


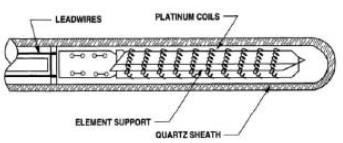

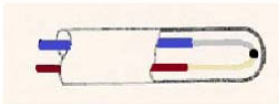
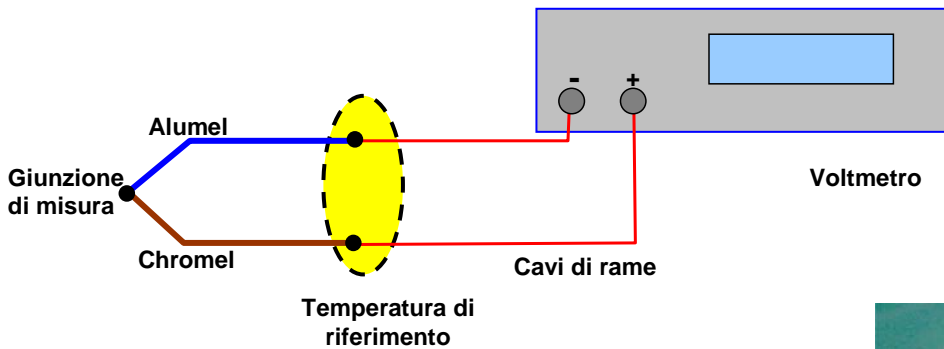


## Misure di temperatura

 <p>Termometro a bulbo</p>	<p><i>Principio:</i> dilatazione di liquido  <i>Campo:</i> -40÷500°C (in funzione del liquido)  <i>Incertezza:</i> 0,05÷2°C  <i>Uscita:</i> meccanica  <i>Norme:</i> UNI 6893</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elevata stabilità</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elevata costante di tempo</li> <li>- campo di misura</li> </ul>
 <p>Termometri a riempimento</p>	<p><i>Principio:</i> variazione pressione di gas, vapore, liquido  <i>Campo:</i> -50÷600°C  <i>Incertezza:</i> 1÷2°C  <i>Uscita:</i> meccanica  <i>Norme:</i> UNI CTI 9010</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lettura a distanza</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elevata costante di tempo</li> <li>- installazione problematica</li> </ul>
 <p>Termometri bimetallici</p>	<p><i>Principio:</i> dilatazione di solidi  <i>Campo:</i> 0÷600°C  <i>Incertezza:</i> 1÷5°C  <i>Uscita:</i> meccanica  <i>Norme:</i> UNI CTI 9010</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- scarsa precisione</li> <li>- non utilizzabili a distanza</li> </ul>
 <p>Termometri a resistenza</p>	<p><i>Principio:</i> variazione di resistenza elettrica di metalli  <i>Campo:</i> -250÷850°C  <i>Incertezza:</i> 0,01÷0,1°C  <i>Uscita:</i> elettrica  <i>Norme:</i> UNI CTI 7937                      IEC 751</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elevata affidabilità</li> <li>- linearità</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elevato costo</li> <li>- elevata costante di tempo</li> </ul>
 <p>Termistori</p>	<p><i>Principio:</i> variazione di resistenza elettrica di semiconduttori  <i>Campo:</i> -100÷200°C  <i>Incertezza:</i> 0,5÷1°C  <i>Uscita:</i> elettrica</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> <li>- elevata sensibilità</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- autoriscaldamento</li> <li>- non linearità</li> </ul>
 <p>Termocoppie</p>	<p><i>Principio:</i> f.e.m. in un circuito termoelettrico  <i>Campo:</i> fino a 3000°C (funzione del tipo di termocoppia)  <i>Incertezza:</i> 0,5÷5°C  <i>Uscita:</i> elettrica  <i>Norme:</i> UNI CTI 7938                      IEC 584-1/2/3</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> <li>- piccola costante di tempo</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- non linearità</li> <li>- bassa sensibilità</li> </ul>

Misure di temperatura  
**Termocoppie**



- S – (10% Rodio + Platino) – Platino
- R – (13% Rodio + Platino) – Platino
- B – (Platino + 30% Rodio) – (Platino + 6% Rodio)
- J – Ferro – Costantana
- T – Rame – Costantana
- K – Cromel – Almel
- E – Cromel – Costantana

Tipo	Materiali	Coefficiente di Seebeck ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) a $20^\circ\text{C}$	Range di temperatura ( $^\circ\text{C}$ )
S/R	(Rh+Pt) - Pt	10	0÷1500
B	(Rh+Pt) - (Rh+Pt)	10	0÷1800
J	Fe - Con	50	0÷760
T	Cu - Con	38	0÷370
K	(Cr+Ni) - (Al+Ni)	40	-200÷1260
E	(Cr+Ni) - Con	59	-200÷900

ITS-90 Table for type K thermocouple

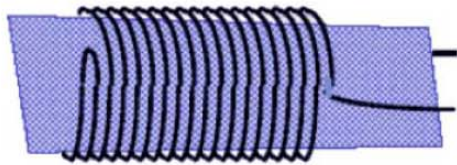
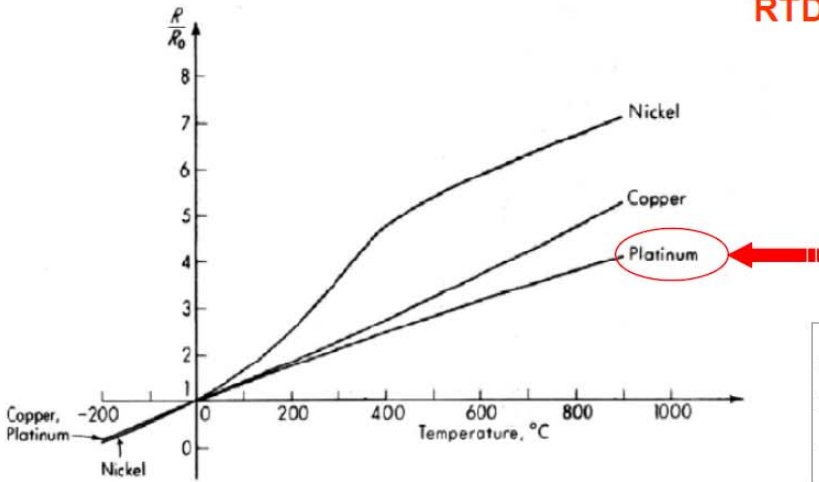
$^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Thermoelectric Voltage in mV										
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096

$T_1 - T_2 = 25^\circ\text{C}$



$\Delta V = 1 \text{ mV}$

RTD (Resistance Temperature Detector)  
 Termoresistenza



Filo avvolto su supporto ceramico

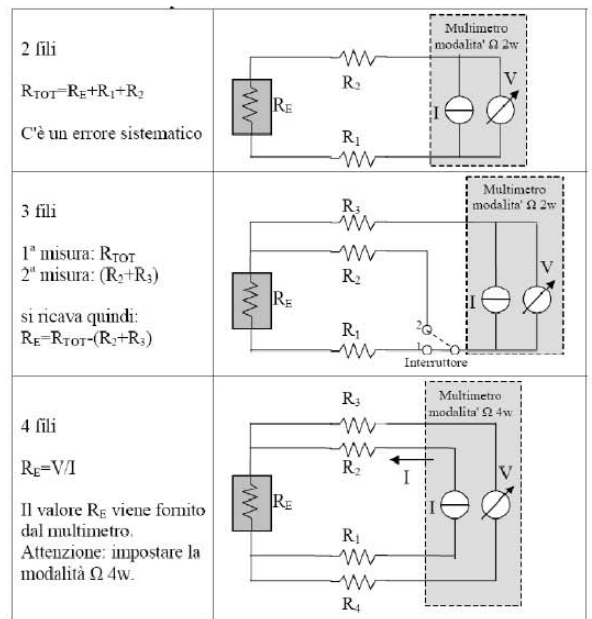
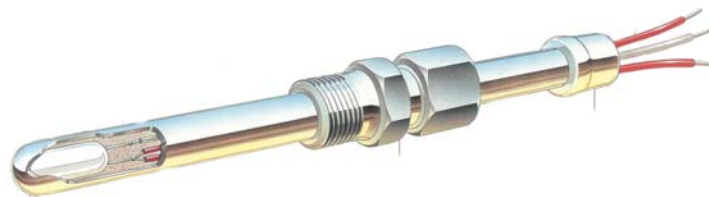
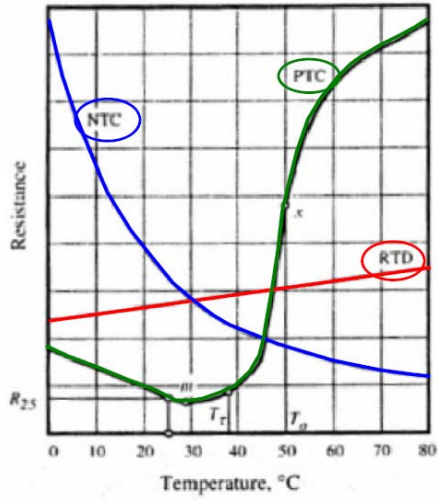


Figura 9 Circuiti di misura per termoresistenze

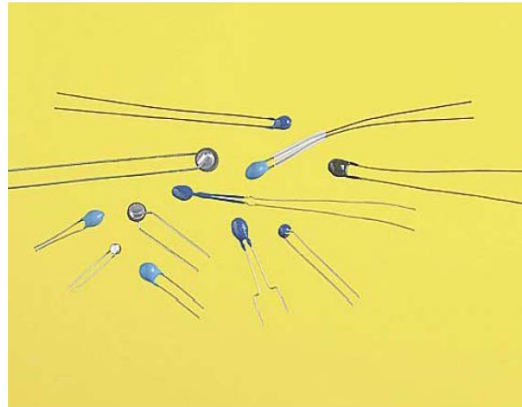


°C	Ohms	Diff.	°C	Ohms	Diff.	°C	Ohms	Diff.	°C	Ohms	Diff.	°C	Ohms	Diff.	°C	Ohms	Diff.
-200	18.52		-140	43.88	0.42	-80	68.33	0.41	-20	92.16	0.39	± 0	100.00	0.39	+60	123.24	0.38
199	18.96	0.44	139	44.29	0.41	79	68.73	0.40	19	92.55	0.39	+1	100.39	0.39	61	123.62	0.38
198	19.39	0.43	138	44.71	0.42	78	69.13	0.40	18	92.95	0.40	2	100.78	0.39	62	124.01	0.39
197	19.82	0.43	137	45.12	0.41	77	69.53	0.40	17	93.34	0.39	3	101.17	0.39	63	124.39	0.38
196	20.25	0.43	136	45.53	0.41	76	69.93	0.40	16	93.73	0.39	4	101.56	0.39	64	124.77	0.38
195	20.68	0.43	135	45.95	0.42	75	70.33	0.40	15	94.12	0.39	5	101.95	0.39	65	125.17	0.40
194	21.11	0.43	134	46.35	0.40	74	70.73	0.40	14	94.52	0.40	6	102.34	0.39	66	125.55	0.38
193	21.54	0.43	133	46.76	0.41	73	71.13	0.40	13	94.91	0.39	7	102.73	0.39	67	125.93	0.38
192	21.97	0.43	132	47.18	0.42	72	71.53	0.40	12	95.30	0.39	8	103.12	0.39	68	126.32	0.39
191	22.40	0.43	131	47.59	0.41	71	71.93	0.40	11	95.69	0.39	9	103.51	0.39	69	126.70	0.38
190	22.83	0.43	130	48.00	0.41	70	72.33	0.40	10	96.09	0.40	10	103.90	0.39	70	127.08	0.38
189	23.26	0.43	129	48.41	0.41	69	72.73	0.40	9	96.48	0.39	11	104.29	0.39	71	127.46	0.38
188	23.69	0.43	128	48.82	0.41	68	73.13	0.40	8	96.87	0.39	12	104.68	0.39	72	127.85	0.39
187	24.12	0.43	127	49.23	0.41	67	73.53	0.40	7	97.26	0.39	13	105.07	0.39	73	128.23	0.38
186	24.55	0.43	126	49.64	0.41	66	73.93	0.40	6	97.65	0.39	14	105.46	0.39	74	128.61	0.38
185	24.97	0.42	125	50.06	0.42	65	74.33	0.40	5	98.04	0.39	15	105.85	0.39	75	128.99	0.38

Misure di temperatura - **Termistori**

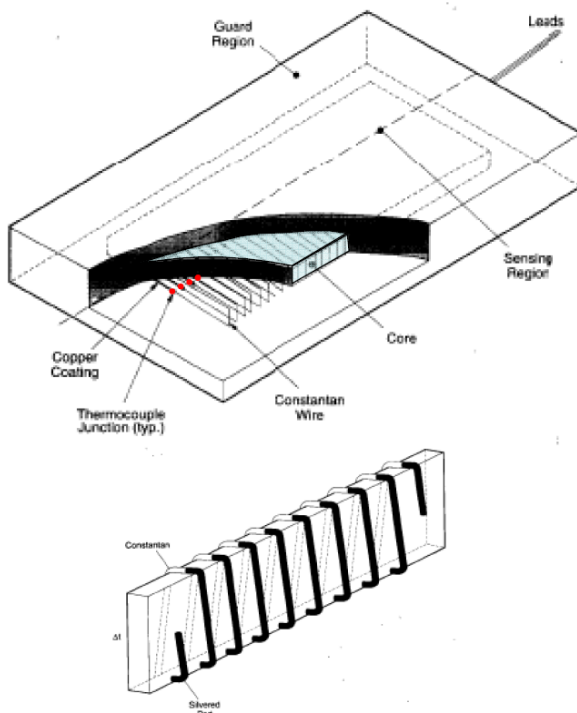


Titanato di bario ( $BaTiO_3$ ) o soluzioni solide di titanato di bario ( $BaTiO_3$ ) e titanato di stronzio ( $SrTiO_3$ ) rese semiconduttori con l'aggiunta di opportuni droganti



Misura del flusso termico



HFT (Heat Flux Transducer)



## Misure di umidità relativa

<p><b>Igrometro a capello</b></p> 	<p><i>Campo di misura:</i> 15÷85% R.H.  <i>Incertezza:</i> 3÷5% R.H.  <i>Uscita:</i> meccanica</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- non elevata stabilità</li> <li>- isteresi</li> </ul>
<p><b>Igrometri resistivi</b></p> 	<p><i>Campo di misura:</i> 15÷85% R.H.  <i>Incertezza:</i> 2÷3% R.H.  <i>Uscita:</i> elettrica</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> <li>- uscita elettrica</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sensibilità alla temperatura</li> <li>- non elevata stabilità</li> <li>- elevata isteresi</li> </ul>
<p><b>Igrometri capacitivi</b></p> 	<p><i>Campo di misura:</i> 15÷85% R.H.  <i>Incertezza:</i> 1÷3% R.H.  <i>Uscita:</i> elettrica</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> <li>- uscita elettrica</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- non elevata stabilità</li> <li>- elevata isteresi</li> </ul>

## Psicrometri

<p><b>Ad aspirazione forzata</b></p> 	<p><i>Campo di misura:</i> 15÷95% R.H.  <i>Incertezza:</i> 0,2÷0,5°C (1÷3% R.H. a 20°C)  <i>Uscita:</i> meccanica</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ampio campo di impiego</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sensibile allo sporcamento</li> <li>- necessità di taratura</li> <li>- generalmente <math>T_{bu} &gt; 0^\circ\text{C}</math></li> </ul>
<p><b>Psicrometro manuale</b></p> 	<p><i>Campo di misura:</i> 15÷85% R.H.  <i>Incertezza:</i> 0,5°C (1÷3% R.H. a 20°C)  <i>Uscita:</i> meccanica</p>	<p><i>Vantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basso costo</li> </ul> <p><i>Svantaggi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- non elevata precisione</li> <li>- sensibile allo sporcamento</li> <li>- generalmente <math>T_{bu} &gt; 0^\circ\text{C}</math></li> </ul>

### Psicrometro ad aspirazione (di Assmann)

Un bulbo termometrico tenuto umido con una garza imbevuta di acqua tende a perdere umidità per evaporazione quanto più l'ambiente è secco.

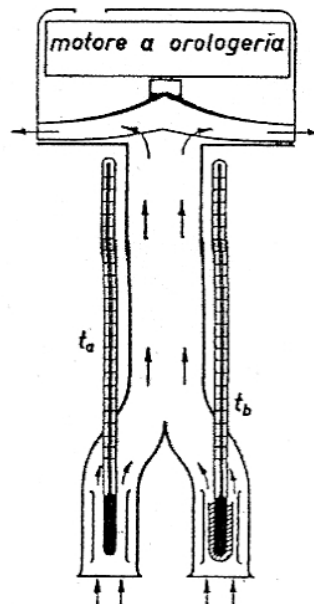
La differenza di pressione di vapore dell'acqua a contatto con il bulbo bagnato ( $p_b$ ) e quella dell'aria a contatto con il bulbo asciutto ( $p_v$ ), cioè quella dell'aria ambiente, è proporzionale alla differenza di temperatura fra i due bulbi, alla pressione barometrica, al calore di evaporazione dell'acqua ed ai coefficienti di scambio di calore e di massa:

$$p_b - p_v \propto \frac{h_c}{h_m} r B (t_a - t_b)$$

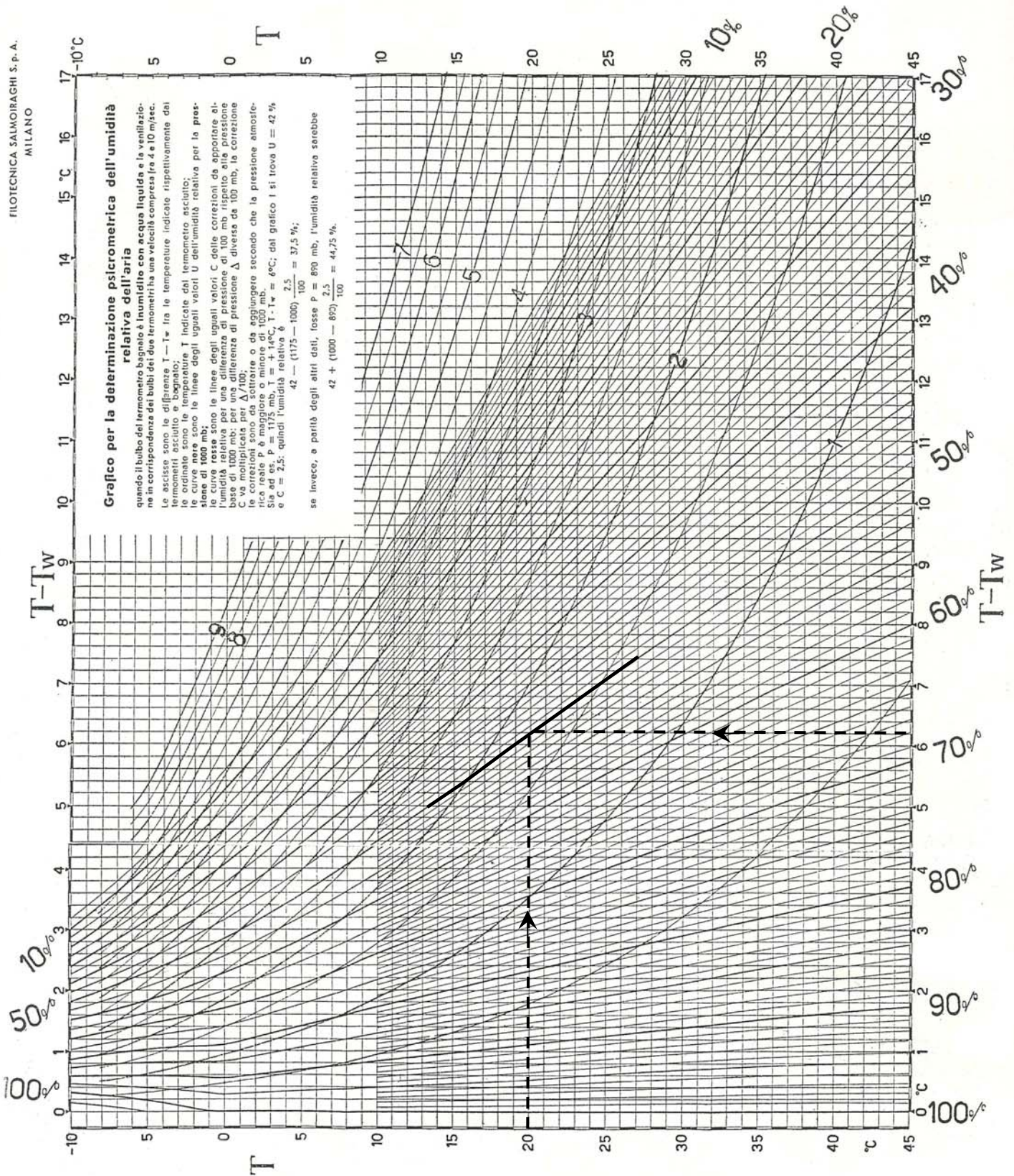
Nella configurazione di Assmann, cioè con i bulbi investiti da una corrente aspirata da un meccanismo ad orologeria, risultano costanti note  $h_c$ ,  $h_m$  ed  $r$

$$p_v = p_b - A B (t_a - t_b)$$

dove la costante  $A$  vale  $0,000662$  [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ] con pressioni in  $hPa$  e temperature in  $^{\circ}\text{C}$ .  
Il calcolo è semplificato dall'uso di diagrammi appositi.



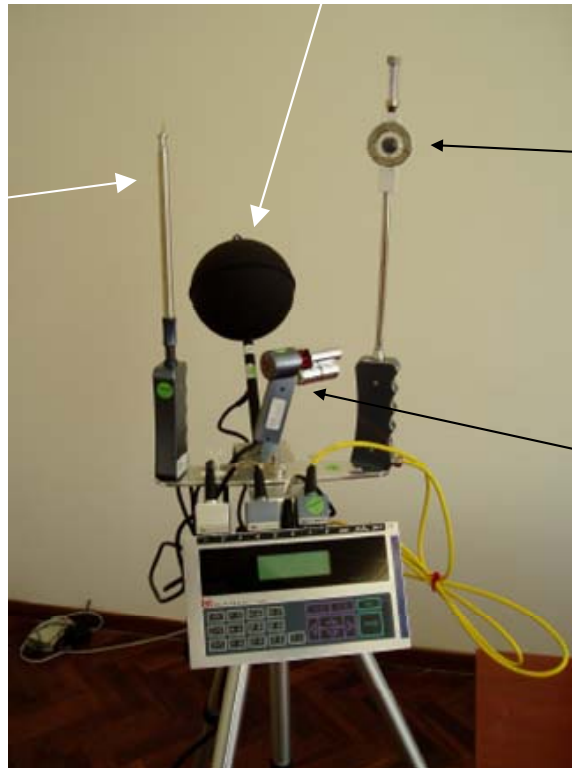
FILOTECNICA SALMOIRAGHI S.p.A.  
 MILANO



*Esempio:*  $T=20^\circ\text{C}$ ;  $T_w=13,8^\circ\text{C}$ ;  $T-T_w=6,2^\circ\text{C}$   $\rightarrow$   $UR=50\%$

Sonda globotermometrica in rame nero opaco per la misura della temperatura media radiante (norma ISO7726). Campo di misura -40 +80°C; elemento sensibile: Pt100 DIN-A

Sonda anemometrica a filo caldo



Radiometro

Sonda psicrometrica

## CENTRALINA MICROCLIMATICA

Per misure di benessere termoigrometrico

-Temperatura dell'aria (°C)  
-Temperatura media radiante (°C) } Temperatura operativa (°C)  
-Umidità relativa (%)  
-velocità dell'aria (m/s)

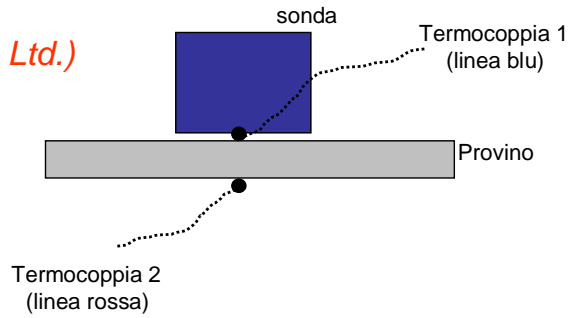
-Attività svolta (met)  
-Abbigliamento (clo)

$$PMV = f(T_a, T_{mr}, UR, c, M, I_{clo})$$



Misura di *conduttività termica*, con metodo dinamico  
 (sorgente piana)

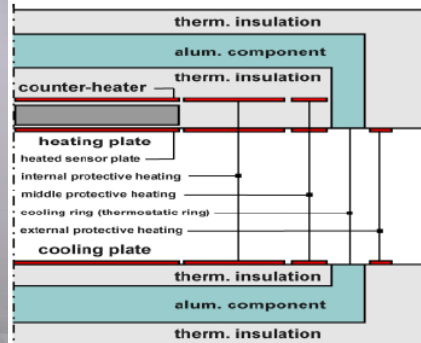
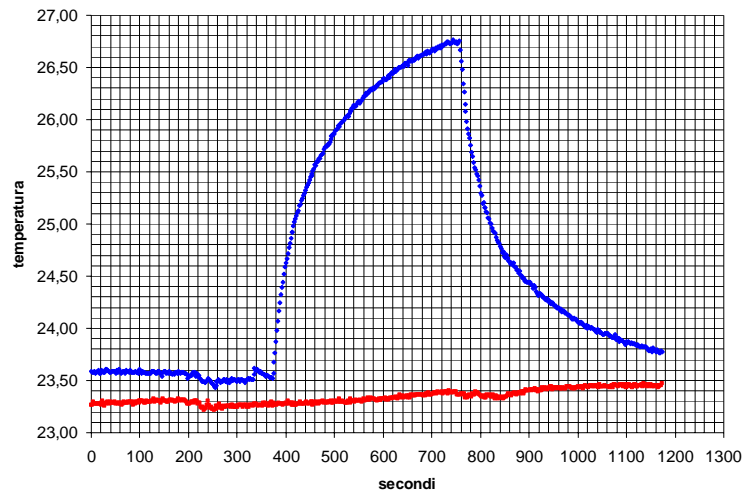
ISOMET 2104 (Applied Precision Ltd.)



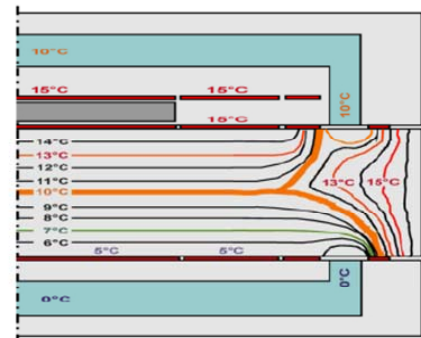
Misura di:

$$\lambda \left[ \frac{W}{m K} \right] \quad \text{Conduttività termica}$$

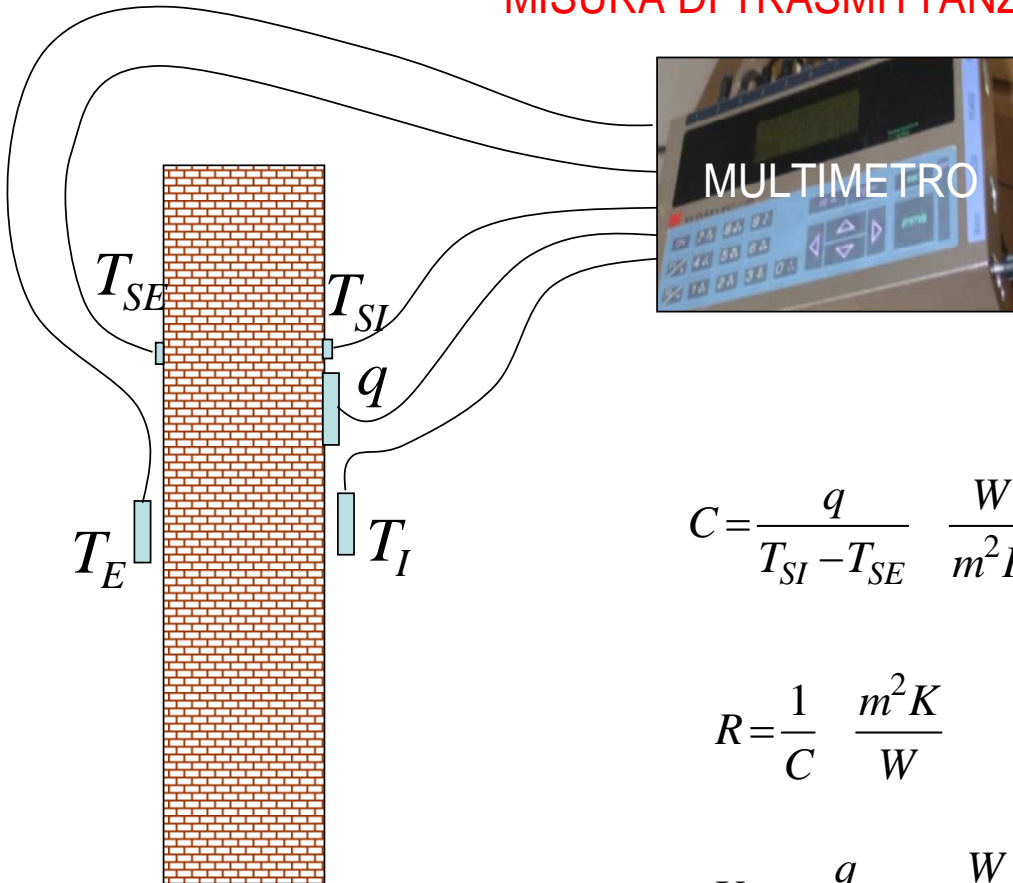
$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \left[ \frac{m^2}{s} \right] \quad \text{Diffusività termica}$$



Apparecchiatura a piastra calda con guardia per misure di *conduttività termica* secondo ISO 8302 ed EN 12664 (Lambda – Meßtechnik GmbH Dresden)



## MISURA DI TRASMITTANZA IN OPERA

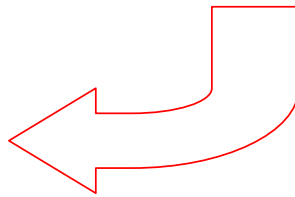


$$C = \frac{q}{T_{SI} - T_{SE}} \quad \frac{W}{m^2 K} \quad \text{Conduttanza}$$

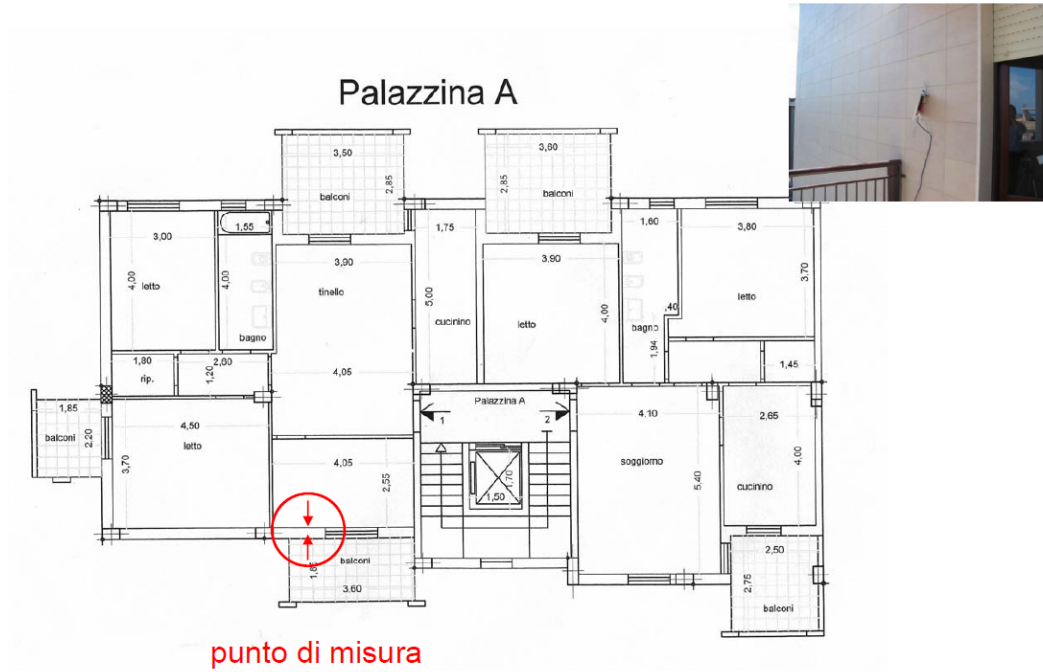
$$R = \frac{1}{C} \quad \frac{m^2 K}{W} \quad \text{Resistenza}$$

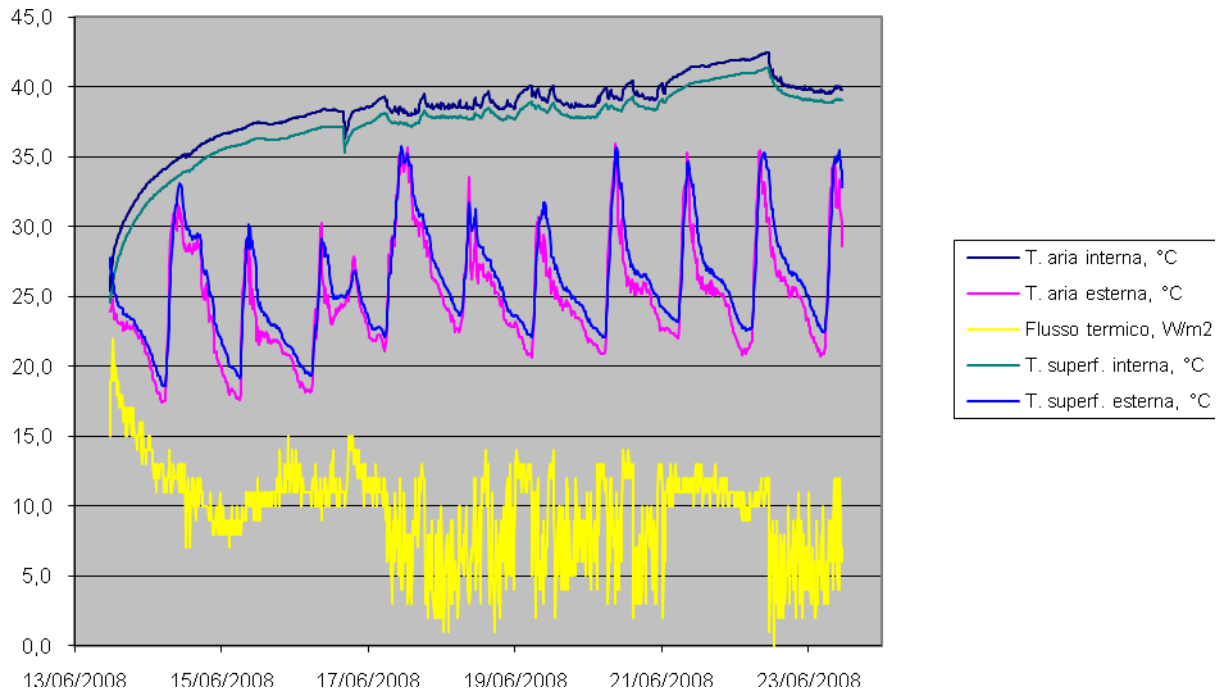
$$U = \frac{q}{T_I - T_E} \quad \frac{W}{m^2 K} \quad \text{Trasmittanza}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_I} + R + \frac{1}{h_E}} \quad \frac{W}{m^2 K}$$

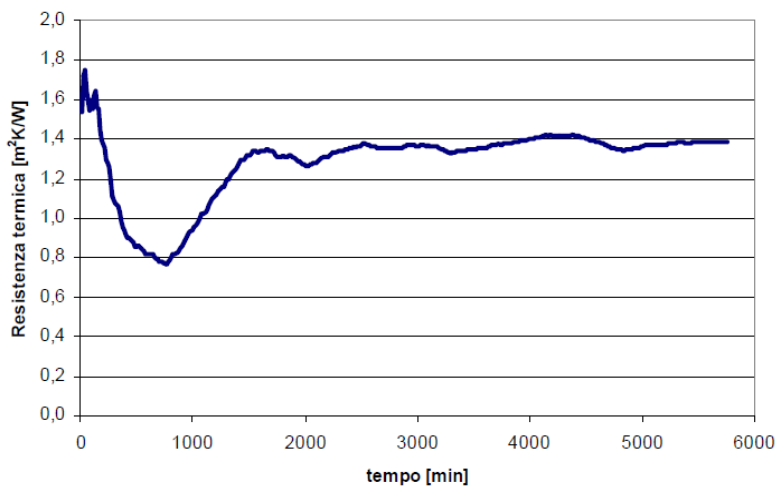


Rilievo di trasmittanza termica in opera  
4° piano – Palazzina a Bisceglie (BA)



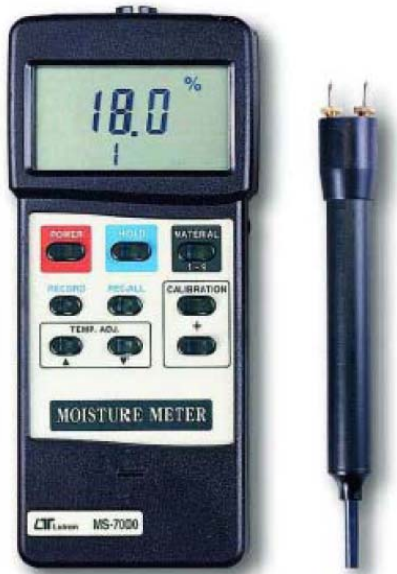


Elaborazione misure con metodo delle medie (ISO 9869)



*Risultati:*  
 Con riferimento agli ultimi due giorni del periodo utile per il calcolo:

<i>Resistenza termica, R</i>	1,38 m <sup>2</sup> K/W
<i>Conduttanza termica, 1/R</i>	0,726 W/(m <sup>2</sup> K)
<b><i>Trasmittanza termica, U</i></b>	<b>0,640 W/(m<sup>2</sup>K)</b>



Misura di contenuto di umidità nelle pareti

Metodo elettrico (sonda a puntali)

Metodo ponderale (carotaggio+ forno+bilancia)

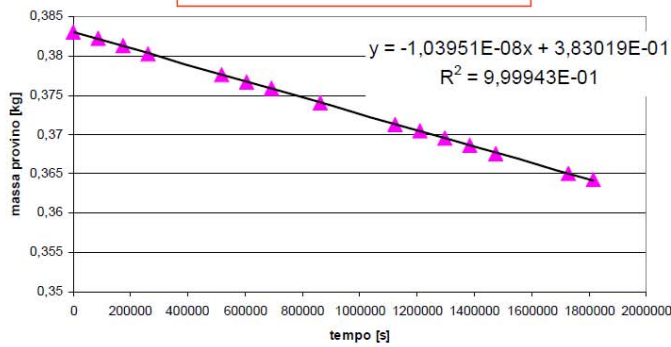
inaffidabile

**STRUMENTI MULTIFUNZIONE**

Misura di permeabilità al vapore d'acqua  
 (UNI EN ISO 12572)



Prova in tazza umida

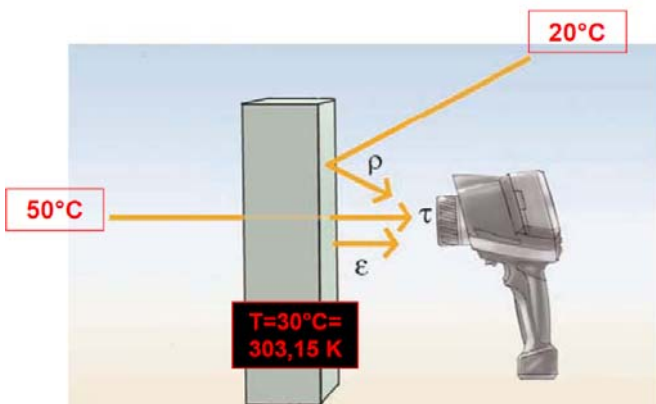


Prova in tazza secca



**TERMOGRAFIA**

La radiazione registrata dalla termocamera è composta da raggi a onda lunga emessi, riflessi e trasmessi, provenienti dagli oggetti all'interno del campo visivo della termocamera



$$w = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

