definito un campione di temperatura (che potrebbe essere l'acqua che bolle in condizioni specificate), non si riesce a trovare un metodo per determinare la temperatura doppia di quella campione. Due bicchieri d'acqua in ebollizione hanno infatti la stessa temperatura di un solo bicchiere.

Usando solo questa unità di misura, non esiste un sistema evidente per correlare la temperatura di ebollizione dell'acqua a quella dell'olio; nessuna quantità d'acqua bollente potrà mai stare in equilibrio termico con l'olio bollente.

Per definire l'unità di misura e una scala per la temperatura, si procede innanzitutto scegliendo una sostanza che abbia una proprietà fisica che varia con la temperatura; quindi bisogna misurare questa proprietà.

La sostanza è detta *sostanza termometrica* e la grandezza che dipende dalla temperatura *proprietà termometrica*.

Per esempio come grandezza che varia con la temperatura si può considerare:

- Il volume di un liquido, come nel comune termometro di vetro con il bulbo pieno di mercurio.
- La pressione di un gas racchiuso in un volume fissato e costante.
- La resistenza elettrica di un filo.
- La lunghezza di una striscia di metallo.
- Il colore del filamento di una lampada.

La scelta di una di queste sostanze porta a una ben precisa scala delle temperature, definita solo per la sostanza in esame e che non coincide necessariamente con altre scale definite in maniera indipendente.

Gli esempi più comuni sono le scale delle temperature Celsius e Fahrenheit impiegate nei termometri di uso comune; in essi la sostanza termometrica può essere il mercurio e la proprietà termometrica il suo volume, determinato per mezzo della lunghezza della colonna di mercurio in un tubicino di vetro.

In questo caso si ha un comportamento lineare in quanto gli intervalli fra i trattini che indicano i gradi sul tubo di vetro sono alla stessa distanza.

La temperatura è una delle sette unità fondamentali, forse quella mal interpretata nel corso degli anni, la distinzione che si aveva rispetto alla definizione di calore non era assolutamente chiara. Si pensava infatti che il calore fosse una sostanza, un fluido capace di penetrare nella materia nel caso questa fosse riscaldata per esempio sopra una fiamma o a contatto con un corpo caldo e di uscirne nel caso questo fosse raffreddato. Venne dato perfino un nome a questa che si riteneva essere una sostanza: il "*calorico*".

Mantenendo e sviluppando nel tempo questa concezione, si spiegava il principio dell'equilibrio termico tra due corpi come lo scambio di "*calorico*" tra il corpo che ne conteneva di più a quello che ne aveva meno.

### **La scala Celsius.**

La scala Celsius (chiamata anche scala centigrada) è usata per tutte le misure comuni e commerciali e per molte misure scientifiche in quasi tutti i paesi.

La scala Celsius era originariamente basata su due punti di calibrazione: il punto normale di congelamento dell'acqua, definito come 0 °C e il punto normale di ebollizione dell'acqua, definito come 100 °C.

Questi due punti erano usati per calibrare i termometri, mentre le altre temperature erano dedotte per interpolazione o estrapolazione.

Si noti che il simbolo (°) è usato per esprimere il grado di temperatura sulla scala Celsius.

### **La scala Fahrenheit.**

La scala Fahrenheit, usata principalmente negli Stati Uniti, definisce un grado più piccolo di quello della scala Celsius e ha uno zero a temperatura diversa.

Anch'essa è basata su due punti fissi con un'intervallo di 100 gradi: il punto di congelamento di una miscela di ghiaccio e sale, e la temperatura normale del corpo umano.

Su questa scala i punti di congelamento e di ebollizione dell'acqua cadono rispettivamente a 32°F e 212 °F.

La relazione tra le scale Celsius e Fahrenheit è :  $T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$

Il simbolo di grado si usa per esprimere le temperature anche sulla scala Fahrenheit.

### **La scala Kelvin.**

Nella scala Kelvin , il punto di calibrazione a temperatura zero corrisponde al valore nullo della proprietà termometrica.

Per misurare una temperatura su questa scala si ha dunque bisogno di un solo punto di calibrazione.

Per convenzione, si sceglie per la calibrazione la temperatura alla quale il ghiaccio, l'acqua liquida e il suo vapore coesistono in equilibrio.

Questo punto, che è molto vicino a quello di congelamento dell'acqua , si chiama *punto triplo* dell'acqua.

La temperatura al punto triplo è definita per convenzione internazionale  $T=273.16$  K dove K sta per Kelvin ed è l'unità fondamentale di temperatura nel sistema SI.

Il Kelvin è dunque definito come  $1/273.16$  della temperatura del punto triplo dell'acqua.

La relazione tra la temperatura Celsius  $T_C$  e Kelvin  $T$  è data da  $T_C = T - 273.16$

## **Il termometro e la sua taratura.**

Il termometro è lo strumento che usiamo per le misure di temperatura.

Deve essere un corpo normalmente di piccola massa rispetto al corpo di cui si vuole misurare la temperatura, dotato di una caratteristica fisica variabile univocamente con la temperatura

Il fatto che debba essere un corpo piccolo rispetto al sistema deriva dal fatto che si cerca di introdurre la minor perturbazione possibile alla temperatura del sistema, e quindi alla sua misura.

Poiché si deve venire a contatto col sistema per effettuare la misura, si produrrà sempre una certa perturbazione seppure minima; questa è la ragione per cui è molto difficile misurare temperature di sistemi molto piccoli, o a temperature molto vicine allo zero assoluto.

I termometri possono essere divisi in campioni primari (i più precisi, l'errore massimo di questi strumenti deve essere contenuto entro il millesimo di grado), secondari, terziari, etc. a seconda della precisione nel livello di taratura e misura di temperatura; ovviamente i termometri primari sono strumenti da laboratorio, assolutamente inadatti a usi industriali o domestici: vengono utilizzati per tarare gli altri strumenti, o per esperimenti da laboratorio che richiedano grande precisione.

In Italia per avere una taratura precisa per i termometri e per le misure di temperatura in generale, ci si può rivolgere all'Istituto Colonnetti di Torino, depositario di un campione primario di termometro.

Si può inoltre far riferimento a ***Filotecnica Salmoiraghi***. Quest'ultima, fondata nel 1865 dall'Ing. Carlo Porro diviene in breve tempo, sotto la spinta innovatrice dell'Ing. Angelo Salmoiraghi, una delle più importanti aziende di riferimento sul mercato italiano e mondiale nella produzione e commercializzazione di strumentazione tecnica di misura e controllo per l'industria e la geodesia.

La capillare rete commerciale, la costante ricerca e sviluppo di strumenti sempre più affidabili, precisi e performanti pone ***La Filotecnica Salmoiraghi*** ad essere riconosciuta come Società Leader nel settore della strumentazione meteorologica, portatile, microclimatica e da laboratorio così come nel settore della geodesia, fotogrammetria e GPS.

Nel 1998 ha ottenuto la Certificazione [ISO 9002](#) .

E' possibile consultarne la pagina web all'indirizzo [www.salmoiraghi.it](http://www.salmoiraghi.it) .

Per informazioni è possibile prendere contatti via email [info@salmoiraghi.it](mailto:info@salmoiraghi.it)

## **Tipi di termometro**

Passiamo ora ad esaminare più in specifico alcuni tipi di termometri con un particolare riguardo ai vantaggi ed agli svantaggi che essi hanno, e al loro campo più comune di utilizzo.

Esamineremo i seguenti tipi:

1. **Termometro a gas perfetto a volume costante**  
(proprietà termometrica: la pressione **P**);
2. **Termometro a gas perfetto a pressione costante**  
(proprietà termometrica: il volume **V**);
3. **Termometro a liquido**  
(proprietà termometrica: il volume **V** a pressione non costante );
4. **Termometro a solido**  
(proprietà termometrica: Lunghezza **L** di un solido );
5. **Termometro a resistenza**  
(proprietà termometrica: Resistenza elettrica **R<sub>EL</sub>** di un conduttore );
6. **Termocoppia**  
(proprietà termometrica: Forza elettromotrice **f.e.m.** prodotta da una coppia di metalli diversi );
7. **Termistore**  
(proprietà termometrica: Guadagno di un transistor );
8. **Pirometro Ottico**  
(proprietà termometrica: Colore di una fiamma );
9. **Termovisione Quantitativa**  
(proprietà termometrica: Intensità di radiazione termoluminosa );

## **Termometri a gas perfetto**

I termometri a gas perfetto possono essere divisi in due categorie:

1. A volume costante
2. A pressione costante

In entrambi il principio di funzionamento si basa sulla ben nota equazione di stato dei gas perfetti:

$$PV = nRT$$

$$R = 8,314J / mol \cdot K$$

dalla quale, noti i valori iniziali, tenendo fissi o il volume (primo caso) o la pressione (secondo caso), si possono ricavare i valori di temperatura misurando semplicemente la grandezza variata.

Iniziamo dal primo caso: **termometro a volume costante** .

In figura 3 è rappresentato un tipico termometro a volume costante.

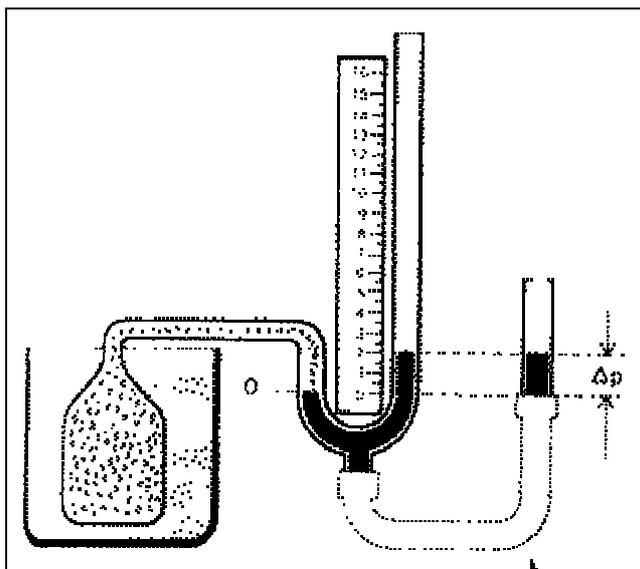


Fig.3 – Termometro a gas a volume costante

Il dispositivo è composto da un piccolo contenitore ceramico collegato ad un tubicino trasparente di sezione molto piccola a forma di “U”, riempito in parte da un liquido colorato; nella parte inferiore della “U” si innesta un altro tubo, questa volta flessibile che termina in una ampolla, anch’essa riempita dello stesso liquido.

Si usa la ceramica perché è uno dei materiali che meno si dilatano al variare della temperatura, in questo termometro si ha necessità di volume il più possibile costante e si usa un liquido colorato affinché sia ben visibile.

Lo strumento è completato da una scala graduata inserita all’interno della “U”, che permetterà di misurare le variazioni di altezza del liquido (e quindi di pressione).

All’interno del contenitore ceramico si mette un gas puro, solitamente Ossigeno, Idrogeno, Elio, o Azoto, perché essi sono quelli che meglio approssimano i gas perfetti.

Un problema che riguarda il termometro a volume costante è che sperimentalmente si nota che usando gas diversi si hanno misure diverse di temperatura, anche se le differenze sono piccole.

Si nota inoltre che se si diminuisce la quantità di gas nel recipiente, e quindi la sua pressione, l’errore tende a svanire: tendendo la pressione a zero, tutti i gas misurano la stessa temperatura.

#### Secondo caso: **termometro a pressione costante.**

Seguendo sempre le leggi dei gas perfetti si può usare questo stesso dispositivo per calcolare la variazione di volume, mantenendo la pressione costante.

Il livello del liquido stavolta dovrà essere mantenuto identico nei due rami della “U”, in modo da avere pressione costante e si dovranno misurare le variazioni di altezza (e quindi di volume)

Anche se concettualmente questo termometro è identico all’altro, esso pone maggiori problemi costruttivi, per cui si preferisce di solito usare il modello a volume costante.

Elenchiamo ora i pregi e i difetti del termometro a gas perfetto.

Pregi:

- Grazie alla sua stessa definizione è uno strumento molto preciso, concettualmente si può pensare a precisione infinita, “rovinata” solo da errori di misura e dalle piccole correzioni che si devono apportare per vari effetti secondari (quali dilatazioni termiche non volute, gas nel tubicino a temperatura diversa da quella che si vuol misurare .....)
- copre un vasto campo di temperatura dai  $-270^{\circ}\text{C}$  (Usando l’Elio che liquefa appunto solo a 3K) ai  $1700^{\circ}\text{C}$  (oltre si hanno problemi col materiale col quale costruire il contenitore del gas: nessun metallo resiste senza fondere oltre tale limite);
- ha un costo limitato in rapporto alla precisione fornita.
- Per come è definito misura DIRETTAMENTE la temperatura Kelvin; per questo è ottimo per tarare gli altri strumenti e si può considerare un termometro campione (primario).

Difetti:

- è fondamentalmente uno strumento da usi di laboratorio, non è né di pratico impiego, né di facile trasportabilità.
- è inadatto a misurare temperature di corpi molto piccoli (perché è molto difficile costruire un termometro a gas molto piccolo, che non perturbi i sistemi piccoli)
- Nelle versioni molto precise diviene quasi inutilizzabile se le misure devono essere eseguite su sistemi in moto: anche le minime accelerazioni perturbano di molto il livello del liquido.

## Termometro a liquido

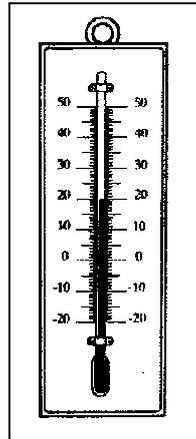


Fig.4 – Termometro a liquido

I termometri a liquido (Fig.4) sono tra i termometri più diffusi su vasta scala. Sfruttano il principio di espansione volumetrica di un liquido al variare della temperatura, fatto che viene messo in evidenza riempiendo col liquido un bulbo e parte del capillare che si diparte da esso, che è costruito in modo da avere un volume molto più piccolo del bulbo. La variazione segue una legge che in prima approssimazione può esser ritenuta lineare:

$$\Delta V = 3 \cdot \alpha \cdot V \cdot \Delta T$$

Dove  $\alpha$  è il coefficiente di dilatazione termica lineare.

Il liquido riscaldandosi si espande e, poiché il capillare è di sezione molto piccola, si avrà una forte variazione in altezza del liquido, anche per piccole variazioni di temperatura.

Il liquido utilizzato è solitamente mercurio, alcool o toluene, la lettura di temperatura avviene per mezzo di una scala graduata posta di fianco al capillare.

L'intervallo di temperature misurabili è piuttosto ampio, le misure possono essere effettuate tra i  $-180^{\circ}\text{C}$  e i  $650^{\circ}\text{C}$ , anche se per andare molto oltre i  $100^{\circ}\text{C}$ , o molto sotto i  $-25^{\circ}\text{C}$  si richiedono soluzioni tecnologiche che elevano molto i costi.

I termometri a liquido si possono dividere in due categorie: a ritenuta e senza ritenuta.

Nei primi il liquido sale velocemente ma, nel riscendere, forma il vuoto nel capillare: il liquido rimane allora bloccato nel capillare.

Questi si usano generalmente per misurare una temperatura massima; ne sono esempio i termometri a mercurio per misurare la febbre .

I secondi, invece, sfruttano il fenomeno del rimescolamento e sono utilizzati a livello industriale.

Pregi:

- La lettura di temperatura è immediata, grazie alla scala sovrapposta al livello del liquidi, il che lo rende facilmente utilizzabile in ogni condizione.
- Può esser facilmente costruito in serie, per cui costa poco.

- Se usato su range di temperatura molto limitati, si possono apprezzare differenze molto piccole di temperatura senza ausilio di complicati strumenti (il termometro a mercurio per misurare la febbre ne è un esempio).

Difetti:

- Se la taratura, che comunque non è mai molto precisa, viene sballata per qualsiasi motivo, difficilmente può essere ritarato.
- Non ha un comportamento veramente lineare, perciò la lettura non coincide con quella termodinamica, soprattutto se usato su intervalli vasti, per cui non è molto preciso.
- Se viene usato su ampi intervalli di temperature, la scala graduata non può essere molto fine.
- E' piuttosto fragile.

### **Termometro a solido.**

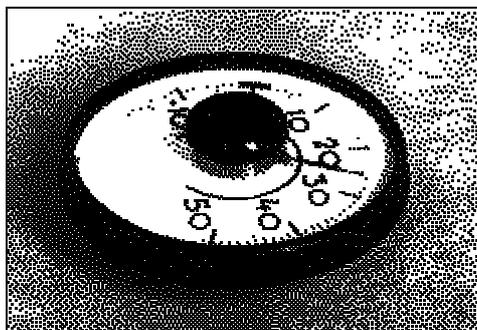


Fig.5 – Termometro a solido

I termometri a solido (Figura 5) sono costituiti da una striscia di metallo con coefficiente di dilatazione termica elevato, solitamente saldate insieme in forma di spirale per ottenere maggior lunghezza in minor spazio: la dilatazione del metallo, al variare della temperatura, provoca un allungamento o un accorciamento del sistema che è collegato ad un indice rotante su una scala graduata, la quale segna la temperatura.

Questi termometri vengono impiegati in forni o stufe per dare un'idea approssimativa della temperatura raggiunta.

Si ha a disposizione anche una versione differente di termometri a solido, basata su due metalli a coefficiente di dilatazione termica diversi.

Qui si sfrutta il fatto che, se la temperatura aumenta, il metallo con coefficiente maggiore tende a incurvare la lamina con la convessità dalla sua parte, e viceversa se la temperatura diminuisce.

Questi sono di solito usati come interruttori di circuiti elettrici (la lamina incurvandosi apre il circuito e viceversa lo chiude) di scaldabagni, stufe elettriche, etc. Entrambi i tipi sono strumenti solitamente molto grossolani, inadatti a misure di precisione.

Pregi:

- Il costo è minimo.

- L'utilizzo è semplicissimo.

Difetti:

- La precisione e l'accuratezza sono piuttosto scarse, tanto che si può sbagliare anche di 5-10°C

### **Termometro a resistenza (*resistance thermometer*)**

Al variare della temperatura, la resistenza di gran parte dei materiali cambia. Ciò permette di misurarne la temperatura con uno strumento simile all'ohmmetro.

Un pezzo di filo metallico, di cui si conosce con precisione la resistenza in funzione della temperatura, viene collegato in serie a un generatore di bassa tensione a un resistore di limitazione e a un microamperometro, come si vede in figura 6.

Questo strumento è detto termometro a resistenza.

Quando la temperatura aumenta si ha un aumento della resistenza del filo e una diminuzione nella lettura della corrente;

Quando la temperatura diminuisce, anche la resistenza del filo diminuisce, causando così un aumento nella lettura della corrente.

E' importante che le variazioni di temperatura non influenzino il resistore di limitazione della corrente, per cui è assolutamente necessario usare un resistore molto stabile, con un coefficiente di temperatura pressoché nullo.

Un termometro a resistenza come quello in figura può misurare in modo soddisfacente temperature molto alte o molto basse, mentre non è sufficientemente preciso per le temperature intermedie. E' possibile però migliorarne le prestazioni sostituendo il filo resistivo con un termistore.

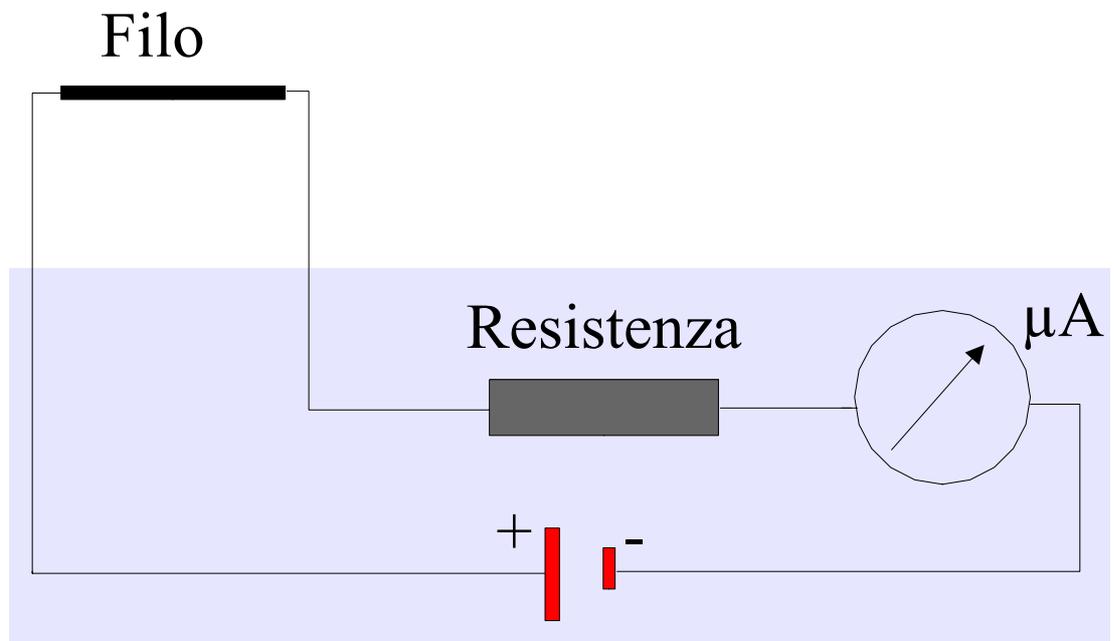


Fig.6 – Circuito elettrico che schematizza il termometro a resistenza

## Termocoppia. (thermocouple)

La termocoppia è un sensore di temperatura costituito da una coppia di conduttori di metalli diversi, uniti ad un capo in modo da formare una giunzione.

Il circuito di base mostrato in figura 7 comprende la giunzione, i cui capi terminano con un'altra giunzione, mantenuta ad una temperatura di riferimento.

Quando vi è una differenza di temperatura tra la giunzione che funge da sensore e la giunzione di riferimento, nasce una forza elettromotrice (effetto Seebeck).

Questa forza elettromotrice permette alla corrente di passare attraverso il circuito.

La differenza di potenziale dipende dai materiali impiegati e dalla differenza di temperatura fra le due giunzioni.

Alcune termocoppie comuni sono costituite da rame-costantana, ferro-costantana, chromel-alumel e chromel-costantana, che in linea di massima coprono un campo di temperatura tra 370 °C e 1300 °C circa.

Una giunzione chromel-costantana, per esempio, a 1000 °C genera 70 millivolt.

Il Chromel è una lega con 90% di nichel e 10% di cromo; l'alumel con il 95% di nichel e tracce di altri metalli, mentre la costantana comprende il 55% di rame e il 45% di nichel.

Altre termocoppie sono disponibili per temperature maggiori e minori. La termopila è un insieme di parecchie termopile, connesse in serie. La tensione della termopila è uguale alla somma delle tensioni generate da ogni termocoppia.

Tutte le giunzioni di riferimento devono essere alla stessa temperatura.

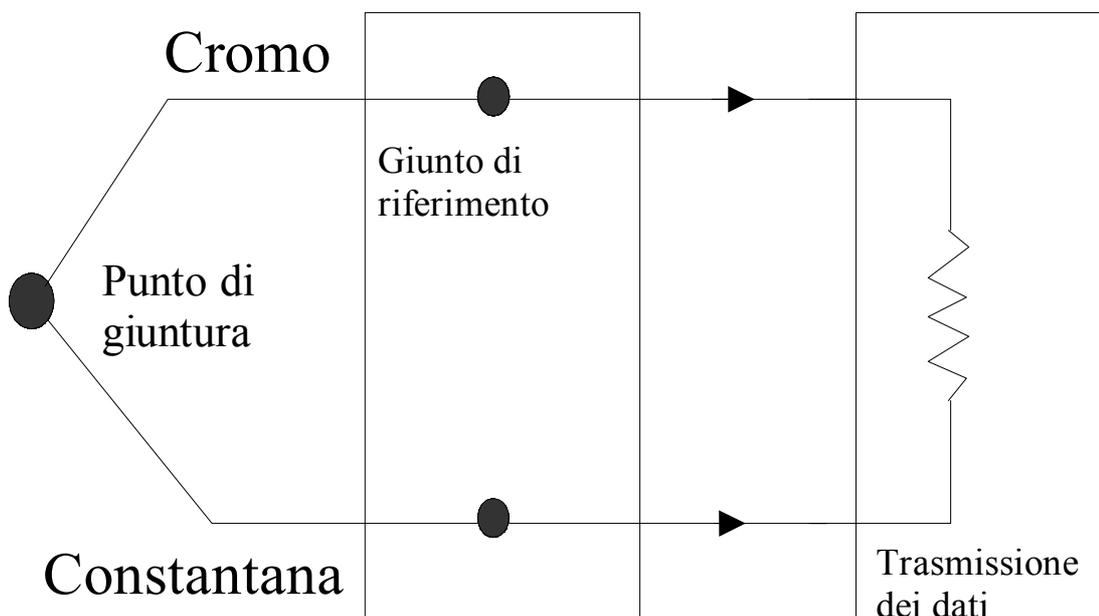


Fig.7 – Circuito elettrico che schematizza l'utilizzo della termocoppia

Il problema consiste nel fatto che, collegando i due conduttori per effettuare la misura, si forma una nuova termocoppia. Per risolvere questo problema o si usa un sistema a doppio giunto o si applica un sistema giunto compensato. Il primo consiste nel mettere i giunti nel bagno termostatico e tenere fuori la termocoppia, in modo da avere uno strumento azzerato; nel sistema giunto compensato, invece, si lascia che i giunti si portino a temperatura ambiente.

### **Termistore (thermistor).**

Il termistore è un resistore con caratteristiche termiche particolari. La maggior parte dei termistori ha un coefficiente di temperatura negativo (NTC: Negative, Temperature, Coefficient), ma è possibile anche reperire unità con coefficienti di temperatura positivi (PTC: Positive, Temperature, Coefficient).

Essi vengono impiegati, per esempio, per la misura ed il controllo della temperatura, del livello di un liquido e del flusso di un gas.

La maggior parte dei termistori è realizzata con ossidi di metalli quali manganese, nichel, cobalto, rame, ferro e uranio in proporzioni diverse, che vengono pressati nella forma desiderata e sottoposti ad alte temperature.

I collegamenti elettrici vengono prodotti sia introducendo sottili conduttori durante lo stampaggio, sia con un processo di argentatura dopo la cottura.

Si possono avere termistori a forma di bolla, di sonda, di disco o di rondella.

Le bolle possono essere passivate con vetro, sigillate in capsule a vuoto o riempite di gas per proteggerle dalla corrosione.

La caratteristica tipica resistenza/temperatura di un termistore ha pendenza negativa: la resistenza del termistore diminuisce quando la sua temperatura aumenta.

Il passaggio di corrente nel termistore causa dissipazione di potenza, che ne aumenta la temperatura.

Perciò la temperatura del termistore dipende dalla temperatura ambiente e dall'autoriscaldamento.

Con temperatura ambiente costante, la variazione di resistenza del termistore dipende dalla sua dissipazione di potenza. La caratteristica statica tensione/corrente del termistore ha generalmente una forma a campana.

Riportando i valori della tensione sull'asse delle y e quelli della corrente sull'asse delle x, la curva si comporta inizialmente come se la resistenza fosse costante.

Tuttavia, al raggiungimento di una tensione di picco, l'effetto di riscaldamento della corrente modifica significativamente la resistenza del termistore e gli ulteriori aumenti di temperatura causano una progressiva riduzione della resistenza, che a sua volta provoca una riduzione della tensione ai capi del dispositivo.

## Pirometro Ottico

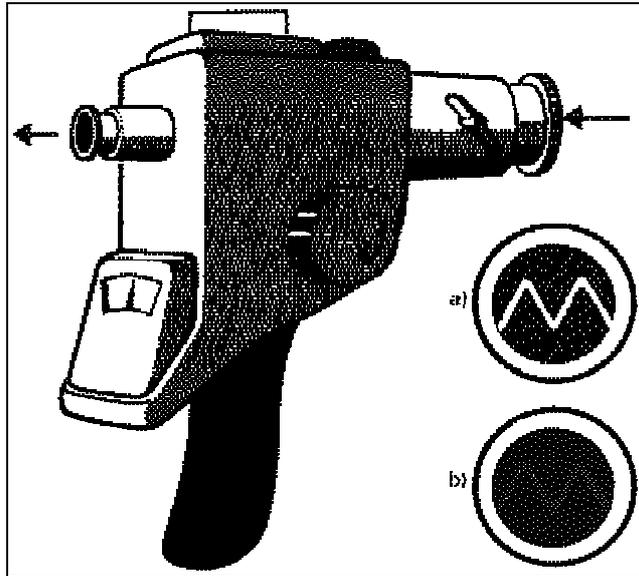


Fig. 8 - Pirometro ottico a filamento evanescente.

Questo tipo di termometro sfrutta il colore per indicare la temperatura di un corpo. Infatti, ogni corpo emette radiazione elettromagnetica su tutto lo spettro, con un massimo molto pronunciato che dipende solo dalla temperatura.

Ovviamente si deve cercare di “misurare” il colore della luce propria di un corpo, non di quella riflessa, che non è ovviamente indicativa di temperatura.

Un primo limite a questo metodo viene dal fatto che è inutile alle temperature ambiente (il corpo emette nell’infrarosso o a lunghezze d’onda anche maggiori).

Comunque si utilizza un dispositivo ottico che permette di guardare da una parte il colore del corpo incandescente di cui si vuole misurare la temperatura e dall’altra ci sono vari colori di riferimento (tarati grazie a corpi di temperature note).

Si sceglie il riferimento che più assomiglia al colore del corpo in esame e, in base a quello, si legge la temperatura corrispondente.

A parte il fatto che questo sistema funziona solo con temperature alte, ci sono altri ovvi limiti a questo termometro: nessuno ha ancora trovato un metodo accettabile di misura del colore, cosa che rimane quindi molto soggettiva, e risulta molto difficile discernere le differenze tra varie tonalità di colore, il che rende il termometro impreciso e inaccurato.

In alcune situazioni, però, può essere l’unico metodo per avere, almeno indicativamente, un valore di temperatura di un corpo: nessuno dei termometri precedenti può infatti misurare la temperatura di una fiamma a 3000°C, poiché a questa temperatura tutti i metalli fondono; non si può cioè procedere per contatto.

Tra i vari tipi di pirometri, quelli “a filamento evanescente” (figura 8) adoperano come sorgente di confronto il filamento di una lampadina elettrica.

Pregi:

- Rileva la temperatura senza necessità di contatto, per cui si possono ottenere misure in un intervallo inaccessibile agli altri termometri visti fino ad ora.

Difetti:

- è abbastanza costoso;
- non è molto preciso, si misurano dai 1500 ai 3000°C con errori relativi del 10-15 %.

## Termografia

Ogni corpo portato a temperatura sufficientemente elevata emette radiazione elettromagnetica con intensità alle varie frequenze dipendente dalla temperatura. L' intensità teorica prevista per il cosiddetto "corpo nero" (idealizzazione di un corpo reale) è legata alla temperatura dalla legge

$$I = \alpha \cdot T^4$$

dove  $\alpha$  è la costante di Stefan .

Ovviamente la formula precedente è valida in prima approssimazione per i corpi reali, per i quali deve essere così corretta :

$$I = A(\nu) \cdot \alpha \cdot T^4$$

con  $\nu$  frequenza dell'onda emessa

dove purtroppo  $A(\nu)$  è un coefficiente variabile con la frequenza in maniera complessa, differente da corpo a corpo, variabile anche a seconda dell'angolo sotto cui viene visto il corpo.

In figura 9 è portato l'esempio di spettro di emissione della stella Vega, nella costellazione della Lira (il tratto irregolare), con a confronto due curve teoriche della radiazione di un corpo nero (a 9500K e a 15000K)

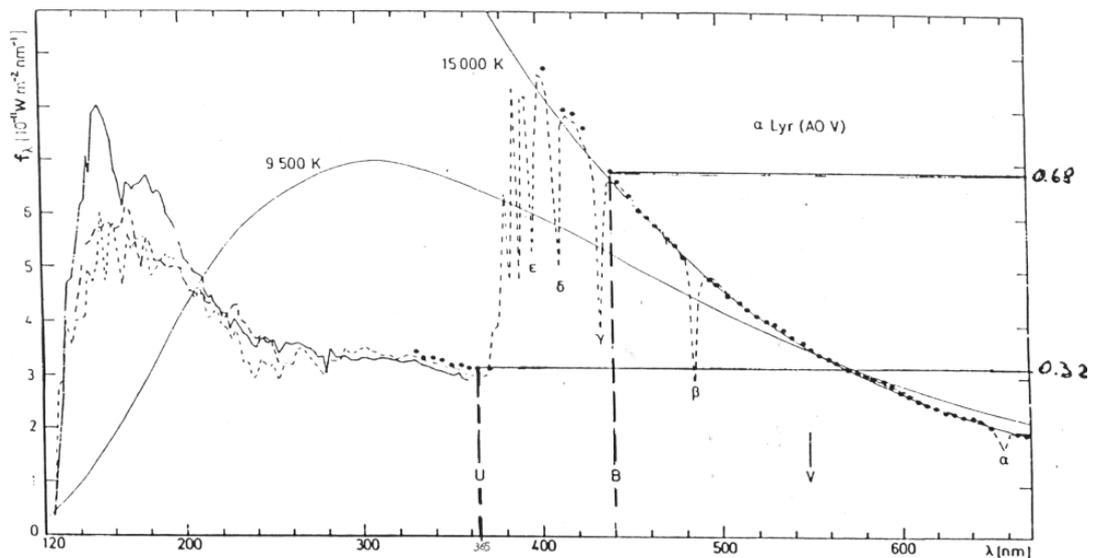


Fig.9- Spettro emesso dalla stella Vega

Con strumenti opportuni si misurano le intensità luminose emesse dal corpo di cui si vuole misurare la temperatura, possibilmente in più intervalli, in modo da mediare gli errori e si tenta di risalire alla temperatura del corpo.

Questo è ovviamente un metodo poco preciso, anche se è una miglioria del pirometro ottico (se non altro perché  $T$  dipende da due grandezze oggettivamente misurabili,  $I$  e  $v$ ), e che richiede una grossa quantità di calcoli, ma in teoria funziona per qualsiasi temperatura e senza necessità di entrare a contatto col corpo da misurare.

Pregi:

- Funziona a qualsiasi temperatura, l'unico limite è tecnologico, ossia si deve avere la possibilità di misurare l'intensità luminosa a particolari frequenze.
- Non serve essere a contatto col sistema, così si può effettuare la misura a distanza (per esempio la stella della figura 9 la cui temperatura è stimata  $T=12000K$ ), e si può evitare di perturbare il sistema di misura.

Difetti

- Il sistema di misura è di solito molto costoso.
- Si richiede una quantità di correzioni molto grande (quindi grande mole di calcoli) per un risultato che rimane comunque approssimativo.
- In alcuni casi si può sbagliare completamente la misura (se si sbagliano le ipotesi sotto le quali "correggere" i dati in ingresso).

## **APPUNTAMENTI INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO.**

BIAS dal 1956 è l'appuntamento internazionale di riferimento per i settori dell'automazione e componentistica industriale, strumentazione, ICT per l'industria, microelettronica.

La Mostra, organizzata da EIOM - [BIAS Group](#), si inserisce nel ciclo fieristico internazionale che vede le due principali rassegne mondiali del settore (BIAS Milano e [Interkama](#) Düsseldorf) alternarsi sinergicamente ogni due anni. Il BIAS, negli anni pari, risulta così l'evento internazionale più importante per l'automazione, la strumentazione, la microelettronica e la ICT per l'industria. Dalla sua nascita ad oggi, il BIAS ha conosciuto una crescita senza sosta, sia per numero di espositori che per superficie espositiva. Si è passati dai 31 espositori della prima edizione ai 2.512 dell'edizione 2000, sui 90.000 mq dei padiglioni di Fiera Milano. Nel 2000 il Bias è stato visitato da circa 57.000 operatori qualificati, provenienti da tutto il mondo.

Con l'edizione del 2000, il Bias ha offerto, per la prima volta, un panorama ancora più ampio sulle aziende e sulle soluzioni tecnologiche. Oltre a essere punto di incontro per un numero sempre maggiore di espositori e operatori, il Bias si è presentato rinnovato anche negli orizzonti.

Il mondo dell'ICT ha infatti affiancato quello tradizionale dell'automazione industriale, della strumentazione e della microelettronica.

BIAS è membro fondatore di [World-F.I.M.A.](#) (World Fairs in Instrumentation, Measurement and Automation), l'associazione internazionale delle più importanti mostre di settore. Una sola rassegna per Nazione, la più importante in termini di espositori, visitatori e riscontro internazionale, può entrare a far parte di World-F.I.M.A.

Bias 2000 in programma il 7 - 11 Novembre a Milano quest'anno giocherà la sua partita anche in rete.

I Servizi on-line per i visitatori del BIAS 2000, già attivati o in via di attivazione, sono stati pensati dalla Segreteria del BIAS 2000 e da Bias.it per consentire ai partecipanti di ottimizzare i tempi, reperire velocemente informazioni, proseguire in rete il proprio business.

#### **I visitatori del Bias trovano on-line a loro disposizione:**

- La pianta del quartiere espositivo della Mostra;
- Un catalogo interattivo per cercare informazioni sulle aziende e i prodotti presenti in fiera;
- Gli [Hotel](#) convenzionati.
- [I convegni](#), seminari e workshop presenti al BIAS 2000
- Vi invitiamo a visitare la pagina delle [FAQ](#)(domande più frequenti) sul BIAS2000.
- Vi invitiamo a visitare la pagina del [Villaggio della Strumentazione](#)
- Il repertorio del [Chi fa cosa](#)
- La [Pre registrazione](#) on line al BIAS 2000

Per qualunque informazione è possibile inviare un'email all'indirizzo [info@bias.it](mailto:info@bias.it)  
Oppure consultare il sito internet all'indirizzo <http://www.bias.it/>

## **Biografia:**

*Anders Celsius (1701-1744) fu un astronomo svedese che, oltre a sviluppare la scala delle temperature che da lui prende il nome, misurò la lunghezza d'arco di un meridiano per verificare la teoria di Newton dell'appiattimento della Terra ai poli.*

*Daniel Fahrenheit (1686 – 1736) contemporaneo di Celsius fu un fisico tedesco che inventò i termometri ad alcool e a mercurio usandoli per studiare i punti di ebollizione e di congelamento dei liquidi.*

*Lord Kelvin (William Thomson, 1824 – 1907) fu un fisico e ingegnere scozzese che diede contributi fondamentali in molti campi della fisica tra i quali, oltre alla termodinamica, si annoverano la conservazione dell'energia, l'elettricità e il magnetismo, l'acustica e l'idrodinamica. I suoi contributi scientifici furono tenuti in tale considerazione che gli fu concesso l'onore di essere sepolto nell'Abbazia di Westminster.*