

Aria e gas perfetti

Aria secca a terra è composta da **miscela di gas** per lo più azoto N_2 (78%) e ossigeno O_2 (21%) e componenti minori di CO_2 , e altri gas

L'aria è per alcuni scopi trattata **come** se fosse un **gas perfetto** composto di particelle di $M=28,96$ (massa media delle molecole che la compongono).

La legge dei gas perfetti \rightarrow **$pV=nRT$**

p = pressione , v = volume, T temperatura assoluta espressa in gradi kelvin, n numero di moli, R costante dei gas perfetti .

Il vapor acqueo presente nell'aria dipende da T e dalle condizioni del tempo e varia tra lo 0,5 e il 4 %. Legame tra gradi kelvin e celsius è:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

$$R = 8,314472 \frac{J}{mol \cdot K}$$

Temperatura determina la direzione del flusso dell'aria che va da zona più calda a una meno calda.

Temperatura è legata al valor medio dell'energia cinetica delle molecole che per il principio di equipartizione dell'energia è per le molecole atomiche

$$E_c = \frac{3}{2} kT$$

K costante di Boltzmann $1,38 \cdot 10^{-23}$
JK⁻¹

$$k_B = \frac{R}{N_A} \quad R = 8,314472 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

E per quelle biatomiche (5 gradi di libertà invece di 3 come per quelle atomiche)

$$E_c = \frac{5}{2} kT$$

La temperatura è una variabile fisica che si misura con il termometro

Capacità termica

Si definisce **capacità termica** di un corpo il rapporto fra il calore fornitogli e l'aumento di temperatura che ne è derivato. L'unità di misura è J/K

La **capacità termica** è **proporzionale alla quantità di materia**:

$$C = c \cdot m$$

dove m è la massa e c il calore specifico per unità di massa e C la capacità termica.

Se, in una trasformazione infinitesima, δQ è la quantità di calore assorbita dal corpo di massa m passando da una temperatura iniziale T alla temperatura $T + dT$, si ha

$$\delta Q = m \cdot c \cdot dT$$

Capacità termica

Tutto questo vale solo **quando non si ha una transizione di fase** (cambiamento di stato), mentre per i sistemi in cui avviene un passaggio di stato si utilizza il calore latente λ per esprimere il calore scambiato; esempio calore latente **di fusione del ghiaccio**

$$\delta Q = \lambda \cdot dm$$

dove λ è il calore latente e δQ la quantità di calore necessaria a far cambiare fase alla quantità di massa dm .

I materiali hanno capacità termiche, cioè calori specifici diversi e anche conducibilità termica diversa il che determina comportamenti diversi nei materiali.

Umidità

L'**umidità** è la misura della quantità di vapore acqueo presente nell'atmosfera (o in generale in una massa d'aria).

Umidità assoluta è la quantità di vapor acqueo espressa in grammi contenuta in un m³ d'aria. **L'umidità assoluta aumenta all'aumentare della temperatura**, l'umidità di saturazione aumenta più che proporzionalmente quindi l'umidità relativa tende a scendere. Quando un abbassamento di temperatura porta a far coincidere l'umidità assoluta con quella di saturazione si ha una condensazione del vapore acqueo (temperatura di rugiada). In corrispondenza di questo valore se si ha una superficie fredda si ha la **rugiada** (brina a valori sotto lo zero), se la condensazione riguarda uno strato sopra il suolo si ha la **nebbia**.

Umidità

Umidità relativa è un valore molto importante e facilmente misurabile, che indica il rapporto percentuale tra la quantità di vapore contenuto da una massa d'aria e la quantità massima (cioè *a saturazione*) che il volume d'aria può contenere nelle stesse condizioni di temperatura e pressione. **Alla temperatura di rugiada l'umidità relativa è per definizione del 100%.** L'umidità relativa è un parametro dato dal rapporto tra umidità assoluta e l'umidità di saturazione. È svincolato dalla temperatura e dà l'idea del tasso di saturazione del vapore atmosferico, e delle ripercussioni sui fenomeni evapotraspirativi. Il *deficit* di saturazione è dato dalla differenza tra umidità assoluta e umidità di saturazione.

Degrado dovuto alla temperatura

Solidi si dilatano

secondo la legge

$$V=V_1(1+k\Delta T)$$

Con V_1 volume iniziale



Ci sono sbalzi di temperatura tra il giorno la notte e tra le varie stagioni. Gli **sbalzi diurni sono i più pericolosi** per le superfici delle opere d'arte perche avvengono in poco tempo (alto gradiente termico) e **sono molto frequenti**.

Cicli termici sono responsabili della disgregazione delle rocce vulcaniche e metamorfe

La dilatazione termica hanno effetti sulla stabilità di monumenti quali la Torre di Pisa che ha struttura composta da elementi sottili come le colonne. La dilatazione termica sui 50 metri e con Δt di 20° (escursione diurna) è di 8 mm verticalmente. Le espansioni producono compressioni sulle colonne che sono state danneggiate.

Degrado dovuto alla temperatura

Altro effetto della variazione di temperatura è il cambio del punto di saturazione di vapor acqueo

Molti materiali tra cui il legno, la pergamena, l'avorio, etc cambiano le loro dimensioni a seconda del loro contenuto di acqua. Si espandono e si contraggono e presentano micro fessure.

I meccanismi a cui va incontro il legno ad esempio per effetto degli sbalzi di temperatura sono molti, complessi e lenti (effetti visibili nei mobili antichi)

ΔT per le pietre porose cambia l'umidità relativa che ha effetti sulla concentrazione di sali che precipitano se la soluzione è soprasatura.

Durante le giornate di sole le opere d'arte sono sottoposte a shock termici tanto più gravi se si aggiunge il vento.

Si genera disgregazione di granuli ad esempio nel granito o nei marmi. Questi danni sono irreversibili e non restaurabili. È un esempio la Colonna Traiana a Roma

Degrado dovuto alla temperatura

La temperatura dell'aria è un importante fattore per lo sviluppo o meno della vita di microorganismi tra cui i batteri . Temperature sotto i 20 gradi limitano il loro sviluppo mentre quelle superiori la favoriscono.

Si deve agire su umidità relativa, luce e ventilazione per limitare i loro effetti. Infatti i sottili strati di batteri sulle superfici di pietre sono negativi anche perchè favoriscono il deposito di altri strati e ne alterano le proprietà di porosità. Hanno anche alcuni effetti protettivi che bilanciano in parte quelli negativi.

Sono fenomeni che vanno studiati bene a seconda del microclima della zona in cui si trovano le opere d'arte le quali devono essere **trasportate** con cautela perche in altri musei possono trovare **microclimi diversi** con i quali non si trovano in equilibrio come nel luogo in cui si trovano da centinaia di anni.

Importante variabile di cui tenere conto sono le condizioni di temperatura e umidità all'interno degli edifici

Degrado dovuto alla temperatura

La temperatura all'interno degli edifici, oltre che dalle condizioni esterne è condizionata dai materiali di cui sono fatti (capacità e conducibilità termica), dal tipo di architettura e dalla posizione delle stanze all'interno dell'edificio stesso.

Differenze notevoli tra edifici antichi o moderni, tra stanze al piano terra (alta capacità termica più lente a cambiare temperatura) e quelle ai piani più alti che si scaldano e si raffreddano più velocemente.

In una stanza non basta un unico termostato per capire cosa succede. La temperatura è infatti funzione delle coordinate spaziali e del tempo

$$T^0(x,y,z,t)$$

Aria in una stanza si muove, e, avendo un basso calore specifico è condizionata da scambi di calore tra aria vicina al pavimento e quella vicina al soffitto, dalla posizione delle finestre, dall'irraggiamento solare, dalle lampadine, dalle persone, etc.