

# MISURE DI UMIDITÀ

## -Seconda parte-



Numerosi processi e lavorazioni industriali impiegano materiali igroscopici tra cui plastiche, tessuti e polveri. Le caratteristiche di questi materiali cambiano in funzione del loro contenuto di acqua, e quindi dell'umidità presente negli ambienti di lavorazione e stoccaggio. Per raggiungere elevati standard produttivi è importante garantire una misura accurata dell'umidità con appropriate tecniche e sensori

*A cura di Alessandro Brunelli\**

### Misuratori a variazione di resistenza

Questo metodo di misura si basa sull'assorbimento del vapore acqueo da parte di sostanze igroscopiche a base di cloruro di litio, che fa variare la resistenza elettrica di substrato provocata dall'assorbimento del vapore acqueo da parte della sostanza igroscopica:

(a) Riporta, dapprima, il principio di

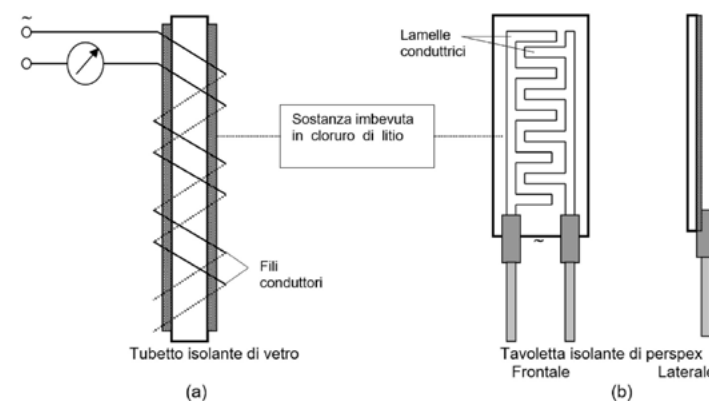
funzionamento originale di questo igrometro, che è solitamente costituito da un tubetto isolante, rivestito da una sostanza imbevuta di cloruro di litio, sulla quale sono avvolti due fili conduttori paralleli:

al variare dell'umidità varia l'equilibrio che si stabilisce tra l'umidità ambiente e quella assorbita dal cloruro di litio, per cui rilevando la

resistenza dei due fili imbevuti nella sostanza al cloruro di litio, si ottiene una indicazione dell'umidità relativa nell'ambiente circostante.

(b) Riporta, invece, il principio di funzionamento attuale di questi igrometri, i cui sensori vengono solitamente realizzati sotto forma di una tavoletta di materiale isolante (per esempio ceramica o perspex) sulla quale vengono stampati oppure depositati due serie di lamelle sottili e parallele in oro a mo' di griglia, collegate metà/metà a due conduttori laterali: la tavoletta è inoltre ricoperta da uno strato trasparente di cloruro di litio, protetto da un film di acetato di polivinile idrolizzante, che preserva il sensore dalla polvere, condensazione, ecc.

Altri sensori, vengono invece realizzati su un substrato di macropolimero trattato con ammonio e con comportamento analogo a quello trattato col cloruro di litio.



### Vantaggi

- Buona precisione
- Buona stabilità
- Basso costo

### Svantaggi

- Adatti solo per gas e ambienti puliti
- Adatti solo per misure di umidità relativa

### Misuratori a variazione di capacità

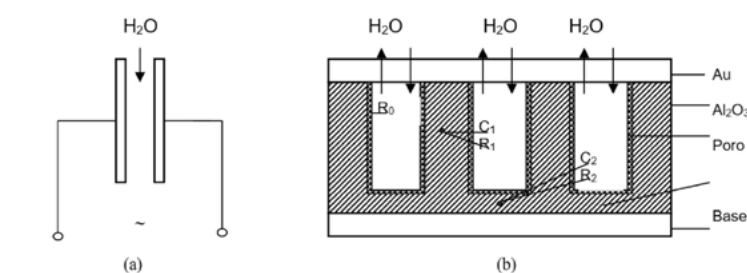
Questo metodo di misura si basa sulla variazione della capacità di un sensore a condensatore dovuto alla variazione della costante dielettrica provocata dall'umidità nel gas da rilevare:

Il sensore è normalmente composto da un condensatore, costituito da due armature di metallo nobile (non intaccabile dall'umidità presente nel gas da rilevare) e da un dielettrico di materiale plastico igroscopico, in equilibrio con l'ambiente circostante del gas da rilevare (Figura):

(a) Illustra, dapprima, una tipica realizzazione con un condensatore tradizionale, per igrometri portatili, adatto per misure di umidità relativa in aria e gas in genere.

(b) Illustra, invece, una tipica realizzazione con un condensatore innovativo, costituito essenzialmente da un supporto di alluminio impermeabile Al, sul quale è depositato uno strato isolante e poroso di ossido di alluminio  $Al_2O_3$ , a sua volta ricoperto di una pellicola d'oro porosa Au che permette la migrazione del vapore acqueo  $H_2O$  dall'ambiente all'interno dei pori del condensatore, variandone la capacità proporzionalmente all'umidità ambientale da misurare.

Questi igrometri sono adatti per misure di punti di rugiada da + 20 a - 100 °C, vale a dire da circa 20.000 PPMv a circa 0,01 PPMv.



### Vantaggi

- Buona precisione
- Buona stabilità
- Adatti anche per misure di miscugli di solidi (con esecuzioni a immersione a "spada")

### Svantaggi

- Adatti solo per gas puliti (filtrare il gas per evitare contaminazioni)
- Adatti solo per misure di umidità relativa e anche di umidità assoluta

### Misuratori a variazione di frequenza

Questo metodo si basa sulle variazioni di frequenza di cristalli piezoelettrici (per esempio quarzo) ricoperti da un sottilissimo strato di sostanza igroscopica che in presenza di vapore acqueo che si deposita sui cristalli stessi, variano la frequenza di risonanza.

La tipica realizzazione consiste di due cristalli oscillanti tra 5 e 10 MHz, dei quali uno è esposto al flusso del gas di misura (umido) e l'altro dal flusso del gas di riferimento (secco).

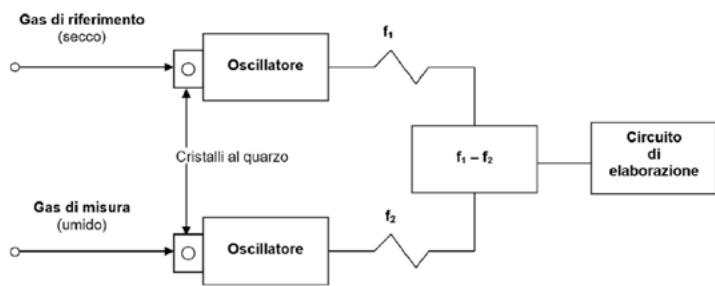
I cristalli sono alimentati a frequenza costante per cui l'umidità del gas da misurare investendo lo strato igroscopico del cristallo, fa variare



la massa complessiva del cristallo e quindi la frequenza di oscillazione da  $f_1$  (condizioni di riferimento: gas secco) a  $f_2$  (condizioni di misura: gas umido).

La differenza di frequenza di oscillazione  $Df$  rilevata ( $f_1 - f_2$ ) fornisce quindi una misura della concentrazione del vapor d'acqua nel gas da misurare.

Pertanto sono dei misuratori diretti di umidità assoluta in gas con campi di misura di punto di rugiada o brina da 20 a - 100 °C, ovvero per umidità assoluta da 20.000 a 0,01 PPMv.



### Vantaggi

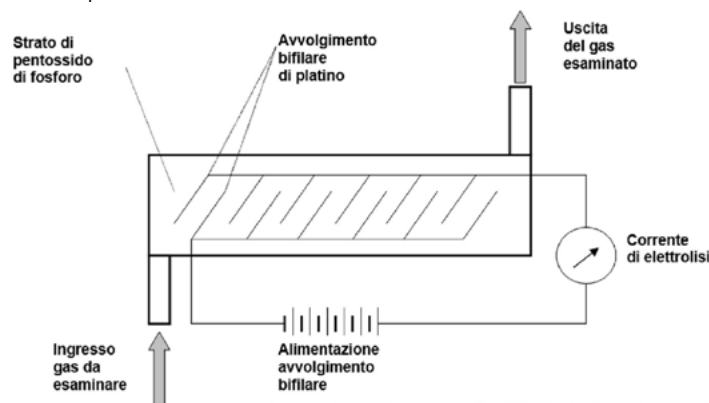
- Ottima precisione
- Ottima stabilità se del tipo con verifica periodica automatica
- Buona ripetibilità

### Svantaggi

- Elevato costo
- Adatti solo per gas puliti e pertanto va previsto un adatto sistema di filtrazione
- Adatti solo per misure di umidità assoluta

### Misuratori amperometrici

Questo metodo si basa sul processo di dissociazione elettrolitica del vapore acqueo contenuto nel gas da esaminare che fluisce in una cella di misura a portata costante, che investe un avvolgimento bifilare di platino, avvolto su un supporto isolante di vetro o di quarzo, sopra uno strato sottile di soluzione di pentossido di fosforo.



Il vapore acqueo contenuto nel gas da esaminare, viene assorbito dallo strato di pentossido di fosforo, e quindi dissociato in idrogeno e ossigeno per effetto della differenza di potenziale applicata all'avvolgimento bifilare di platino-

### Vantaggi

- Ottima precisione
- Ottima ripetibilità purché utilizzati a portata rigorosamente costante del gas da analizzare

### Svantaggi

- Elevato costo
- Adatti solo per gas puliti e pertanto va previsto un adatto sistema di filtrazione
- Adatti solo per misure di umidità assoluta

### Misuratori potenziometrici

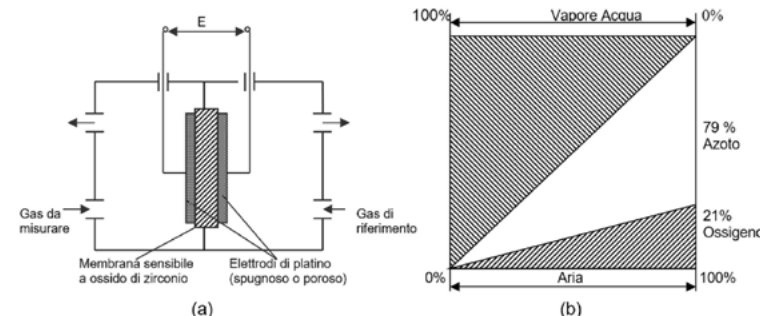
Questo metodo si basa sulla misurazione dell'ossigeno nelle miscele aria-vapore, per rilevarne indirettamente il contenuto di vapore acqueo.

Difatti, utilizzando come misuratore un analizzatore potenziometrico con sonda a ossido di zirconio ( $ZrO_2$ ), del tipo illustrato in Figura (a), che, per la legge di Nernst, manifesta ai capi della sonda una forza elettromotrice  $E$  proporzionale al rapporto della concentrazione dell'ossigeno di misura (a sinistra della sonda: presente nel gas da misurare), rispetto alla concentrazione dell'ossigeno di riferimento (a destra della sonda: presente nel gas di riferimento);

essendo il rapporto ossigeno/azoto (O%/N%) nell'aria di riferimento costante e pari a 21/79: vedasi anche Figura (b), la misura della concentrazione dell'ossigeno (O%) nella miscela di misura aria-vapore, consente quindi la determinazione indiretta della concentrazione del vapore acqueo (V%), attraverso la relazione seguente:

$$V\% = 100 \cdot (1 - O\%/21)$$

che può essere elaborata direttamente dall'unità elettronica associata a microprocessore all'analizzatore di ossigeno potenziometrico stesso.



### Vantaggi

- Buona precisione
- Buona ripetibilità
- Adatti per misure di umidità ad alte/elevate temperature

### Svantaggi

- Elevato costo
- Adatti solo per gas puliti e pertanto va previsto un adatto sistema di filtrazione
- Adatti solo per misure di umidità assoluta

### Misuratori raggi infrarossi

Questo altro metodo si basa sull'assorbimento del vapore acqueo della radiazione elettromagnetica nell'infrarosso vicino oltre il visibile ( $0,76 \mu m$ ) e può essere impiegato sia nell'analisi di sostanze gassose e sia sostanze solide.

Per l'analisi di sostanze gassose l'analizzatore si compone di due sorgenti all'infrarosso, che inviano la radiazione infrarossa a due celle (Figura):

- la cella di misura è attraversata dal gas da misurare (umido);
- mentre la cella di confronto è riempita di gas di riferimento (secco).

La differenza di radiazione assorbita dal rivelatore (che è solitamente è una membrana microfonica che varia la capacità del circuito associato di misura), fornisce una indicazione del contenuto acqueo nel campione gassoso analizzato, entro un campo di misura tipico da 0 a 20.000 PPMv.

Per sostanze solide, invece, l'analizzatore si compone di una sorgente luminosa, di una ruota porta filtri e da uno specchio curvo che convoglia sul rivelatore il raggio di riferimento e quello di misura.

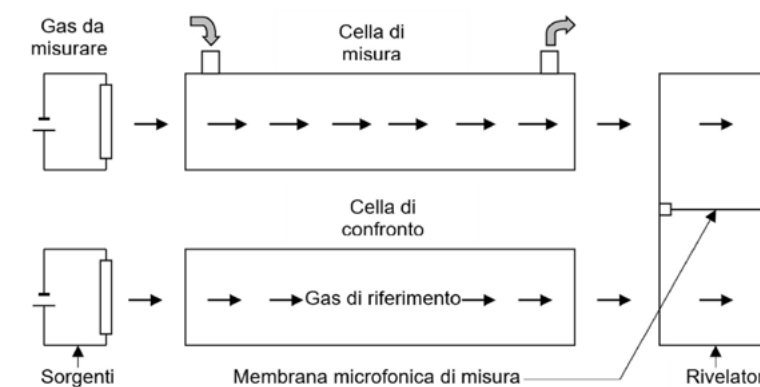
In queste applicazioni, si scelgono due lunghezze d'onda nel campo dell'infrarosso:

- una di riferimento, non fortemente assorbita né dalla sostanza né dall'acqua;
- e una di misura non fortemente assorbita dalla

sostanza, ma fortemente assorbita dall'acqua (con lunghezza d'onda tipicamente di 1.4 o 1.9 mm).

Le lunghezze d'onda così selezionate, vengono realizzate con dei filtri montati sulla ruota portafiltri (azionata da un motorino), che divide in due lunghezze d'onda il raggio generato dalla sorgente luminosa, e che vengono inviati alternativamente al rivelatore:

- direttamente quello di riferimento, non essendo assorbito da nessun mezzo interposto;
- e indirettamente quello di misura, attraverso il campione da esaminare, che non riflette totalmente il raggio incidente a causa dell'assorbimento dell'acqua in esso contenuta. Il rapporto al rivelatore, tra l'energia del raggio di misura e l'energia del raggio di riferimento, fornisce un segnale proporzionale al contenuto acqueo presente nella sostanza solida esaminata, entro un campo di misura tipico da 0 a 100% UA.



### Vantaggi

- Ottima precisione
- Buona ripetibilità
- Adatti anche per solidi

### Svantaggi

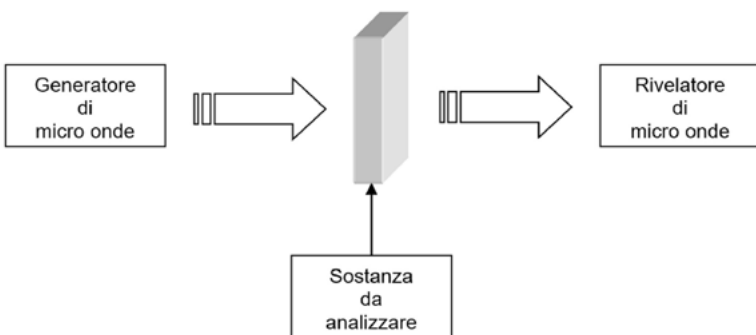
- Elevato costo
- Adatti solo per misure di umidità assoluta e indirettamente anche per altre misure

### Misuratori a micro onde

Questo ultimo metodo si basa sull'assorbimento dell'acqua della radiazione elettromagnetica a micro onde, oltre l'infrarosso.

Le molecole di acqua sono un ottimo assorbente per le micro onde a determinate frequenze e in prima ipotesi è proporzionale in termini logaritmici al contenuto di acqua nelle sostanze da rilevare, ma dipende anche dalla conduttività dell'acqua stessa presente.

Pertanto essendo la conduttività dell'acqua proporzionale a suo grado di salinità, migliori risultati sono ottenibili con micro onde ad elevate frequenze superiori a 100 GHz, che a queste frequenze risentono molto meno sensibili agli effetti dovuti alla conduttività dell'acqua. Industrialmente però si utilizzano micro onde con frequenze inferiori, tipicamente da 1 a 10 GHz, che tuttavia garantiscono una buona precisione e ripetibilità di misura, soprattutto in ambito dei processi cartari.



#### Vantaggi

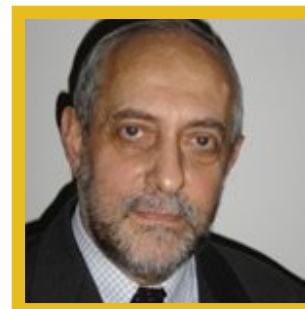
- Buona precisione
- Buona ripetibilità
- Adatti anche per solidi

#### Svantaggi

- Elevato costo
- Adatti solo per misure di umidità assoluta

Tipo di misuratore	Campo di impiego	Campo di misura	Precisione tipica (%)
Ad allungamento di sostanze assorbenti (igrometri)	Aria e gas	15 – 95 % UR	3
A raffreddamento per evaporazione (psicrometri)	Aria e gas	5 – 95 % UR	2
A condensazione per raffreddamento	Aria e gas	50 / -100 °C	0.5 °C
A variazione di resistenza	Aria e gas	5 – 95 % UR 0 – 50 % UA	2 2
A variazione di capacità	Aria, gas e miscugli	5 – 95 % UR 0 – 50 % UA	2 2
A variazione di frequenza	Aria e gas	0 – 20000 PPMv	1
Amperometrici	Aria e gas	0 – 10000 PPMv	1
Potenzimetrici	Aria e gas	0 – 100 % UA	1
A raggi infrarossi	Aria, gas e solidi	0 – 20000 PPMv 0 – 100 % UA	1 1
A micro onde	Aria, gas e solidi	0 – 20000 PPMv	

Tab. 1 - Caratteristiche, limiti di impiego e precisione tipica dei misuratori di umidità



#### L'Autore\*

Esperto in Automazione, Strumentazione, Taratura e Sicurezza degli Impianti Industriali. Segretario CEI SC 65 B: Misura e Controllo dei Processi Industriali.  
alebrunelli767@gmail.com



#### Manuale di Strumentazione: Volume I

Il manuale è dedicato in particolar modo agli operatori impegnati nella progettazione e utilizzazione dei sistemi di misura e controllo dei processi industriali negli impianti chimici, petrolchimici, siderurgici, energetici e similari con lo scopo di essere un manuale di riferimento e di consultazione per quanto riguarda gli aspetti tecnici della strumentazione ed automazione industriale, quali:

- i concetti basilari fondanti della strumentazione di misura e controllo inerenti le alimentazioni, i segnali standardizzati analogici, i protocolli di comunicazione digitali;
- la simbologia della strumentazione analogica e digitale, degli elementi primari di misura e degli elementi finali di regolazione e di sicurezza, nonché dei collegamenti al processo;
- la terminologia inerente le caratteristiche statiche e dinamiche della strumentazione, nonché sulla taratura iniziale e verifica periodica della strumentazione;
- le condizioni di funzionamento della strumentazione in condizioni normali ed estreme di funzionamento in atmosfere di processo con pericolo di esplosione e incendio;
- gli strumenti ed i sistemi di misura delle principali grandezze fisiche e chimiche relative ai diversi processi industriali con criteri di scelta e selezione nelle varie applicazioni.

#### Il Volume I: Introduzione e Misura, da cui è tratto l'articolo si articola in due parti:

- la Parte 1^ che illustra dapprima i concetti generali sulla strumentazione industriale, la simbologia, la terminologia e la taratura della strumentazione di misura, le condizioni funzionali e applicative della strumentazione in applicazioni normali e con pericolo di esplosione, nonché le principali direttive di riferimento (ATEX, EMC, LVD, MID e PED);
- la Parte 2^ che tratta successivamente la strumentazione di misura delle grandezze fisiche: pressione, livello, portata, temperatura, umidità, viscosità, densità massa, forza e vibrazione, e delle grandezze chimiche: pH, redox, conduttività, torbidità, esplosività, gascromatografia e spettrografia, trattando per ogni grandezza, i principi di misura, la normativa di riferimento, le pratiche esecuzioni e i vantaggi e svantaggi applicativi.

Approfondimenti e informazioni per l'acquisto:  
<https://editorialedelfino.it/prodotto/manuale-di-strumentazione-volume-i/>



# HUMIDITY MEASUREMENTS (PART TWO)

Many industrial processes and operations employ hygroscopic materials including plastics, textiles and powders. The characteristics of these materials change according to their water content, and thus the humidity present in the processing and storage environments. To achieve high production standards, it is important to ensure accurate humidity measurement with appropriate techniques and sensors.

By Alessandro Brunelli

## Resistance variation meters

This measurement method is based on the absorption of water vapor by lithium chloride-based hygroscopic substances, which causes the substrate electrical resistance caused by the absorption of water vapor by the hygroscopic substance to vary:

(a) Report, first, the original working principle of this hygrometer, which usually consists of an insulating tube, coated with a lithium chloride-soaked substance, on which two parallel conducting wires are wound:

as the humidity varies, the balance that is established between the ambient humidity and the humidity absorbed by the lithium chloride varies, so by detecting the resistance of the two wires soaked in the lithium chloride substance, an indication of the relative humidity in the surrounding environment is obtained.

(b) Report, on the other hand, the actual operating principle of these hygrometers, the sensors of which are usually made in the form of a tablet of insulating material (e.g., ceramic or perspex) on which two sets of thin, parallel gold grid-like blades are printed or deposited, connected half/half to two lateral conductors:

the tablet is also covered with a transparent layer of lithium chloride, protected by a hydrolyzing polyvinyl acetate film, which preserves the sensor from dust, condensation, etc.

Other sensors, on the other hand, are made on an ammonium-treated macropolymer substrate with behavior similar to that treated with lithium chloride.

Pros

- Good accuracy
- Good stability
- Low cost

Contras

- Only suitable for gases and clean environments
- Only suitable for relative humidity measurements

## Capacitance meters

This method of measurement is based on the change in capacitance of a capacitor sensor due to the change in dielectric constant caused by

humidity in the gas to be sensed:

The sensor is normally composed of a capacitor, consisting of two armatures of noble metal (unaffected by humidity in the gas to be sensed) and a dielectric of hygroscopic plastic material, in equilibrium with the surroundings of the gas to be sensed (Figure):

(a) Illustrates, first, a typical implementation with a traditional condenser, for portable hygrometers, suitable for relative humidity measurements in air and gases in general.

(b) Illustrates, on the other hand, a typical realization with an innovative condenser, consisting essentially of an impermeable aluminum Al substrate, on which is deposited an insulating, porous layer of aluminum oxide Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, which in turn is covered with a porous gold film Au that allows the migration of water vapor H<sub>2</sub>O from the environment into the pores of the condenser, varying its capacity in proportion to the ambient humidity to be measured.

These hygrometers are suitable for dew point measurements from + 20 to - 100 °C, that is, from about 20,000 PPMv to about 0.01 PPMv.

Pros

- Good accuracy
- Good stability
- Also suitable for measurements of mixtures of solids (with "sword" immersion designs)

Contras

- Suitable only for clean gases (filter the gas to avoid contamination)
- Only suitable for measurements of relative humidity and also absolute humidity

## Frequency variation meters

This method is based on the frequency variations of piezoelectric crystals (e.g., quartz) covered with a very thin layer of hygroscopic substance that in the presence of water vapor settling on the crystals themselves, vary their resonance frequency.

The typical implementation consists of two crystals oscillating between 5 and 10 MHz, one of which is exposed to the flow of the measurement gas (wet) and the other by the flow of the reference gas (dry).

The crystals are powered at a constant frequency so that the humidity of the gas to be measured by investing the hygroscopic layer of the crystal, causes the overall mass of the crystal to vary and thus the oscillation frequency from f<sub>1</sub> (reference conditions: dry gas) to f<sub>2</sub> (measurement conditions: wet gas).

The difference in detected oscillation frequency Df (f<sub>1</sub> - f<sub>2</sub>) thus provides a measure of the concentration of water vapor in the gas to be measured.

Therefore, they are direct absolute humidity meters in gas with dew point or frost measuring ranges from 20 to - 100°C, i.e., for absolute humidity from 20,000 to 0.01 PPMv.

Pros

- Excellent accuracy
- Excellent stability if the type with automatic periodic verification
- Good repeatability

Contras

- High cost
- Suitable only for clean gases and therefore a suitable filtration system must be provided
- Only suitable for absolute humidity measurements

## Amperometric meters

This method is based on the process of electrolytic dissociation of the water vapor contained in the gas to be examined flowing into a measuring cell with a constant flow rate, which invests a two-wire platinum coil, wound on a glass or quartz insulating support, over a thin layer of phosphorus pentoxide solution.

The water vapor contained in the gas to be examined is absorbed by the phosphorus pentoxide layer, and then dissociated into hydrogen and oxygen by the potential difference applied to the platinum two-wire coil-

Pros

- Excellent accuracy
- Excellent repeatability provided they are used at strictly constant flow rate of the gas to be analyzed

Contras

- High cost
- Suitable only for clean gases and therefore a suitable filtration system must be provided
- Only suitable for absolute humidity measurements

## Potentiometric meters

This method relies on measuring oxygen in air-vapor mixtures to indirectly detect their water-vapor content.

In fact, using as a meter a potentiometric analyzer with a zirconium oxide (ZrO<sub>2</sub>) probe, of the type illustrated in Figure (a), which, by Nernst's law, manifests at the ends of the probe an electromotive force E proportional to the ratio of the concentration of the measuring oxygen (on the left of the probe: present in the gas to be measured), to the concentration of the reference oxygen (on the right of the probe: present in the reference gas)

the ratio of oxygen/nitrogen (O%/N%) in the reference air being constant and equal to 21/79: see also Figure (b), the measurement of the oxygen concentration (O%) in the air-steam mixture, thus allows the indirect determination of the water vapor concentration (V%), through the following relationship:

$$V\% = 100 \cdot (1 - O\%/21)$$

which can be processed directly by the microprocessor-associated electronic unit of the potentiometric oxygen analyzer itself.

Pros

- Good accuracy
- Good repeatability

- Suitable for humidity measurements at high/high temperatures

Contras

- High cost
- Suitable only for clean gases and therefore a suitable filtration system should be provided
- Only suitable for absolute humidity measurements

## Infrared ray meters

This other method is based on water vapor absorption of electromagnetic radiation in the near-infrared beyond the visible (0.76 μm) and can be used in the analysis of both gaseous and solid substances.

For the analysis of gaseous substances, the analyzer consists of two infrared sources, which send infrared radiation to two cells (Figure):

- the measurement cell is passed through by the gas to be measured (wet);
- while the comparison cell is filled with reference gas (dry).

The difference in radiation absorbed by the detector (which is usually is a microphonic membrane that varies the capacity of the associated measuring circuit), provides an indication of the water content in the gaseous sample being analyzed, within a typical measuring range of 0 to 20,000 PPMv.

For solid substances, on the other hand, the analyzer consists of a light source, a filter wheel, and a curved mirror that conveys the reference and measurement beams onto the detector.

In these applications, two wavelengths in the infrared range are chosen:

- a reference one, not strongly absorbed by either the substance or water;
- and a measurement one not strongly absorbed by the substance, but strongly absorbed by water (with wavelengths typically 1.4 or 1.9 μm).

The wavelengths thus selected, are made by filters mounted on the filter wheel (driven by a small motor), which divides the beam generated by the light source into two wavelengths, and which are sent alternately to the detector.

- directly the reference one, as it is not absorbed by any interposed medium;
- and indirectly the measurement one, through the sample to be examined, which does not totally reflect the incident ray because of the absorption of water in it.

The ratio at the detector, between the energy of the measuring beam and the energy of the reference beam, provides a signal proportional to the water content in the solid substance being examined, within a typical measuring range of 0 to 100% UA.

Pros

- Excellent accuracy
- Good repeatability
- Also suitable for solids

Contras

- High cost
- Suitable only for absolute humidity measurements and indirectly for other measurements as well



### Microwave meters

This last method is based on water's absorption of microwave electromagnetic radiation beyond the infrared.

Water molecules are a very good absorber for micro waves at certain frequencies and in first assumption is proportional in logarithmic terms to the water content in the substances to be detected, but it also depends on the conductivity of the water itself present.

Therefore, since water conductivity is proportional to its degree of salinity, better results can be obtained with micro waves at high frequencies above 100 GHz, which at these frequencies are much less sensitive to effects due to water conductivity.

Industrially, however, micro waves with lower frequencies, typically from 1 to 10 GHz, are used, but these provide good measurement accuracy and repeatability, especially in the area of paper processes.

Pros

- Good accuracy
- Good repeatability
- Also suitable for solids

Contras

- High cost
- Only suitable for absolute humidity measurements

### \*The Author

Expert in Automation, Instrumentation, Calibration and Safety of Industrial Plants. Secretary CEI SC 65 B: Measurement and Control of Industrial Processes.  
alebrunelli767@gmail.com

TYPE OF METER	RANGE OF USE	RANGE OF MEASURE	TYPICAL ACCURACY (%)
By elongation of absorbing substances (hygrometers)	Air and gas	15 – 95 % UR	3
By evaporation cooling (psychrometers)	Air and gas	5 – 95 % UR	2
To condensation by cooling	Air and gas	50 / -100 °C	0.5 °C
At change in resistance	Air and gas	5 – 95 % UR 0 – 50 % UA	2 2
At change in capacitance	Air, gases and mixtures	5 – 95 % UR 0 – 50 % UA	2 2
To variation of frequency	Air and gas	0 – 20000 PPMv	1
Amperometric	Air and gas	0 – 10000 PPMv	1
Potentiometric	Air and gas	0 – 100 % UA	1
Infrared	Air, gases and solids	0 – 20000 PPMv 0 – 100 % UA	1 1
Microwave	Air, gases and solids	0 – 20000 PPMv	

Tab. 1 - Characteristics, limits of use, and typical accuracy of humidity meters



## Intelligent manufacturing solutions

**Drive efficiencies by optimizing data exchange and delivering real-time actionable insights. Build your smart factory today with Brady!**

When it comes to efficiency, productivity and cost savings, real time is the real deal. Brady's Intelligent Manufacturing solutions connect all your manufacturing assets for real-time production management, advanced data analytics and unmatched business insights.

- 'Smart factory' notifications of inventory or raw material overages or underages
- Production throughput visibility (dashboard-style view of work-in-progress manufacturing)
- Tie in input from existing equipment and business systems solutions

► **Discover our three primary pillars to smart manufacturing!**  
[www.bradyeurope.com/Intelligent-Manufacturing](http://www.bradyeurope.com/Intelligent-Manufacturing)



**Brady Italy**  
Via Degli Abeti 44  
20064 Gorgonzola (MI)  
Tel: +39 02 26 00 00 22  
csitaly@bradycorp.com