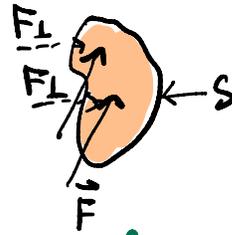


• **Pressione** $[P]$, $[p]$

È una grandezza derivata a partire dalla misura della componente di una forza perpendicolare a una data superficie e rapportata a essa :

$$P = F_{\perp} / S$$



e quindi la pressione è una quantità scalare (NON è una grandezza orientata!) con dimensioni

$$[p] = \frac{[MLT^{-2}]}{[L^2]} = [ML^{-1}T^{-2}]$$

NB le dimensioni di p sono anche quelle di energia/volume.

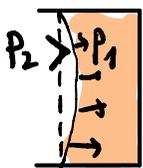
che nel S.I. si misura in newton/m² (pascal, Pa) :

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

C'è tutta la parte di fisica che tratta la pressione sia "statica" che "dinamica" nei fluidi (liquidi e gassosi) e quindi le varie leggi di Pascal, Stevino, Bernoulli, Archimede che qui non vengono però discusse (non c'è tempo).

È interessante la questione della misura della pressione (e ancora più la sua descrizione microscopica, più avanti nel corso).

I misuratori di pressione (barometri / manometri) sono sempre basati in funzionamento « differenziale ». Classic esempio il manometro "aneroido"

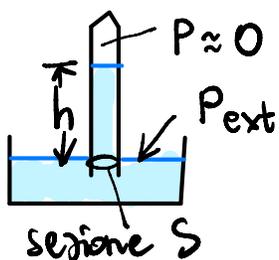


La membrana si flette in funzione delle differenti pressioni sui due lati. Se σ è la "tensione" della membrana

incognita $\rightarrow P_2 = P_1 + \sigma$
 di riferimento, arbitraria

← si misura forza di deformazione per unità di area

Li sono i barometri "storici" di Torricelli e Huygens (~ 1640) di cui è importante conoscere il principio di funzionamento.



C'è un fluido nel tubo che presenta il dislivello h rispetto l'esterno.

Se ρ è la densità del fluido la sua massa nel tratto h è $m = \rho V = \rho h S$ con peso $W = mg = \rho h S g$. La pressione sopra al

liquido nel tubo è pressoché nulla e dunque la pressione esterna è tale che $W/S = P_{ext} = \rho g h$.

Se si misura h si ottiene P_{ext} . Un fluido relativamente denso conviene perché h sia contenuto in valori: a livello del mare in condizioni "standard" si misura

$$P_{ext} \sim 10^5 \text{ N/m}^2 \quad (1000 \text{ hPa} \equiv 1 \text{ bar} \quad / \quad 1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa})$$

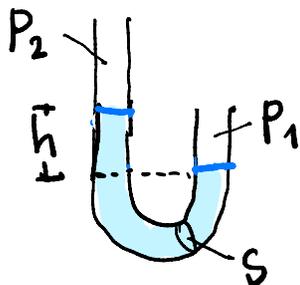
Se il fluido è acqua ($\rho_{H_2O} = 10^3 \text{ kg/m}^3$) $\Rightarrow h \approx \frac{10^5 \text{ N/m}^2}{10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2} \approx 10 \text{ m}$

Usando mercurio ($\rho_{Hg} \approx 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) $\Rightarrow h \approx 0.76 \text{ m}$.

Si usano queste unità di misura (solo i pascal sono del SI):

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 1013,25 \text{ hPa} = 1013,25 \text{ mbar} = 760 \text{ mm Hg (Torr)}$$

C'è anche il manometro a "U", stesso principio di funzionamento



L'equilibrio delle forze implica quello delle pressioni sui due lati del tubo:

$$S \cdot |P_1 - P_2| = W = mg = \rho V g = \rho S h g$$

$$\Rightarrow |P_1 - P_2| = \rho g h$$

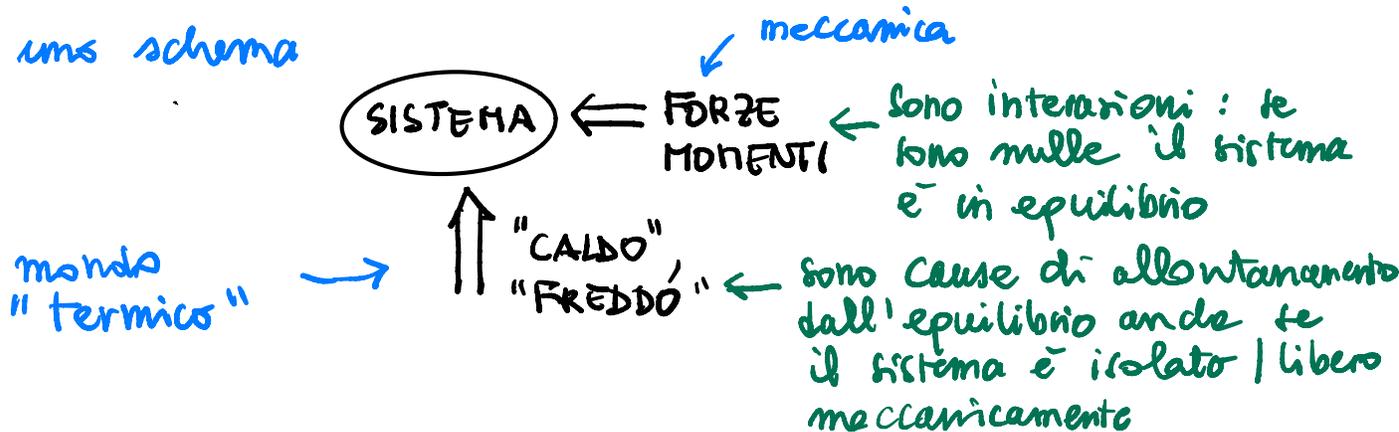
• **Temperatura** $[\tau]$, $[T]$

Parlare di temperatura in termini di "caldo" e "freddo" è un inizio ma non è sufficiente in fisica. Fidarsi solamente di sensazioni termiche corporee conduce molto spesso a errori o ambiguità nella valutazione di ciò che, appunto, viene definito più o meno "caldo": non si riesce a essere quantitativi e precisi nell'assegnare valori a queste percezioni (basta pensare alle sensazioni termiche al contatto di diversi materiali o alle difficoltà a costruire una scala attendibile di temperatura, qualunque cosa questo termine possa significare).

Tutto parte in ogni caso dall'evidenza sperimentale di "qualcosa" che è in grado di caratterizzare o modificare lo stato di un oggetto in modo non necessariamente meccanico, ovvero tramite l'azione di forze (o momenti di forza).

Parlare di modifiche dello stato di un sistema implica la possibilità di osservarne e misurarne le variazioni eventuali di determinate coordinate (= valori di grandezze) caratteristiche a partire da uno stato di **EQUILIBRIO**, nel quale queste coordinate non cambiano (sono stazionarie, non variano nel tempo).

Con uno schema



Un palloncino di gomma si gonfia se lasciato al sole: cambia il suo stato (variano le coordinate volume e pressione) senza cause meccaniche (almeno macroscopiche)

Partiamo da due sistemi completamente indipendenti, senza nessuna possibilità di interazione, di nessun genere. Ciascuno dei due sistemi è caratterizzato dalle sue coordinate che possono cambiare senza influenzarsi fra di loro

Sistema A
Coordinate X_A, Y_A, \dots



se cambia V_A
 \Downarrow
 cambia P_A

Sistema B
Coordinate X_B, Y_B, \dots



se cambia V_B
 \Downarrow
 cambia P_B

--DE--AL--DZ--

Le variazioni di A non influenzano quelle di B e viceversa:
 i due sistemi sono separatamente in equilibrio.

Il prossimo passo è quello di mettere « a contatto » i due sistemi A e B, di modo che possano interagire. Per esempio meccanicamente, con vincoli finiti materiali e macroscopici, che trasmettono forze. In questo caso ci si aspetta che variazioni delle coordinate di A influenzino le coordinate di B (e viceversa) o, con l'allontanamento dall'equilibrio di A si faccia sentire su B.

Si può però considerare la situazione più generale di contatto tra corpi che escluda azioni di origine meccanica macroscopica e, nonostante, osservare che i due sistemi si influenzano reciprocamente. In pratica possono succedere due cose:

(1) A e B continuano a restare in equilibrio come erano prima del contatto

(2) A e B cambiano coordinate cioè non rimangono negli stati di equilibrio iniziale ma si portano a nuovo stato di equilibrio.

Per esempio un pezzo di ghiaccio a "contatto" con un cilindro che contiene del gas può iniziare a sciogliersi e il gas può cambiare la sua pressione, fino a portarsi a nuovo equilibrio complessivo.

Se sistematicamente osserviamo che il "contatto" tra gli oggetti non ne modifica gli stati iniziali di equilibrio, diremo che questi sistemi sono **ISOLATI TERMICAMENTE**.

Diremo anche che il "contatto" è realizzato da un collegamento di tipo « adiabatico » : solo interazioni di natura meccanica macroscopiche (forze) possono modificare gli equilibri propri di A e B.

Se invece il "contatto" permette / causa la modifica degli stati di equilibrio propri di A e B per portarli a nuovo stato di equilibrio, diremo che il "contatto" è di tipo « diatermico ».

Vedremo più avanti come realizzare in pratica buone versioni di contatto diatermico (o di "non-contatto" o isolamento adiabatico).

Un collegamento più o meno diatermico, in generale, porterà più o meno rapidamente i due sistemi a modificare le x coordinate per portarsi al nuovo equilibrio comune.

Si dice anche che un contatto adiabatico non permette un "passaggio termico", mentre il contatto diatermico lo consente perfettamente.

Anticipando quello che stiamo costruendo gradualmente, il "passaggio termico" non è il trasporto materiale di alcunché (e nemmeno di "calore", che non abbiamo ancora definito).

Queste considerazioni, basate su osservazioni ed evidenze sperimentali, sono alla base di una prima, importante definizione operativa ed empirica di temperatura :

quando due sistemi, inizialmente e separatamente in equilibrio, vengono posti in contatto tramite una connessione diatermica, se non cambiano il loro stato di equilibrio iniziale (non variano le proprie coordinate), diciamo che possiedono la stessa temperatura.

La temperatura è un indicatore efficace della tendenza di un corpo a modificare il suo equilibrio (la sua configurazione) quando viene messo in contatto (più o meno ideale) con un altro corpo eventualmente a temperatura diversa dal primo.

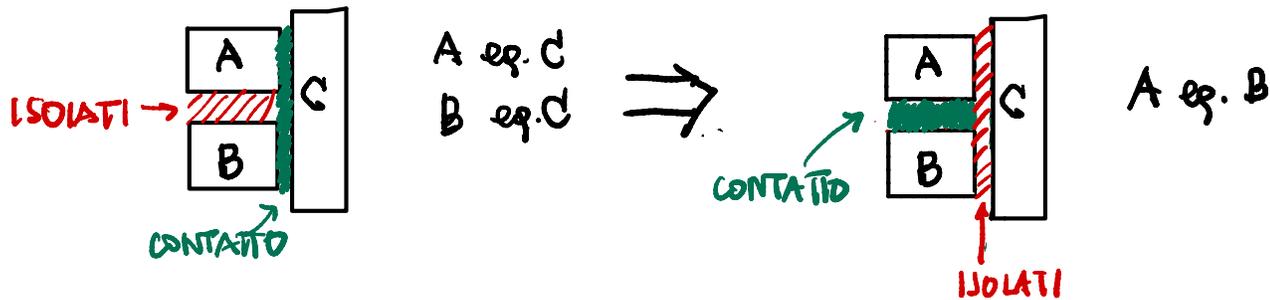
Per dare sostanza anche formale a questa visione qualitativa ci si deve avvalere di un'altra evidenza sperimentale sistematica e generale che viene detta a livello di principio fisico, detto anche **PRINCIPIO ZERO della TERMODINAMICA**

Si considerano 3 corpi: A e B che sono **INDIPENDENTEMENTE** in equilibrio termico con C

(ovvero A e C hanno la "stessa temperatura" e B e C hanno la "stessa temperatura").

Allora si osserva che A e B sono in equilibrio termico tra di essi (ovvero A e B hanno la "stessa temperatura empirica")

Con uno schema



Scritta così: $A \text{ eq. } C; B \text{ eq. } C \Rightarrow A \text{ eq. } B$ sembra una proprietà transitiva di tipo logico e necessaria ma non è questo il caso. Qui si parla di una proprietà fisica fondamentale (non dimostrabile su basi logiche: qualcosa come quando se A ama C e B ama C allora A ama B? Non necessariamente...).

Il principio zero è fondamentale perché permette di immaginare e costruire tutta una famiglia (una "classe" di equivalenza termica) di oggetti in equilibrio termico ovvero con la stessa temperatura empirica tali che, se messi in contatto, mantengono lo stato di equilibrio iniziale.

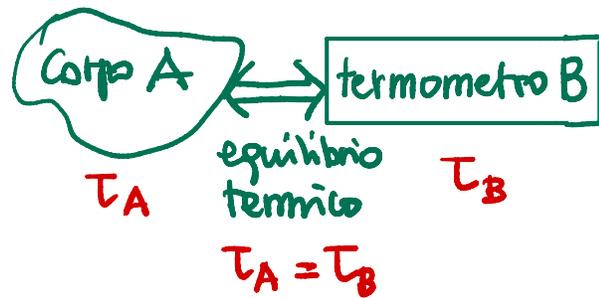
Questa costruzione è necessaria per "inventare" un procedimento di definizione e di realizzazione pratica di uno strumento di visualizzazione / misura della temperatura empirica.

Per iniziare potremmo parlare di « termoscopio » e « termometro » rispettivamente per "vedere" e "misurare" questa grandezza.

Per costruire strumenti di questo tipo partiamo da due oggetti: uno con temperatura da determinare, un altro che possiede una struttura fisica per la quale variazioni termiche conducono a variazioni "a vista", evidenti, di qualche coordinata: per esempio la variazione di volume di oggetti scaldati/raffreddati.

Questo secondo oggetto sarà il termometro del primo, cioè misurerà la temperatura comune di equilibrio quando essi vengono posti in contatto diatermico (megari aspettando un po' di tempo per il raggiungimento dell'equilibrio - in funzione della bontà del contatto). Schematicamente

Indichiamo con T la temperatura empirica dei corpi



Se "misuriamo" T_B per esempio tramite il volume (o altra proprietà - detta "caratteristica termometrica") di B allora all'equilibrio (al contatto) misuriamo la temperatura del corpo A perché $T_A = T_B$.

Si deve essere sicuri di usare un « buon termometro », ovvero tale che

(a) la caratteristica termometrica sia facile da vedere e misurare;

(b) se al contatto iniziale T_A e T_B sono differenti, tutte due cambiano: non si vuole che T_A però cambi troppo a spese di T_B , cioè dovrebbe essere "quasi solo" il termometro a cambiare temperatura!

(c) il termometro deve essere tarato e rispondere in modo prevedibile, meglio se « lineare ». Vediamo cosa vuol dire.

Per tarare un termometro è necessario avere a disposizione un oggetto campione, di riferimento, al quale possiamo attribuire in una scala opportuna una temperatura costante, possibilmente facile da riprodurre e misurare.

A questo scopo viene in aiuto la natura: molte sostanze si trovano in differenti stati di aggregazione ma, in determinate condizioni fisiche, questi stati possono coesistere. Per esempio, si può avere una miscela di acqua (liquida) e ghiaccio (solido) che, a una pressione "standard" (1 atm), è caratterizzata da una e una sola temperatura ben precisa di equilibrio: allora si osserva che le frazioni di solido e liquido non cambiano nel tempo (non si forma né si scioglie altro ghiaccio) a prescindere dalla quantità totale di sostanza.

Questa proprietà permette di definire dei "PUNTI FISSI" come standard di temperatura empirica usando acqua liquida, solida e vapore.



punto del ghiaccio
di acqua
 T_G

VAPORE di ACQUA



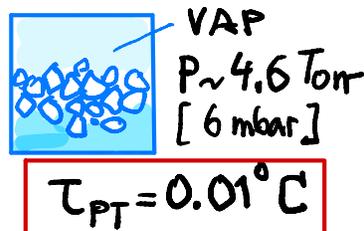
ACQUA

punto di vapore
dell'acqua
 T_V

Si usano questi due punti fissi per definire e tarare una scala empirica di temperatura secondo Celsius ponendo arbitrariamente $T_G = 0^\circ\text{C}$, $T_V = 100^\circ\text{C}$

[Celsius all'inizio aveva posto $T_G = 100^\circ\text{C}$ e $T_V = 0^\circ\text{C}$]

Si possono usare altri punti fissi: uno molto importante è il punto TRIPLO dell'acqua (pura) nel quale c'è coesistenza dei tre stati di aggregazione:



E ci sono altre scale, per esempio la Fahrenheit con

$T_G = 32^\circ\text{F}$ e $T_V = 212^\circ\text{F} \Rightarrow T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$ [0F = ghiaccio e sale, 100F = corpo umano]