

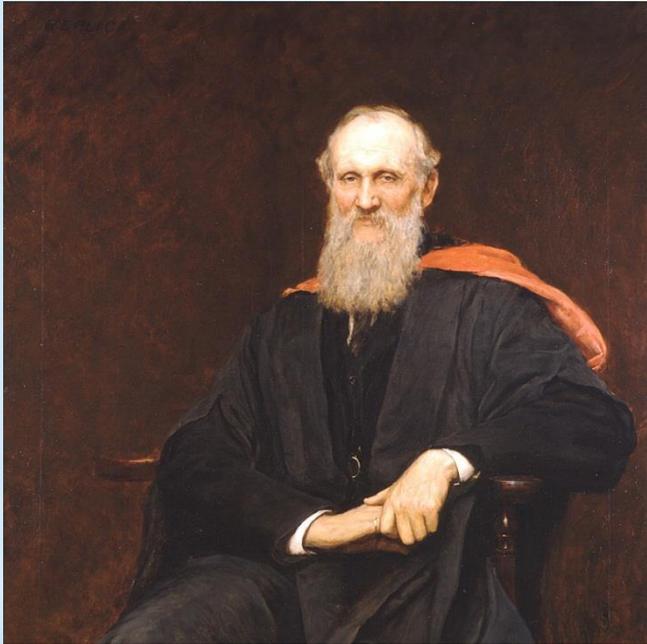


Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Biometeorologia

# La strumentazione meteorologica e climatologica

# Misurare l'ambiente



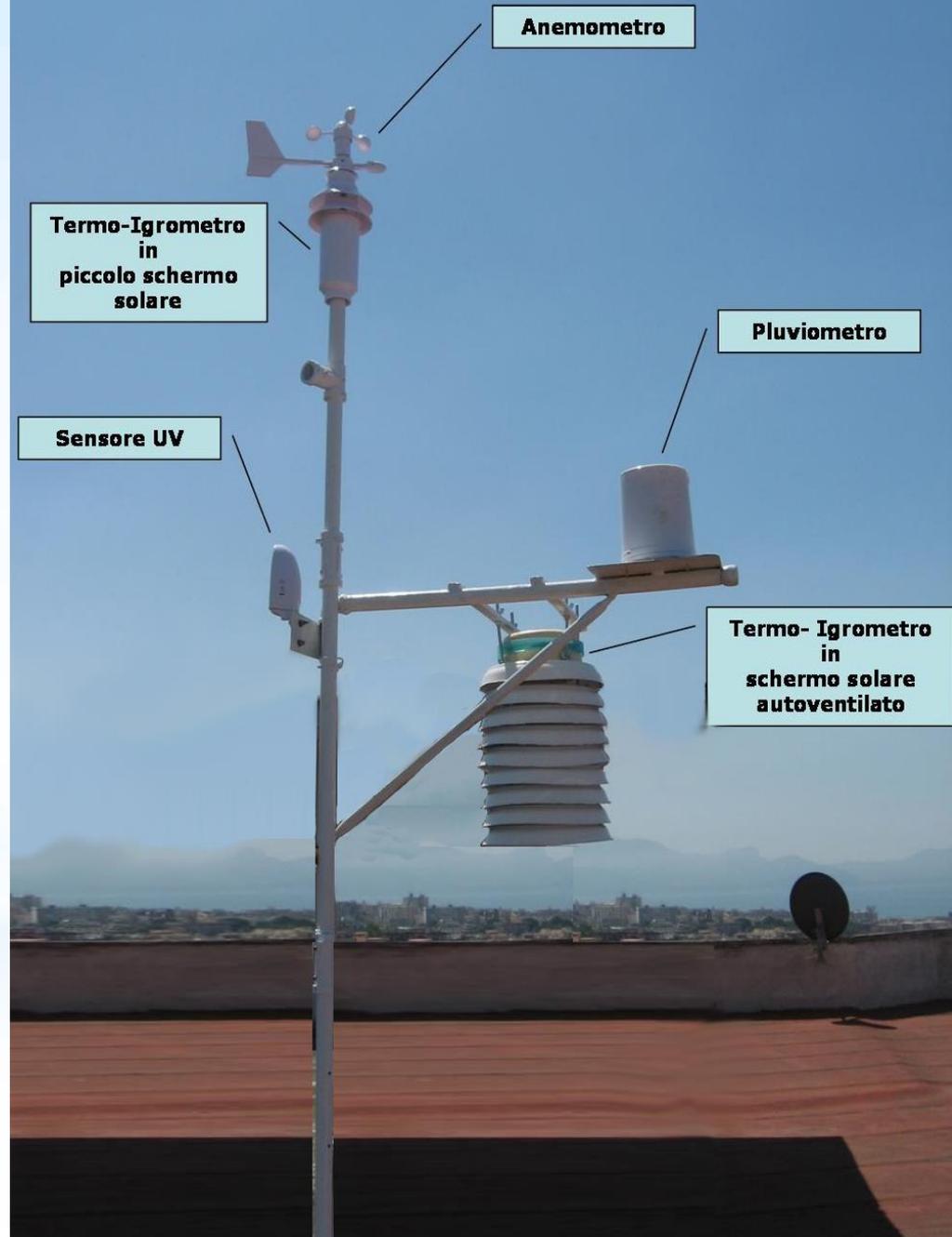
Misurare una grandezza significa esprimerla in forma numerica in una opportuna unità di misura, evidenziando l'incertezza del risultato.

**Afferma Lord Kelvin :**

*Quando puoi misurare ed esprimere numericamente ciò di cui stai parlando, tu conosci qualcosa di ciò di cui parli; ma quando non puoi misurarlo, non puoi esprimerlo numericamente, la tua conoscenza è modesta e insoddisfacente.*

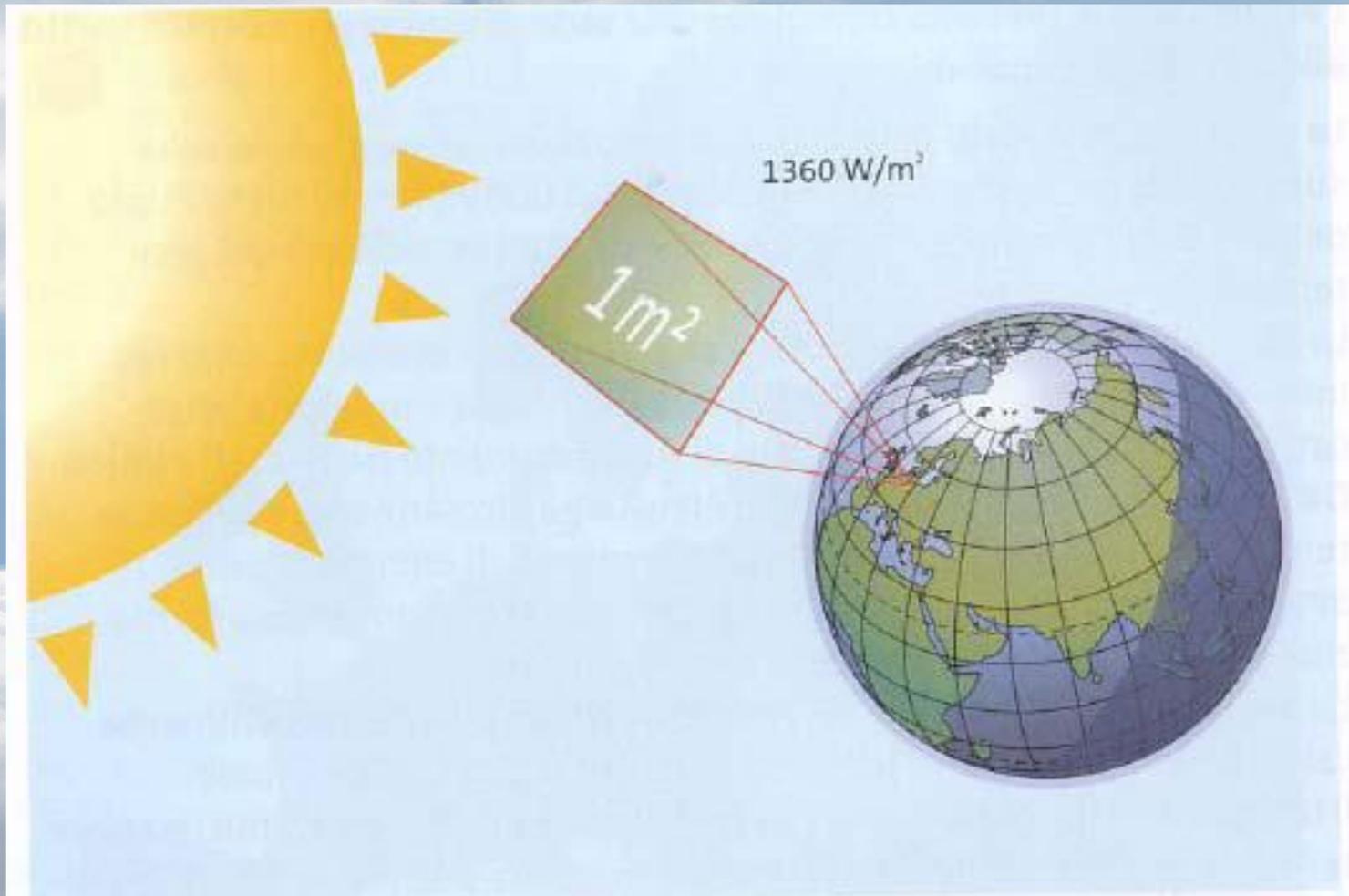
# Le grandezze fisiche:

Radiazione solare  
Temperatura aria  
Temperatura terreno  
Umidità aria  
Pressione atmosferica  
Vento  
Precipitazione



# Radiazione Solare

## *Strumenti e metodi di misura*



# Radiazione Solare

*Un solido, un liquido, o un gas denso emettono una sequenza di lunghezze d'onda senza alcuna soluzione di continuità*

*Spettro continuo*

*La radiazione emessa dipende dalla temperatura,*

*L'intensità della radiazione è funzione della lunghezza d'onda*

*(curva di Plank)*

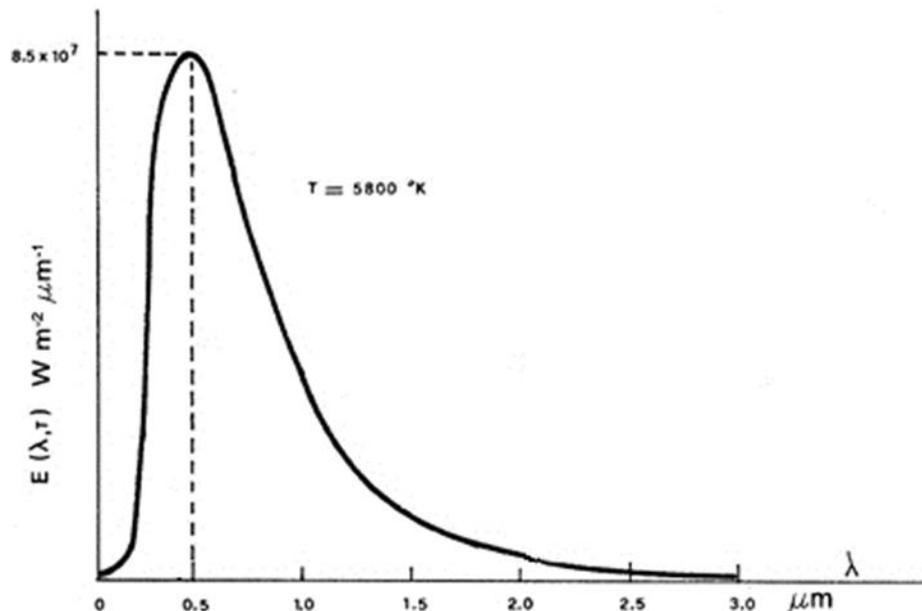
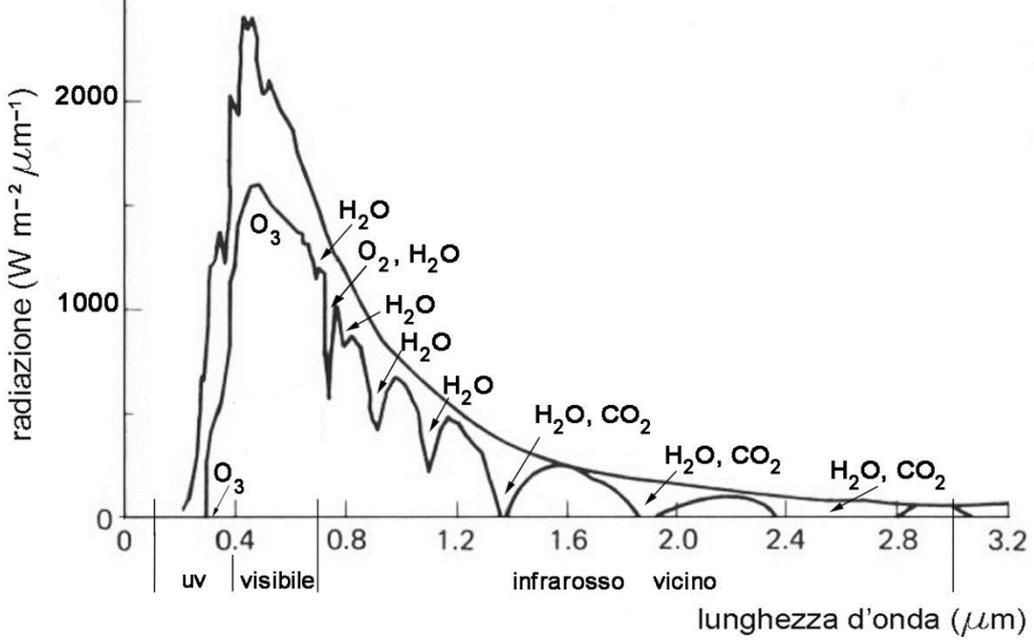
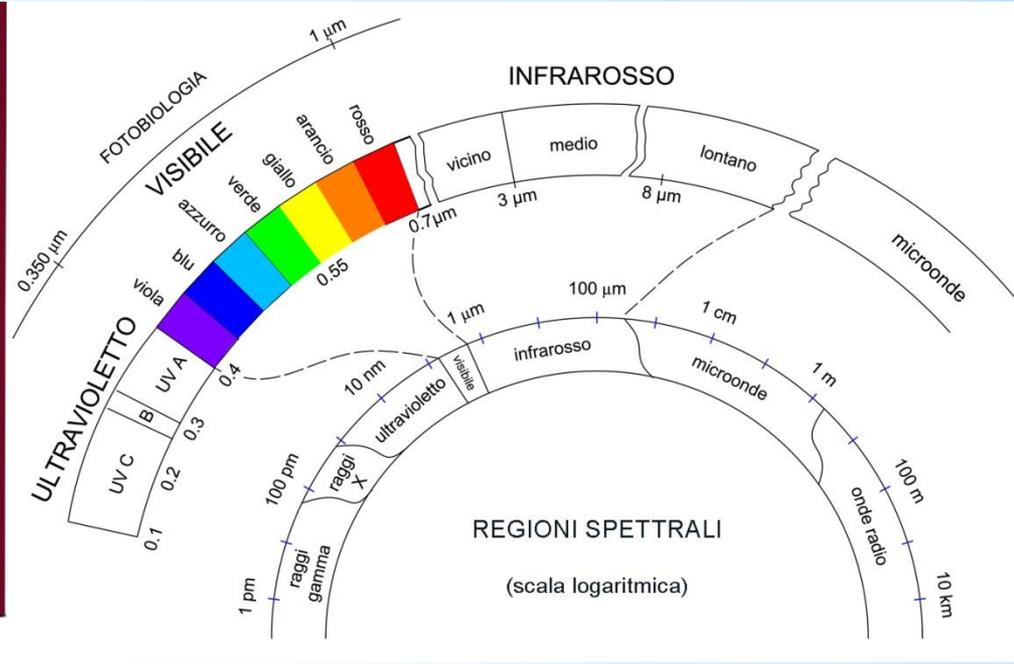
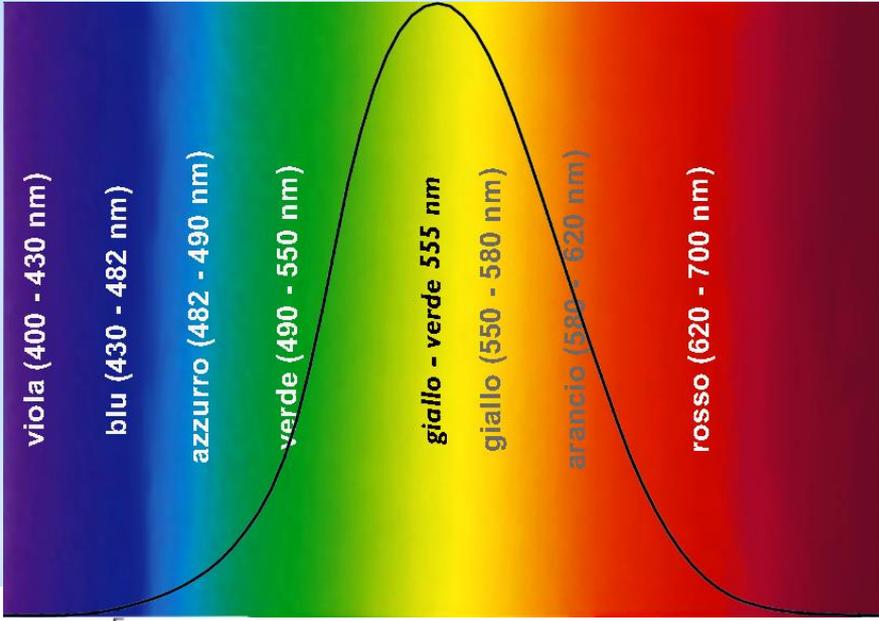


Fig. 2 - Emissione specifica  $E(\lambda, T)$  del sole al livello della fotosfera.

# RADIAZIONE SOLARE

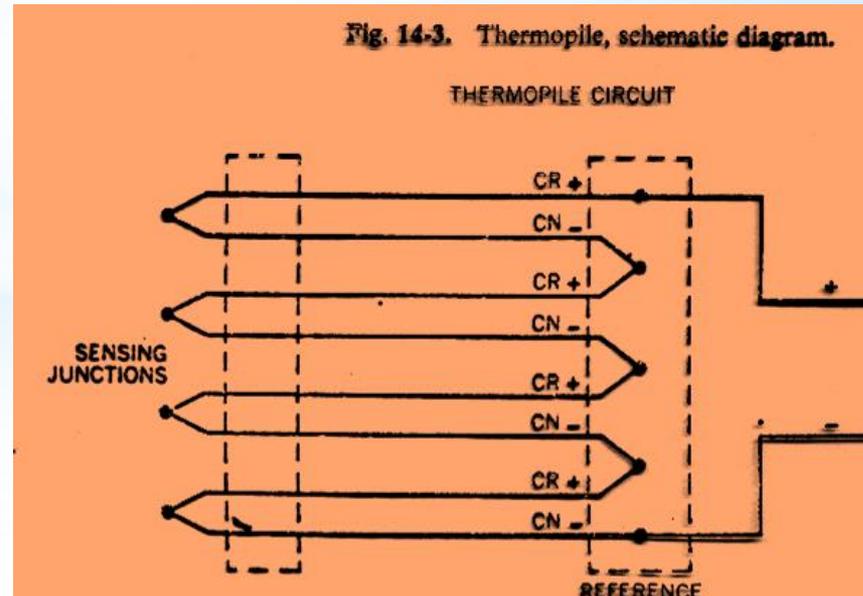
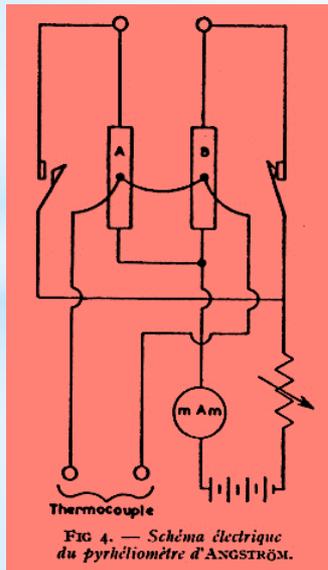


# I flussi radiativi [W m<sup>-2</sup>]

- Radiazione diretta
- Radiazione globale
- Radiazione diffusa
- Radiazione riflessa
- Radiazione netta

# Radiazione diretta

## Pireliometri



# Radiazione globale

Radiazione misurata a terra su un piano orizzontale, proveniente dal disco solare e diffusa dal cielo per effetto delle nubi e di altri costituenti atmosferici.

Gamma Radiazione Globale  $0,3 - 3 \mu\text{m}$

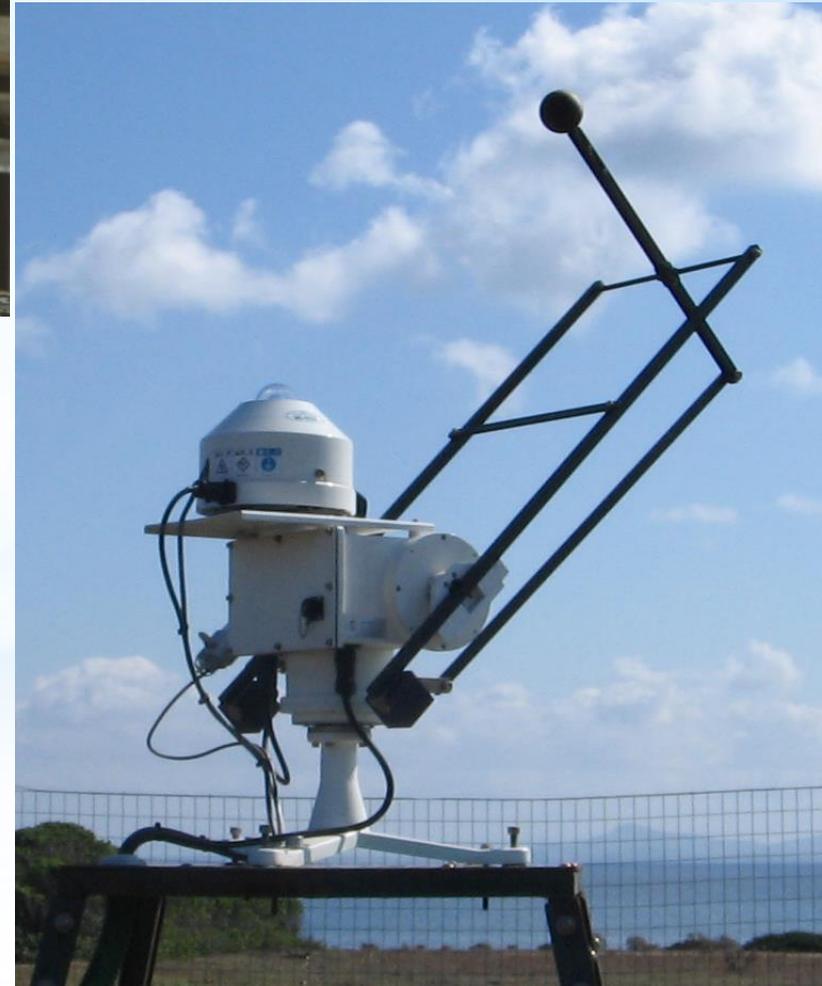


## Radiazione diffusa



Radiazione misurata a terra, su un piano orizzontale, diffusa dal cielo per effetto delle nubi e di altri costituenti atmosferici.

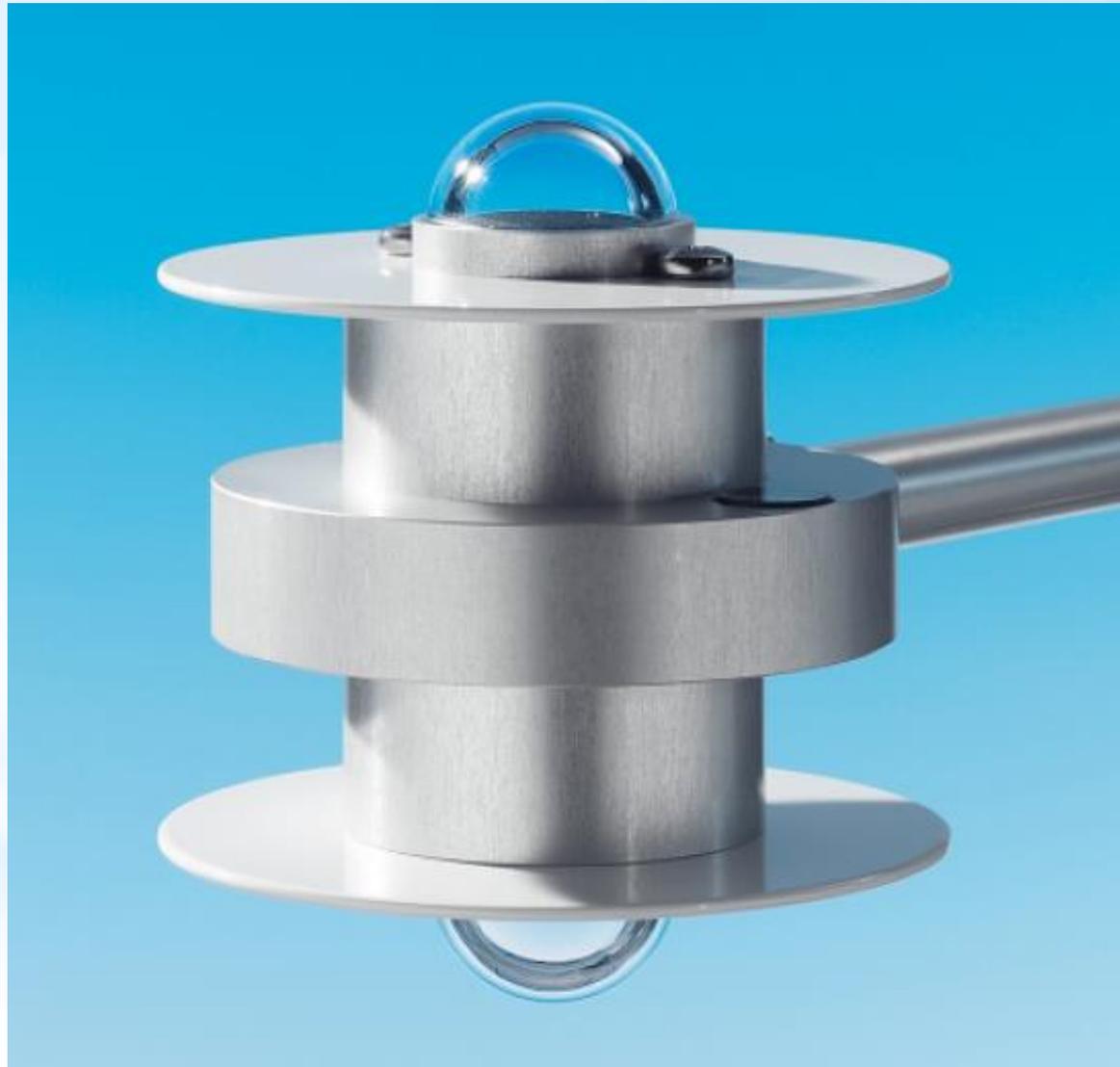
Gamma Radiazione  
Globale  $0,3 - 3 \mu\text{m}$



# Radiazione riflessa

Radiazione solare riflessa  
da una superficie nella  
banda  $0,3 - 3 \mu\text{m}$

Il rapporto fra la  
radiazione riflessa  
e la  
radiazione globale  
dà  
l'albedo (numero puro)



# Radiometro multiplo

Misura la Radiazione:  
Globale  
Diffusa  
Calcola l'eliofania



**Radiometro multiplo**

**Maschera ombreggiante**

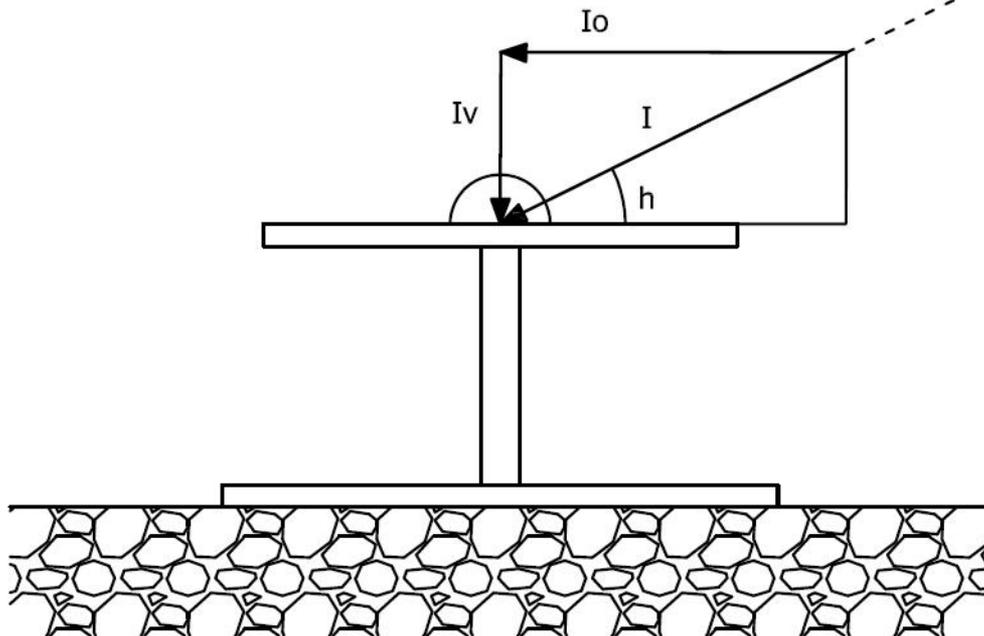


# Eliofania

L'eliofania è definita come la durata in ore dell'insolazione;  
Ovvero ore di soleggiamento con cielo limpido e sgombro da nubi.

C'è eliofania se la radiazione diretta è maggiore  
o uguale a  $120 \text{ W m}^{-2}$

ovvero se la sua componente verticale è maggiore  
o uguale a  $20 \text{ W m}^{-2}$



$$G = I \sin h + D$$

$$I_v = I \sin h$$

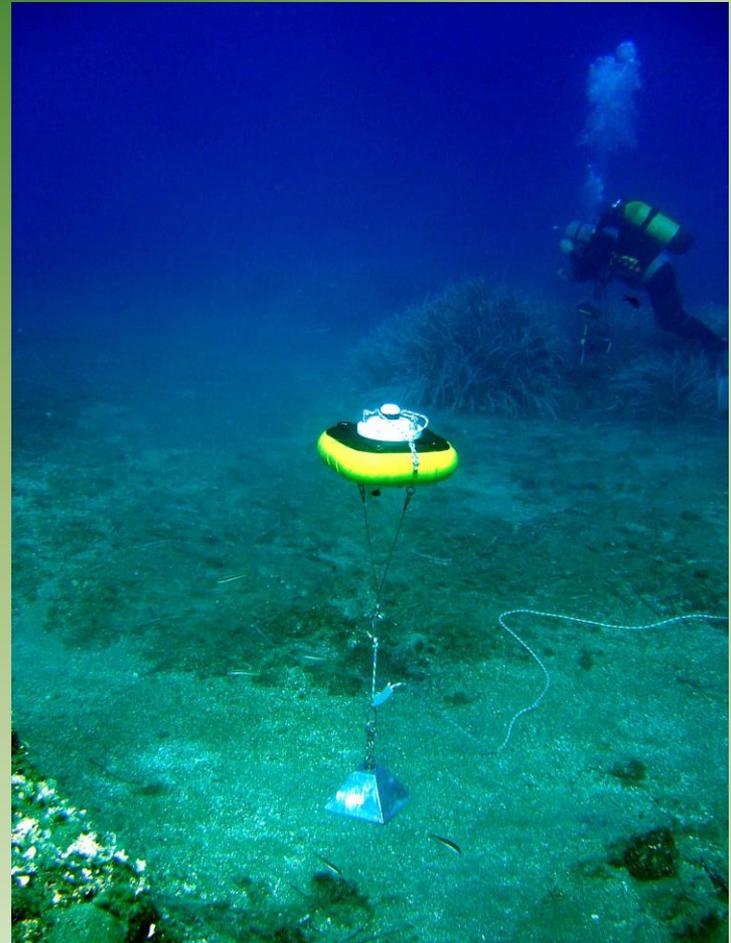
$$I_v = G - D$$

# Radiazione netta

La radiazione netta è la differenza proveniente dal cielo e quella in arrivo dalla superficie in esame nella gamma spettrale da  $0,3$  a  $60 \mu\text{m}$



# Radiazione subacquea



hh:mm

13:05 ÷ 13:20

12:50 ÷ 13:00

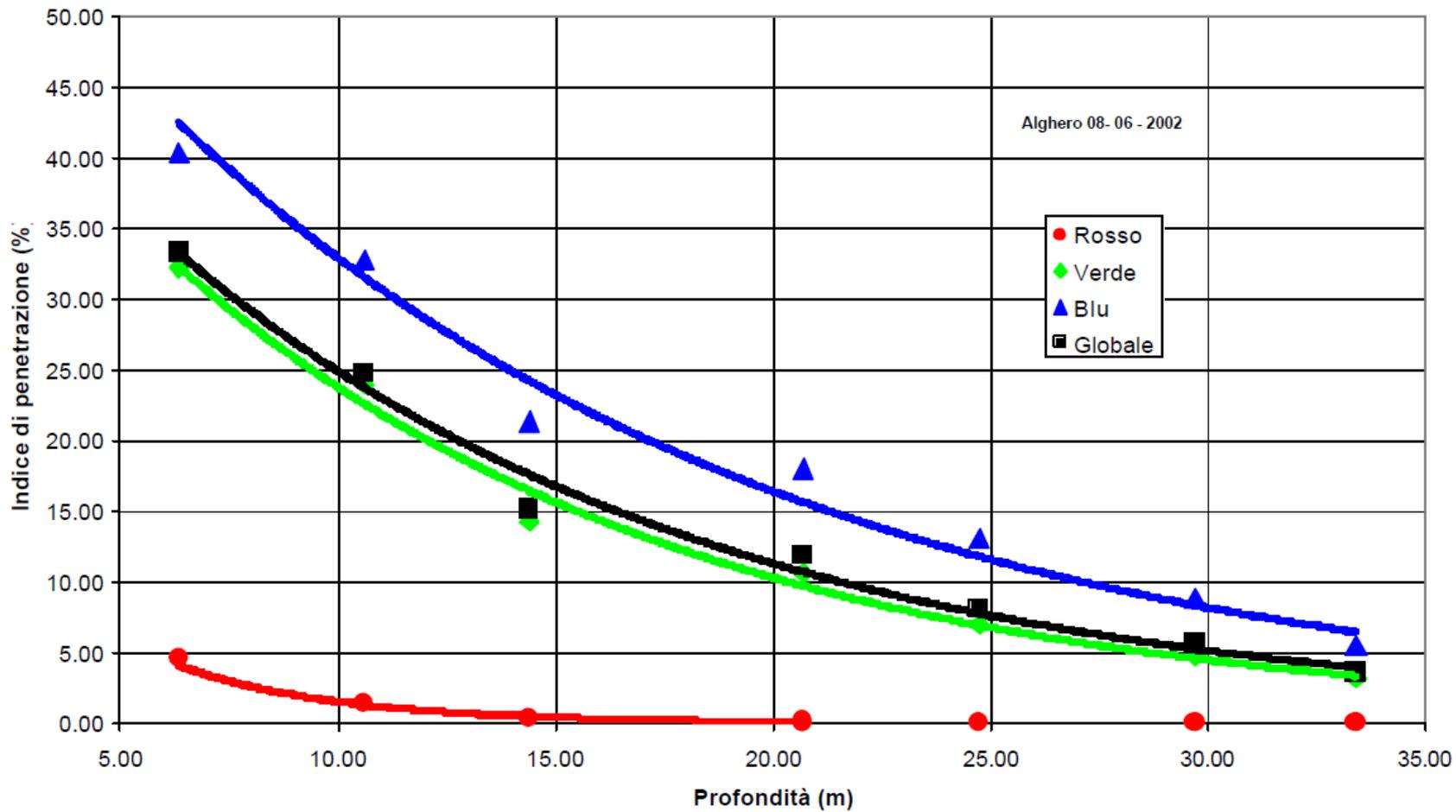
12:30 ÷ 12:45

12:10 ÷ 12:25

11:50 ÷ 12:05

11:20 ÷ 11:45

11:00 ÷ 11:15



# Temperatura



La temperatura di un corpo dà indicazioni sul suo stato termico in riferimento alla sua capacità di comunicare "calore" ad altri corpi; in altre parole è una misura dell'energia cinetica delle molecole che costituiscono il corpo.

Si misura in gradi kelvin (K): alla pressione di 1013 mbar (pressione atmosferica media al livello del mare) si attribuisce al ghiaccio fondente (punto triplo dell'acqua) la temperatura di 273,16 K e al punto di ebollizione dell'acqua la temperatura di 373,16 K

Altre scale utilizzate sono:

gradi celsius o centigradi ( $^{\circ}\text{C}$ ): si stabilisce zero gradi la temperatura del ghiaccio fondente e 100  $^{\circ}\text{C}$  la temperatura di ebollizione dell'acqua;

gradi fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ): si considera il ghiaccio fondente a 32  $^{\circ}\text{F}$  e il punto di ebollizione dell'acqua a 212  $^{\circ}\text{F}$

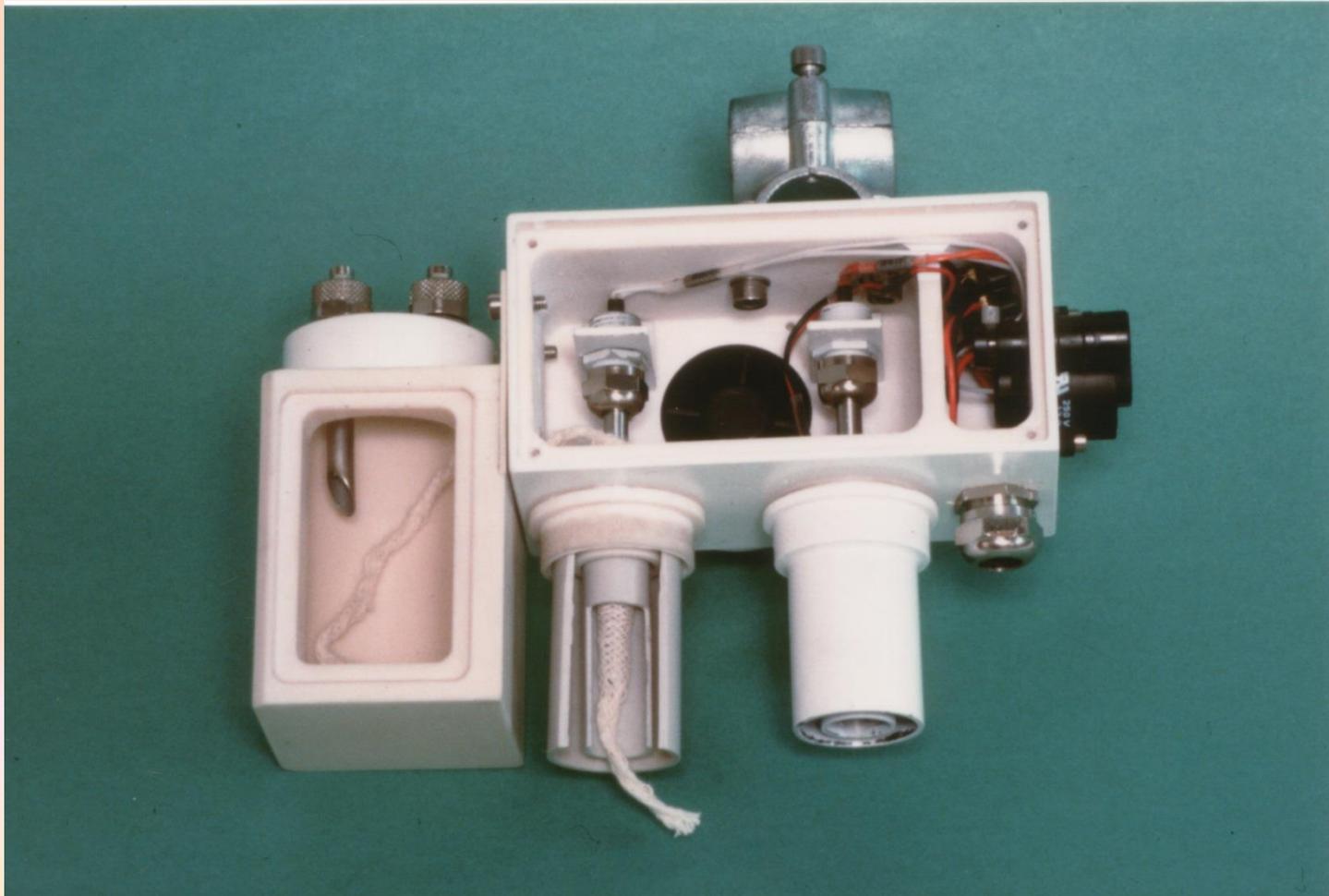


**Temperatura aria**



**Temperatura del terreno**

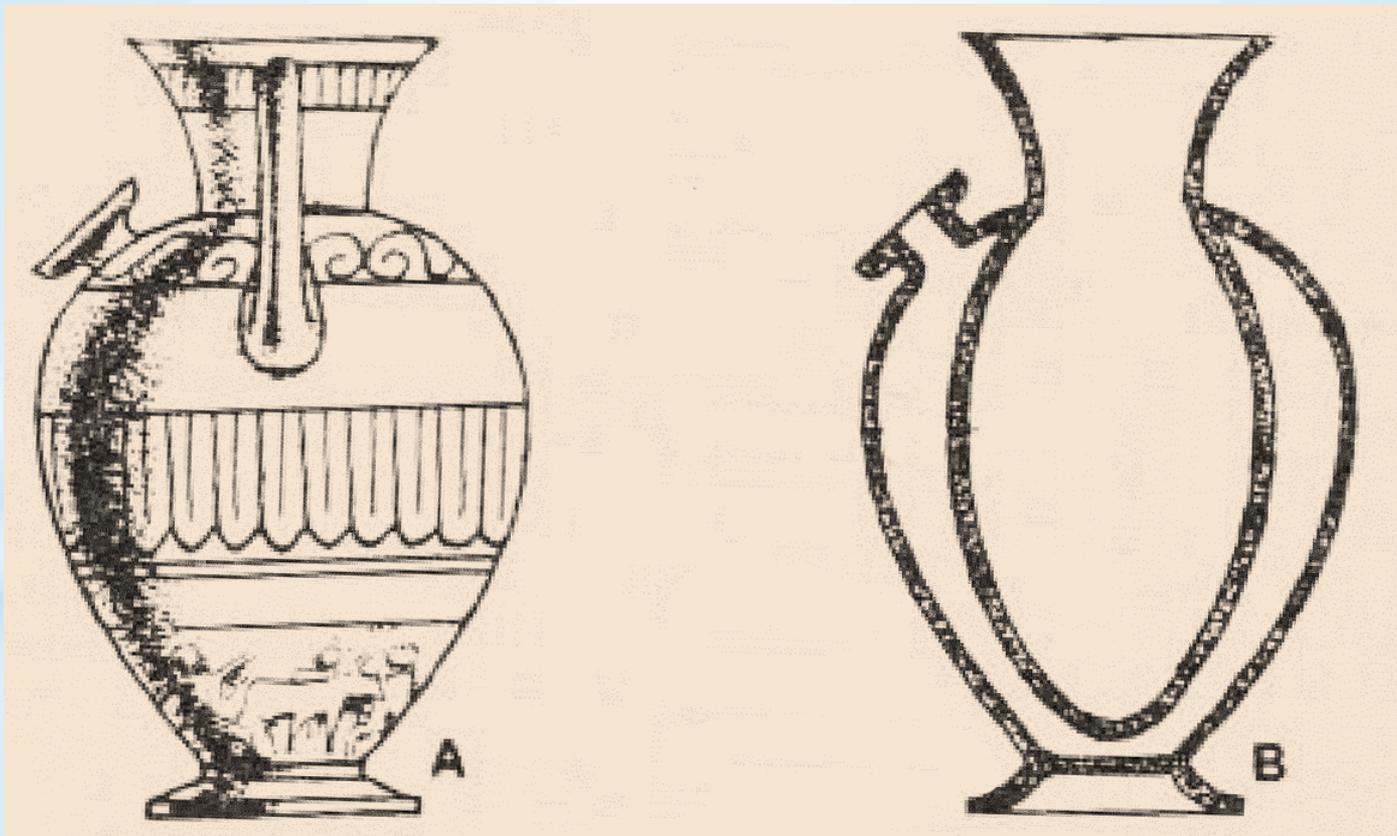
# Temperatura dell'aria di bulbo secco di bulbo umido



## PSICTÈRE

recipiente usato per la conservazione in fresco del vino. Aveva il corpo centrale separato da una intercapedine (che veniva riempita di materiale refrigerante). Costruito in forma di calice o di anfora, apparve nel corso del VI sec. a.C. Ebbe larga diffusione durante il secolo successivo.

Dal greco *psyktér*= rinfrescatore, derivato di *psykho*= rinfrescare.



# UMIDITÀ DELL'ARIA

L'umidità dell'aria è costituita da acqua allo stato di vapore presente nell'atmosfera. Questo vapore deriva dall'evaporazione dell'acqua dei mari, dei laghi e del terreno, e in minore quantità, alla scala del globo, dalle superfici gelate e dalla respirazione e dalla traspirazione di animali e piante.

L'umidità dell'aria è, per definizione, la quantità di vapore d'acqua in essa presente; questa quantità può essere espressa:

- come massa di vapore nell'unità di volume di aria (=umidità assoluta)
- come massa di vapore per unità di massa di aria secca (=rapporto di mescolanza)

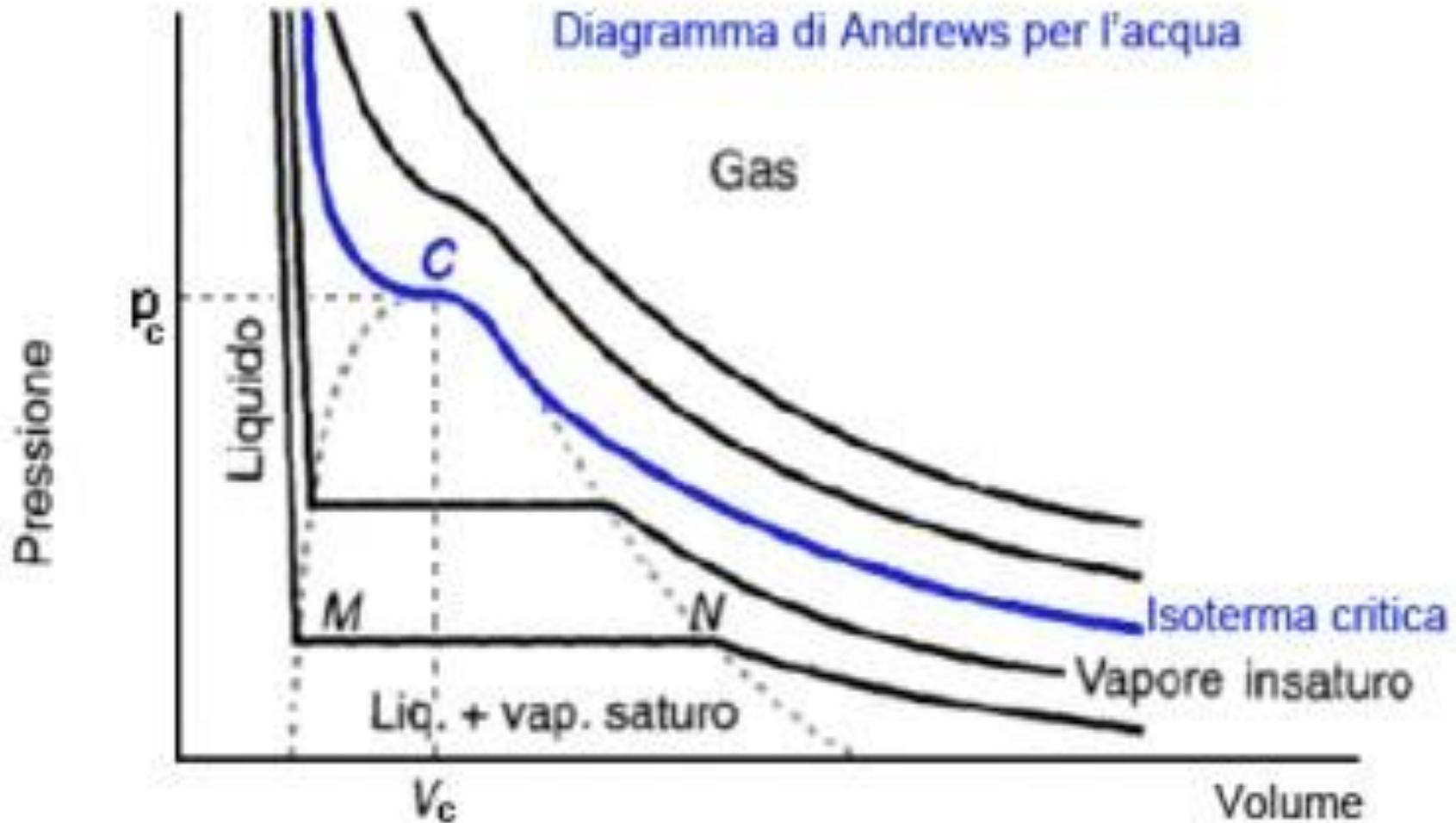
**In meteorologia il vapore presente nell'atmosfera si esprime in termini di Umidità relativa**

# Umidità relativa

La quantità d'acqua che può evaporare nell'atmosfera è legata alla quantità d'acqua già presente nell'aria e alla temperatura della miscela; in altre parole è legata all'umidità relativa,  $U_r$ , che è definita come:  
rapporto tra la pressione reale del vapore,  $e(T)$ , e la pressione di saturazione del vapore stesso alla temperatura  $T$  dell'aria,  $e_s(T)$

$$U_r\% = \frac{e(T)}{e_s(T)} \cdot 100$$

Per la definizione data l'umidità relativa è un numero puro (adimensionale) compreso fra 0, aria secca, e 1, aria contenente vapore saturo. È uso comune esprimere l'umidità relativa in percentuale



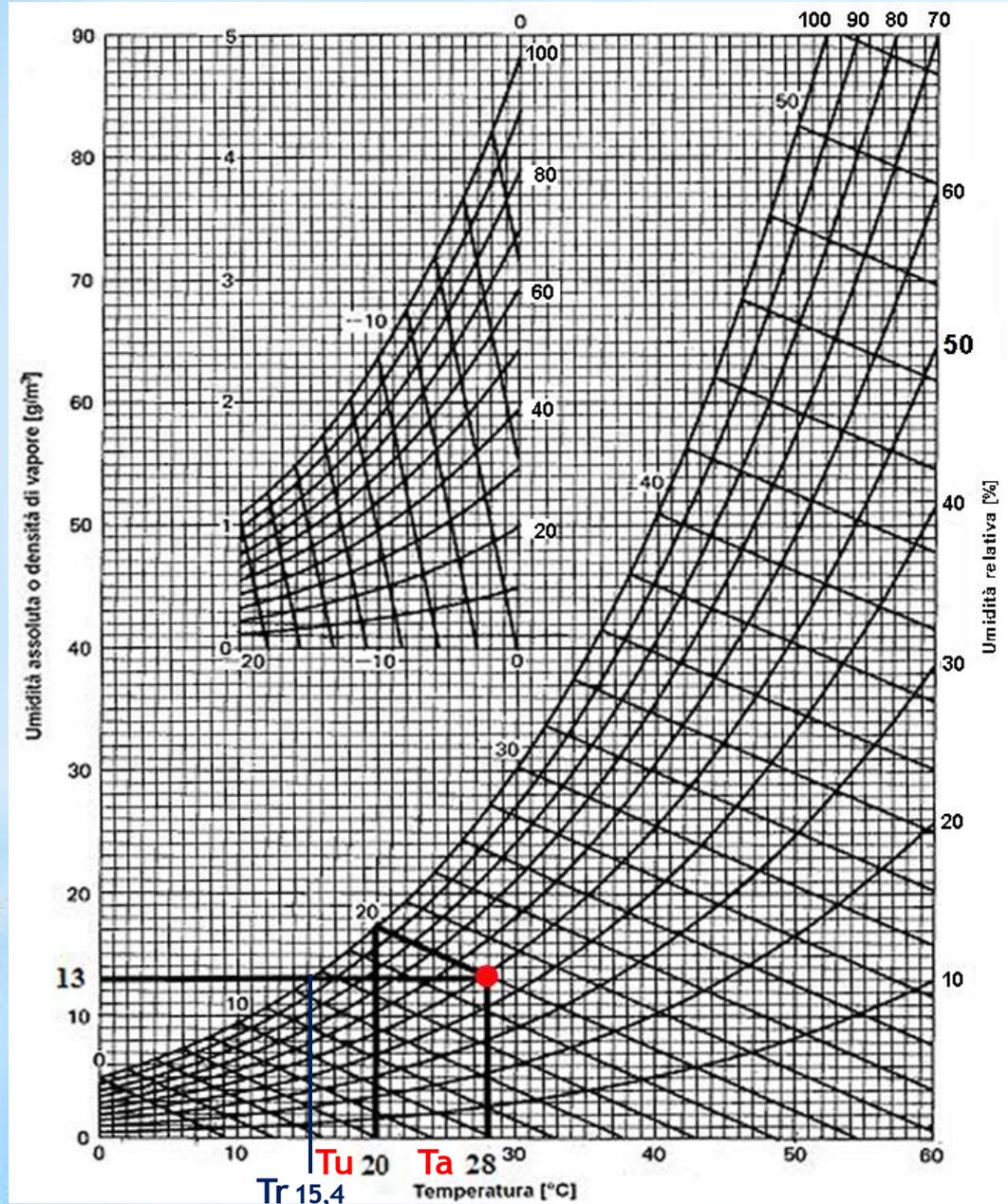
Il punto critico C dell'acqua si ha alla temperatura di 374 °C e pressione di 221 Bar  
 Sopra l'isoterma critica l'aeriforme è GAS  
 Sotto la campana (tratteggiata) c'è equilibrio dinamico fra liquido e vapore saturo  
 A destra della campana sotto l'isoterma critica si ha vapore insaturo o surriscaldato  
 A sinistra della campana e dell'isoterma critica si ha liquido

# Diagramma psicrometrico

## ESEMPIO

Con una temperatura di bulbo umido  $T_u$  di  $20\text{ }^\circ\text{C}$  e di bulbo asciutto  $T_a$  di  $28\text{ }^\circ\text{C}$ , l'umidità relativa è del  $50\%$  e quella assoluta di  $13\text{ g m}^{-3}$ .

Infatti: da  $T_u$  si innalzi la verticale fino a incontrare la curva del vapor saturo (umidità relativa del  $100\%$ ), si scenda poi lungo la isoentalpica passante per questo punto fino a incontrare la verticale innalzata da  $T_a$ . La curva passante dal punto così trovato fornisce, sul bordo destro del grafico, l'umidità relativa. Sulle ordinate si legge l'umidità assoluta.



# Umidità del terreno

**Corrisponde al contenuto in acqua del terreno.**

In relazione al rapporto con le piante, le soglie critiche d'umidità sono: umidità di saturazione, capacità di campo (*CC*), punto di appassimento (*PA*).

**Si esprime come percentuale di acqua contenuta in un'unità di massa o di volume del terreno (%) o in forma di potenziale idrico, che rappresenta la forza con la quale il terreno trattiene l'acqua.**

Può essere misurata con metodi diversi:

1. metodo gravimetrico (peso fresco-peso secco);
2. metodo tensiometrico (tensiometro);
3. metodo elettromagnetico;
4. metodo basato sulla resistenza elettrica (blocchetti di gesso o altri materiali igroscopici);
5. metodo neutronico (sonda a neutroni).

# Umidità del terreno

Tensiometro

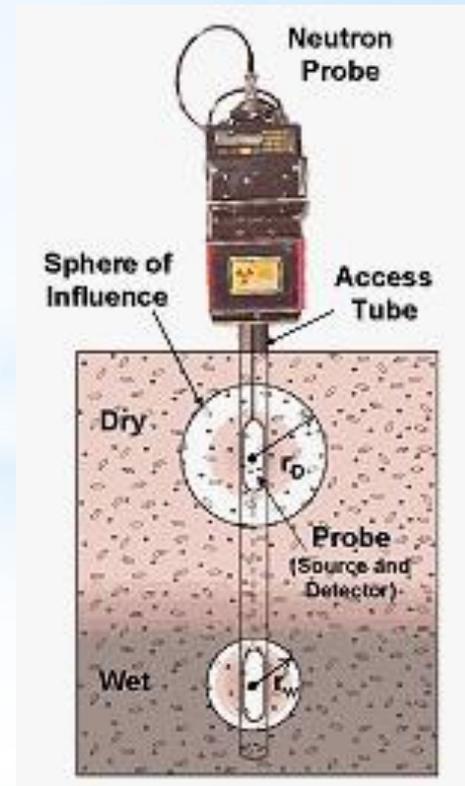
Gessetto Boyucos

Sonda a neutroni

TDR



TDR

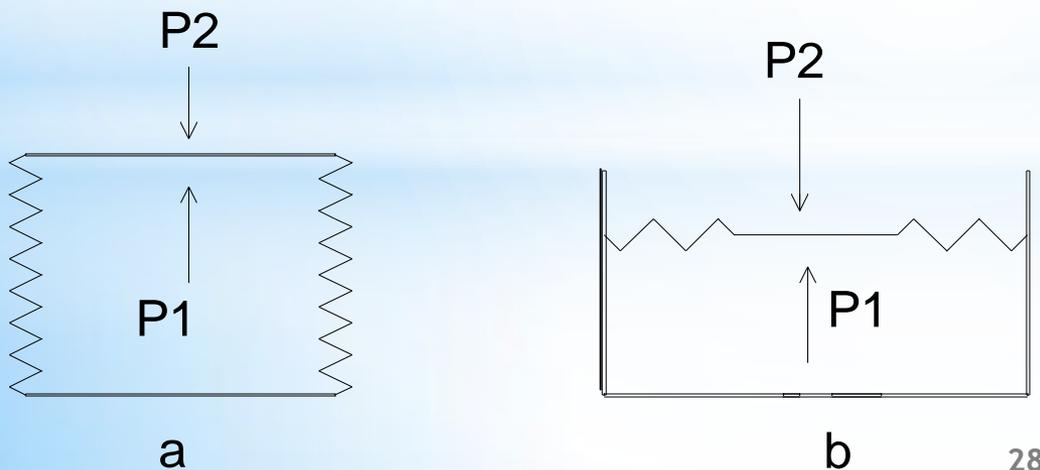


# PRESSIONE ATMOSFERICA

La pressione è definita come la **forza esercitata sull'unità di superficie**, e si misura in pascal, che è definito come la forza di 1 newton agente su  $1 \text{ m}^2$  ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$ ).

Con riferimento a una certa quota dell'atmosfera la pressione può allora essere definita come: **il peso della colonna d'aria di sezione unitaria, che si estende da quella quota fino al limite estremo dell'atmosfera** (12000 m dalla superficie terrestre).

**In meteorologia è ancora usato il millibar, unità "accettata" dall'SI perché corrisponde all'ettopascal; non sono però più utilizzabili né il bar né i millimetri di mercurio (mm Hg).**



Elemento elastico del trasduttore di pressione: a, capsula corrugata; b, capsula con membrana. All'interno della capsula c'è un gas con pressione di riferimento costante  $P1$ , all'esterno l'atmosfera con pressione variabile  $P2$ .

# VENTO

Il vento è uno spostamento d'aria provocato da una differenza di pressione tra due punti della superficie terrestre.

Del vento si misura la **velocità** di spostamento della massa d'aria; di questa si devono indicare:

- **intensità** (espressa in metri/secondo, o in chilometri/ora, o in nodi dove  $1 \text{ nodo} = 1,852 \text{ km/h}$ )
- **direzione di provenienza** (espressa come angolo rispetto a una direzione di riferimento, di solito il nord geografico).

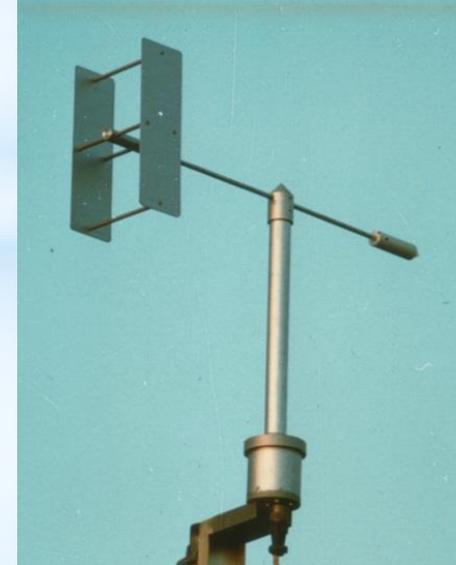
Anemometro a  
coppe



Anemometro sonico



Gonioanemometro  
a banderuola



# Anemometro sonico

## 4 PRINCIPLE OF OPERATION

The WindSonic measures the times taken for an ultrasonic pulse of sound to travel from the North transducer to the South transducer, and compares it with the time for a pulse to travel from S to N transducer. Likewise times are compared between West and East, and E and W transducer.

If, for example, a North wind is blowing, then the time taken for the pulse to travel from N to S will be faster than from S to N, whereas the W to E, and E to W times will be the same. The wind speed and direction can then be calculated from the differences in the times of flight on each axis. This calculation is independent of factors such as temperature.

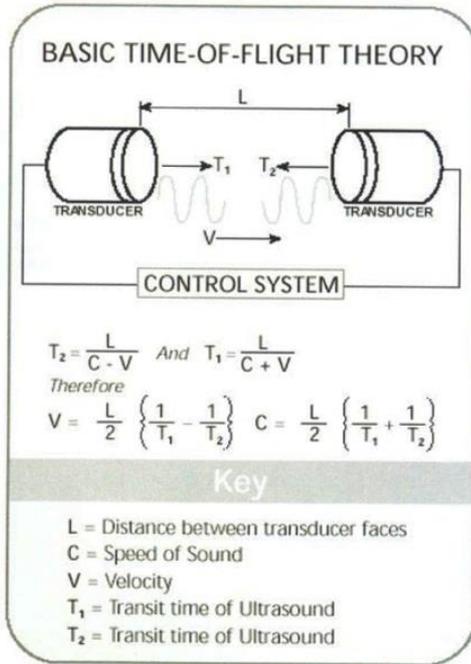
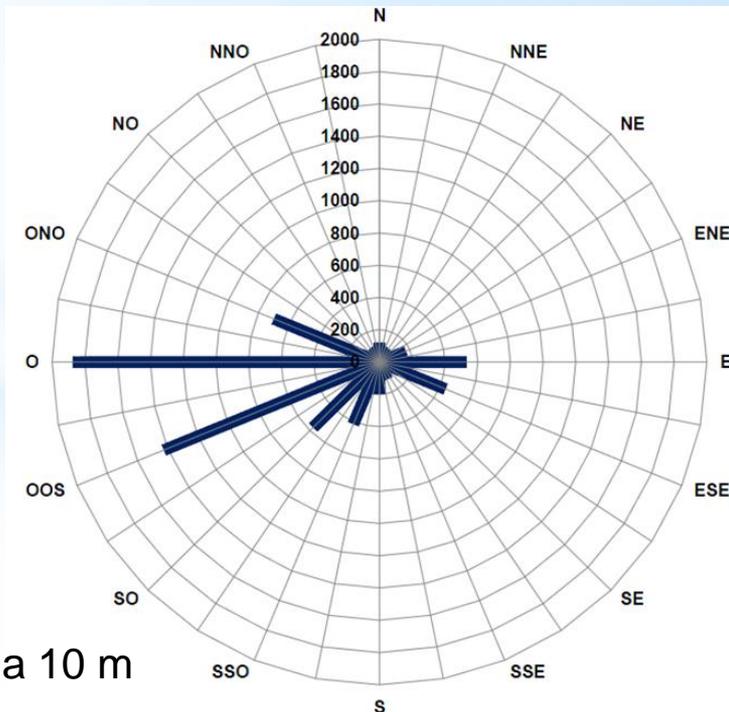
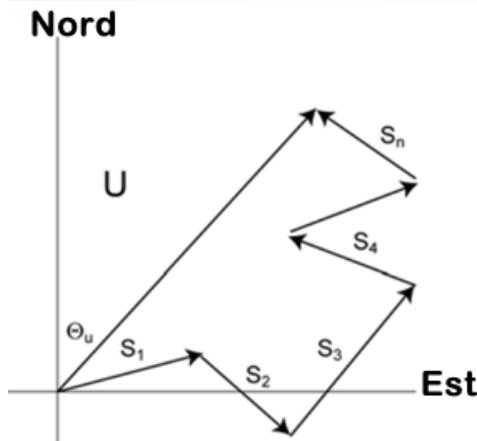


Figure 1 Time of Flight details

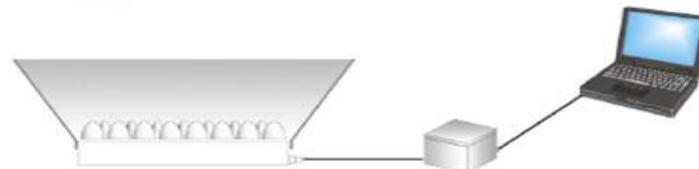
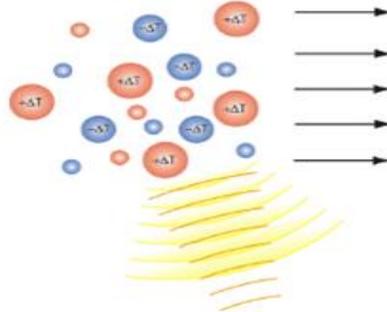


luglio 2010  
Vento sfilato a 10 m

# Sodar (*sonic detection and ranging*)

utilizzati per misurare, a distanza, la turbolenza e il profilo del vento nello strato inferiore dell'atmosfera.

Vengono utilizzate per il rilevamento onde sonore, invece delle onde radio come per i radar (RADio Detection And Ranging



# PRECIPITAZIONI

Fra le precipitazioni umide abbiamo:

- pioggia,
- neve,
- grandine,
- nebbia,
- brina, ecc.

Le ultime due sono dette anche *precipitazioni occulte*

Fra le precipitazioni secche (particelle solide prive di acqua) abbiamo:

- caligini,
- fumi,
- sabbia,
- pollini,
- aerosol, ecc.

# Misura delle precipitazioni

- **l'unità di misura è il millimetro**, infatti si indica lo spessore della lama d'acqua che si accumula su una superficie orizzontale nota
- Per quanto riguarda la neve si parla del suo contenuto in acqua e, in una approssimazione grossolana, si fanno corrispondere 10 mm di neve fresca a 1 mm di pioggia

# Pluviometro

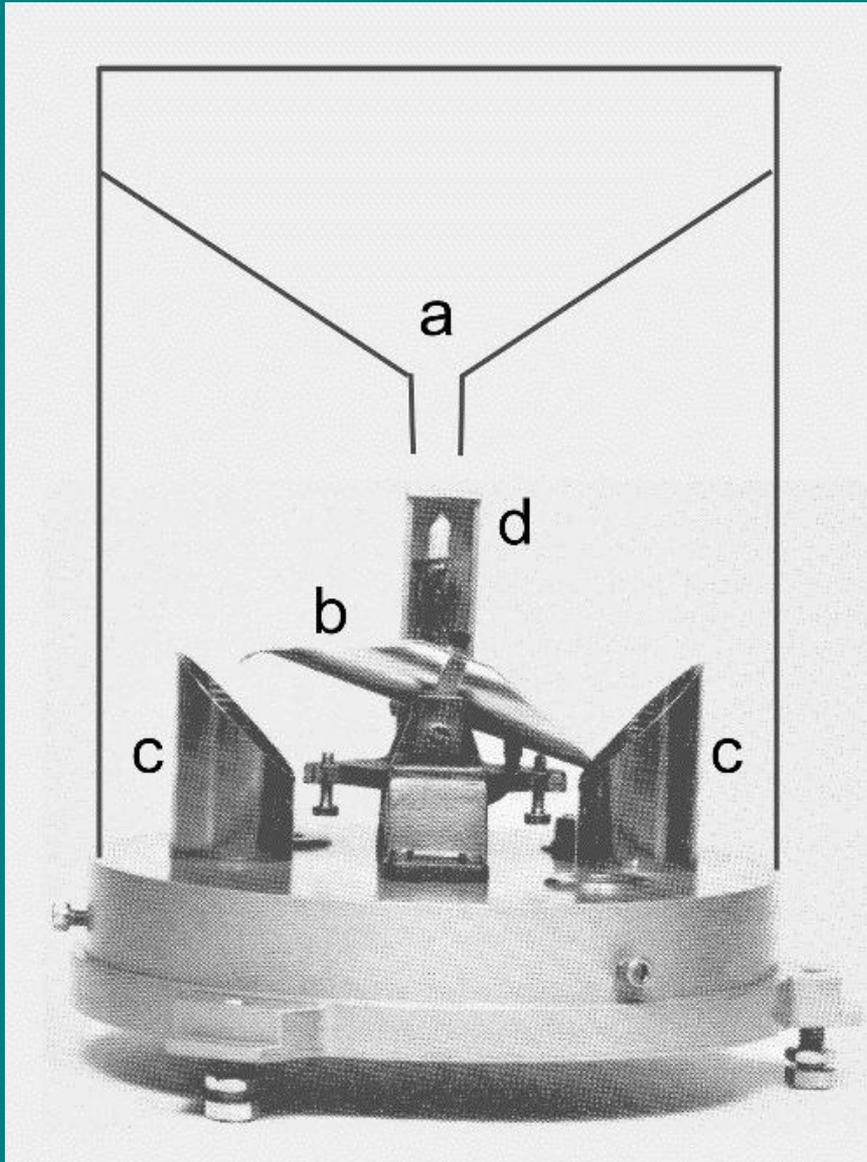
Nei pluviometri, il più comune è a vaschetta oscillante, contando il numero di ribaltamenti della vaschetta in un determinato intervallo di tempo si risale alla intensità media della pioggia in quell'intervallo.

Il ribaltamento avviene ad ogni 20 g di acqua raccolti.

# Pluviointensimetro

**Il pluviointensimetro non segnala il numero di unità di peso raccolte ma dà il peso dell'acqua raccolta in una unità di tempo, solitamente 60 s**

# Pluviometro a vaschetta oscillante



Pluviometro a vaschetta oscillante con involucro e imbuto “simulati”:

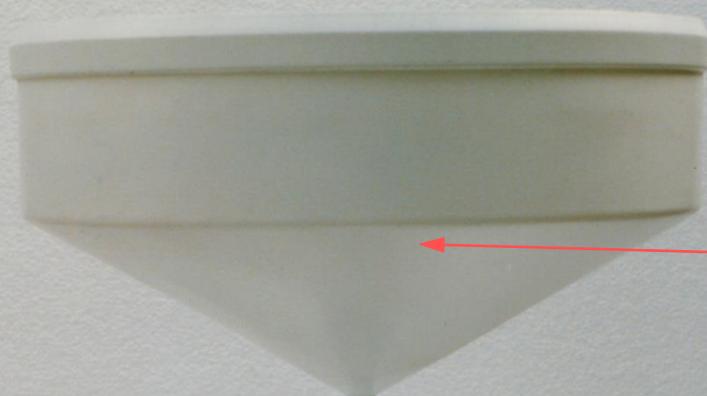
a , imbuto con bocca tarata, con diametro standard di 36 cm (il gambo dell’imbuto arriva fino a sfiorare la vaschetta oscillante);

b, doppia vaschetta oscillante;

c, scarichi dell’acqua;

d, relé reed.

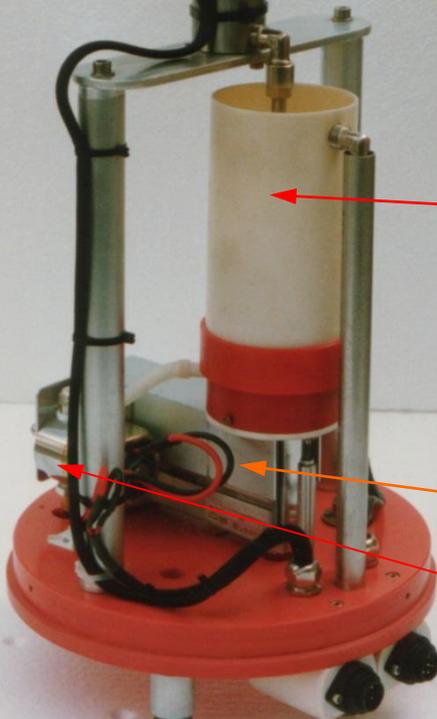
# Pluviointensimetro



Bocca di raccolta



valvola, normalmente aperta



serbatoio

cella di carico

valvola, normalmente chiusa

# letopHmetro

Bocca di raccolta

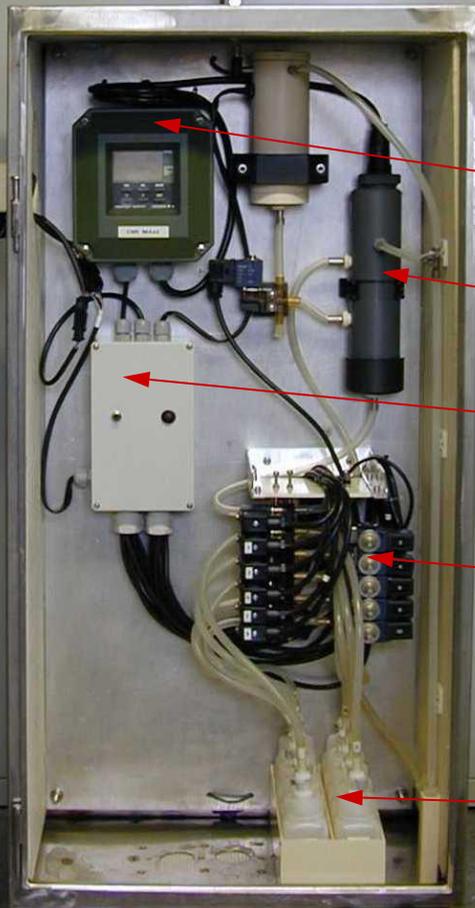
Misuratore di pH e conducibilità

Cella di misura

Elettronica di controllo

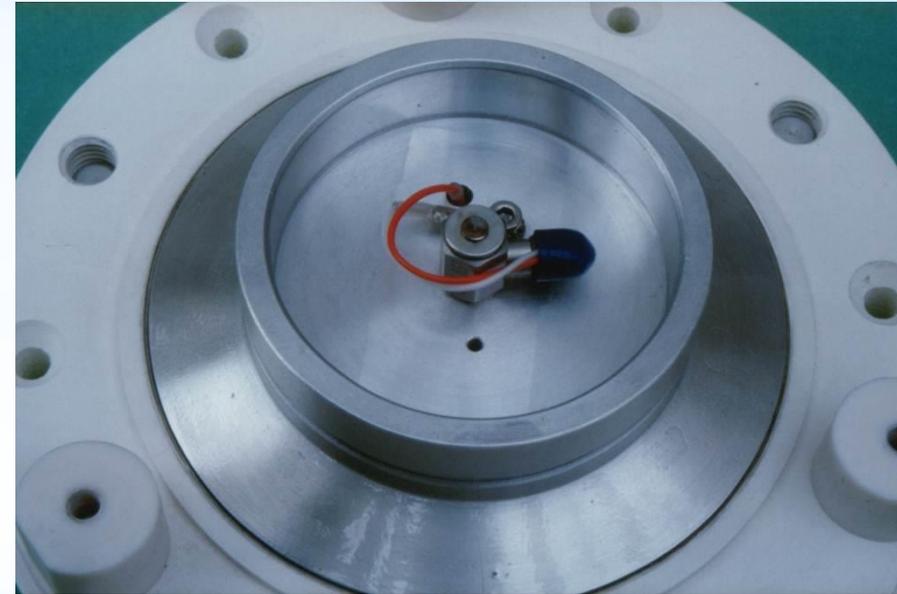
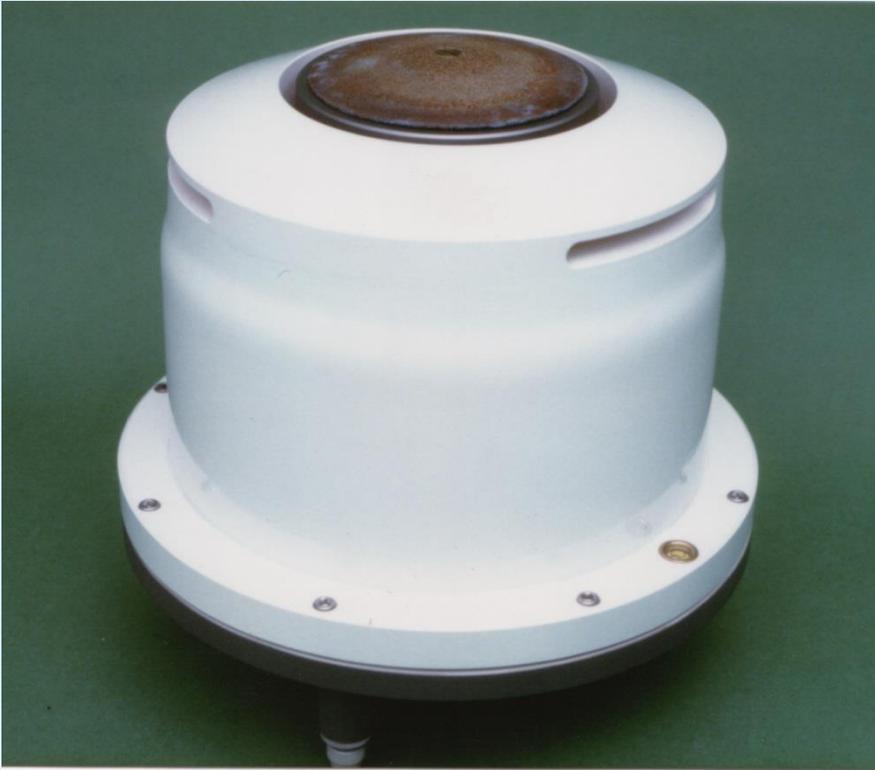
Batteria di elettrovalvole

Bottiglie di raccolta



# Impattometro

Misuratore dell'energia della pioggia



- Le gocce urtando la superficie cedono la loro energia a questa, che a sua volta la trasmette a un trasduttore d'urto di tipo piezoelettrico, a cui è rigidamente vincolata.
- Il trasduttore fornisce un segnale di tensione proporzionale agli impulsi ricevuti istante per istante.
- La tensione erogata dal trasduttore è inviata a un integratore che produce una tensione proporzionale all'energia raccolta in un intervallo di tempo prestabilito.

# Strumenti multisensori

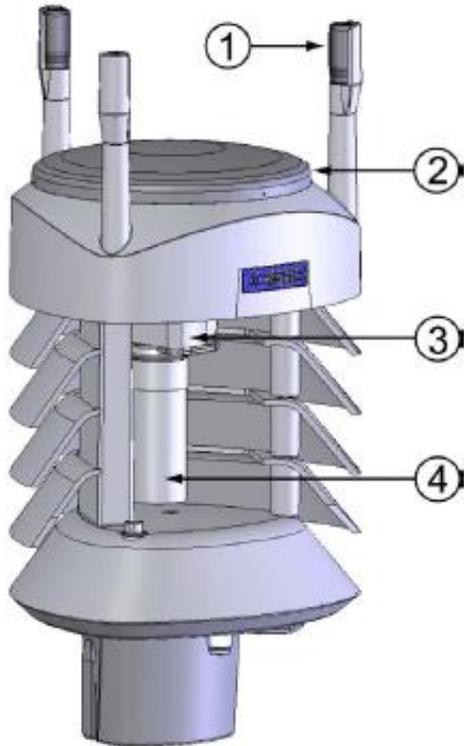


Figure 3 Cut Away View

The following numbers refer to Figure 3 on page 20:

- 1 = Wind transducers (3 pcs)
- 2 = Precipitation sensor
- 3 = Pressure sensor inside the PTU module
- 4 = Humidity and temperature sensors inside the PTU module



Protezione uccelli



# Disdrometro Distribution Drop Meter

La misura del tipo di precipitazione viene realizzata da una speciale sensore posto ad un metro da terra, in grado di rilevare la precipitazione con un sistema ottico.

Gli agenti atmosferici vengono differenziati e classificati come pioggia leggera e abbondante, nevischio, grandine o neve.



## MICRO RAIN RADAR (MRR)



no wind, sea spray or evaporation induced errors

- profiles up to 6000 m
- detects drop size (0.25 mm - 4.53 mm ) and distribution
- user adjustable averaging intervals and height resolution
- no maintenance
- remote/ long term unattended operation
- no wind, sea spray or evaporation induced errors
- battery or mains power



# Campionatore di precipitazioni Wet & Dry



# Nivometro



