

LA MISURA DELL'UMIDITA'

Marco Dell'Isola, Fausto Arpino

DIPARTIMENTO DI MECCANICA STRUTTURE AMBIENTE E TERRITORIO -
UNIVERSITÀ DI CASSINO

L'UMIDITÀ

Il termine umidità si riferisce genericamente alla presenza di acqua in un gas, in un liquido o in un solido portante. Si parla più precisamente di umidità dell'aria quando si vuole intendere la quantità di vapor d'acqua contenuta nell'aria atmosferica. Sebbene l'acqua presente in forma gassosa nell'atmosfera intorno a noi costituisca una percentuale estremamente ridotta (minore dell'uno per cento), la sua presenza condiziona notevolmente sia il clima ed il benessere termoisometrico, sia un enorme varietà di processi dall'agricoltura all'industria. Oltre che dall'umidità, tali processi dipendono da molti fattori, tra cui il più importante è la temperatura soprattutto per i fenomeni di evaporazione e condensazione ad essa connessi.

Si potrebbe liquidare l'argomento con la semplice osservazione che, essendo l'umidità una massa di vapor acqueo presente in un una miscela, essa si misura semplicemente in grammi al metro cubo. In realtà a questo parametro fisico, che prende il nome di umidità assoluta, se ne affiancano nella pratica molti altri sia per la diversità dei metodi e degli strumenti di misura, sia per la rappresentatività di questi al variare dell'applicazione. Per questo motivo alla semplice definizione sopra data si affiancano altri parametri tra cui l'umidità relativa (misurata da un igrometro relativo in percentuale della pressione del vapore rispetto alla pressione del vapore saturo ad una assegnata temperatura ambiente), la temperatura di rugiada (misurata da un igrometro a condensazione in gradi Celsius), la temperatura di bulbo umido (misurata da uno psicrometro in gradi Celsius).

Tutti questi parametri sono ovviamente legati tra loro sulla base di relazioni termodinamiche e possono trovare la loro riferibilità metrologica mediante un unico campione di riferimento. In Italia l'INRIM fornisce tale riferibilità attraverso un campione primario a due temperature che realizza in una data miscela di aria umida la temperatura di rugiada o di brina di riferimento.

I parametri di misura, gli strumenti ed i metodi per fornire la riferibilità metrologica al Sistema Internazionale vengono affrontati in seguito in modo approfondito. La trattazione è stata suddivisa in vari capitoli che possono essere visitati individualmente.

Dei vari documenti, rappresentati da una introduzione, tre capitoli ed una bibliografia qui di seguito sono dati in sommario i contenuti:

1. Introduzione	4
1.1. Il significato fisico dell'umidità	4
1.2. Cenni storici.....	7
1.3. Applicazioni della misura dell'umidità	8
2. Proprietà e trasformazioni dell'aria umida	10

2.1.	Aria Atmosferica	10
2.2.	Composizione dell'aria secca	10
2.2.1.	Variabilità del contenuto di anidride carbonica nell'atmosfera terrestre	11
2.2.2.	Variabilità del contenuto di vapor d'acqua nell'atmosfera terrestre.....	13
2.3.	Leggi della termodinamica	14
2.3.1.	Il modello di miscela di gas ideale.....	14
2.3.2.	Legge di Dalton.....	14
2.3.3.	Le proprietà termodinamiche dell'aria umida	15
2.3.4.	Temperatura di bulbo asciutto (t).....	15
2.3.5.	Titolo (w)	15
2.3.6.	Umidità specifica (q).....	16
2.3.7.	Umidità assoluta (massa volumica del vapor d'acqua d)	16
2.3.8.	Massa volumica (ρ).....	16
2.3.9.	Grado di saturazione (μ)	17
2.3.10.	Umidità relativa (ϕ).....	17
2.3.11.	Temperatura di rugiada (t_d)	18
2.3.12.	Energia interna dell'aria umida.....	18
2.3.13.	Entalpia dell'aria umida	18
2.3.14.	Entropia dell'aria umida.....	18
2.3.15.	Exergia fisica dell'aria umida	18
2.3.16.	Temperatura termodinamica di bulbo umido.....	19
2.4.	Calcolo delle proprietà	22
2.4.1.	Diagramma ASHRAE.....	22
2.4.2.	Calcolo delle proprietà attraverso l'equazione di stato	23
2.5.	Trasformazioni termodinamiche elementari dell'aria umida	25
2.5.1.	Riscaldamento o raffreddamento isotitolo	26
2.5.2.	Umidificazione adiabatica.....	28
2.5.3.	Raffreddamento con deumidificazione	29
2.5.4.	Mescolamento adiabatico.....	30
3.	Gli strumenti di misura dell'umidità dell'aria	32
3.1.	Igrometri diretti	33
3.1.1.	Igrometri meccanici	33
3.1.2.	Igrometri elettrici	35
3.2.	Altri sensori diretti.....	40
3.3.	Igrometri indiretti	40
3.3.1.	Igrometri a specchio condensante	41
3.3.2.	Psicrometri	43
3.3.3.	Igrometri a sali saturi	46

3.3.4.	Igrometri elettrolitici	48
3.3.5.	Altri sensori indiretti	49
3.4.	Criteri di scelta degli strumenti di misura	49
4.	Il sistema internazionale e la riferibilità della grandezza umidità	53
4.1.	La riferibilità metrologica dell'umidità	53
4.2.	Sistemi di generazione primari	55
4.2.1.	Sistema gravimetrico.....	55
4.2.2.	Generatore di aria umida a due pressioni.....	57
4.3.	Generatore di aria umida a due temperature.....	58
4.3.1.	Generatore di aria umida a due pressioni ed a due temperature.....	59
4.3.2.	Generatore di aria umida a miscela.....	61
4.4.	Sistemi di generazione secondari	61
5.	Bibliografia	63