

Motivazioni per capire che la differenza fra il peso di una siringa “rilasciata” e quello di una siringa “in tensione” è il peso di un volume di aria pari alla variazione del volume interno della siringa

Per capire meglio definiamo alcune cose (che valgono solo per questo lavoro):

Le parti della siringa

Stantuffo: è la parte scorrevole della siringa, comprensiva della “gommina nera e morbida” e della “parte rigida”.

“Corpo della siringa” è tutto il resto della siringa (il cilindro vuoto con il beccuccio, i fermi (cioè il chiodo, i bastoncini, ...), il tappo, le scritte, lo scotch, ...)

Le posizioni

“Posizione1” della siringa: siringa “in tensione”, ottenuta partendo dalla siringa “chiusa” (volume interno nullo), tappandola, tirando indietro lo stantuffo e bloccandolo con un volume interno V_v .

“Posizione2”: la ottengo dalla posizione1 togliendo i fermi e lasciando andare lo stantuffo: la siringa è tappata e il volume interno è nullo.

“Posizione3”: “siringa stappata e con volume interno nullo”.

“Posizione4”: “siringa stappata con un volume interno non nullo” (corrispondente al precedente V_v).

Mi pare intuitivo che posizione2 e posizione3 siano equivalenti come peso

I volumi

“ V_s ” è il volume proprio dello stantuffo.

“ V_c ” è quello del corpo della siringa (escluso quello interno e quello dello stantuffo).

“ V_v ” è quello interno della siringa “in tensione”, cioè con all'interno aria rarefatta (il cosiddetto “vuoto”), come dire: «è il volume del vuoto».

Ci sono diversi **modi per provare a chiarire**, ne illustro alcuni.

1°)

Consideriamo di avere una scatola chiusa (di volume interno V_i “fisso”, cioè che non cambia nel corso dell'esperienza) in cui metteremo la siringa.

Oltre ai volumi introdotti sopra, diamo un nome anche al volume dell'aria contenuta nella scatola, e lo chiamo “ V_r ” il volume residuo. V_r è uguale alla differenza fra V_i e gli altri volumi. Però ci sono due casi, a seconda della “posizione” della siringa:

“ V_{r1} ” è il volume residuo nella posizione1 ;

“ V_{r2} ” è il volume residuo nella posizione2 .

Nella posizione2 la siringa è “rilasciata”, non c'è più il vuoto e il volume residuo V_{r2} è diverso.

Poiché non ci sono altri volumi risulta che:

posizione1: $V_i = V_s + V_c + V_v + V_{r1}$;

posizione2: $V_i = V_s + V_c + V_{r2}$;

Poiché V_i è lo stesso nei due casi, è chiaro che $V_{r2} = V_{r1} + V_v$, e quindi che la scatola nel secondo caso ha un volume di aria più grande, e la differenza è V_v , cioè che il volume dell'aria “in più” è uguale a quello del “vuoto”.

2°) (del tutto diverso dal precedente)

Lei dice che se lo stantuffo avesse un volume trascurabile l'esperimento sarebbe attendibile, invece lo stantuffo ha un volume V_s non nullo; allora seguiamo che cosa succede.

(Per capire meglio possiamo supporre che lo stantuffo avanzi molto, più della sua lunghezza, ma questa ipotesi non è importante)

Passando dalla posizione1 alla posizione2, quando alla siringa vengono tolti i fermi, lo stantuffo avanza, e l'aria entra là dove prima non poteva, e cioè:

- dietro la gomma nera, per un volume complessivo definibile come $V_v - V_s$ (tutto il volume, meno quello dello stantuffo);

- al posto dello stantuffo, che si è spostato dalla posizione1 e che quindi ha liberato un volume V_s .

Quindi il volume complessivo in cui si va a sistemare altra aria è $(V_v - V_s) + V_s = V_v$.

Possiamo interpretare questo come:

se lo stantuffo, che ha sezione S , "avanza" di un tratto Δs , dal dietro l'aria che entra ha un volume $S \cdot \Delta s$, indipendentemente dalla forma dello stantuffo, perché le aree e i volumi "di traslazione" si calcolano così (per esempio l'area del parallelogramma è "base per altezza", anche se non è un rettangolo, e parimenti per il volume di un prisma, indipendentemente dall'angolazione).

3°) (ancora diverso)

Immagini di avere una "siringona" che nella zona beccuccio (e per i 20 cm lì vicino) è esattamente uguale alla nostra (che qui chiamo "siringhina"), ma poi continua per tre metri, curvandosi e chiudendosi tornando al beccuccio, formando una specie di circonferenza, o meglio: di ciambella (che in matematica si chiama "toro"). Di questa siringona chiamo "interno" tutto quello che è interno alla ciambella.

Se io, lasciando stappata la siringona, faccio scorrere lo stantuffo (facendo espandere il volume interno della siringhina), questo richiama aria all'interno della siringhina, e aumenta la parte interna, ma per la siringona la parte interna non cambia, trattandosi solo di spostamento di aria all'interno della siringona.

Cioè: se considero che la siringona sia tutta poggiata sul piatto della bilancia dove è la siringa, se porto la siringa dalla posizione3 alla posizione4, il peso della siringa non varia, trattandosi solo di "spostamento" di aria e non di "richiamo" (c'è aria che entra e prende il posto dello stantuffo che si sposta, e aria che "perde il posto" dove lo stantuffo si va a posizionare).

Ovviamente noi non abbiamo la siringona, ma il concetto non cambia: posso immaginare di avere un tubo ... (ecc. ecc.) o semplicemente capire il concetto che la nelle posizione3 e posizione4 si ha lo stesso peso.

È ovvio che se dalla posizione1 passo direttamente alla posizione4 stappando la siringa entra un volume V_v di aria, e se è chiaro che posizione4 è equivalente (come peso) alla posizione3, e che posizione3 è equivalente alla posizione2, si conclude che il peso in posizione2 è quello di posizione1 aumentato del peso di un volume di aria pari V_v .

A questo punto si è capito di quanto vari effettivamente il volume, ma uno potrebbe chiedersi come influiscono i pesi dei vari volumi di aria e delle parti della siringa se intervengono masse che non si trovano sulla verticale del piatto, per esempio, se lo stantuffo sporge dal piatto della bilancia.

Per rispondere a questo pensiamo alla siringa "svincolata dal piatto":

su di essa agiscono due forze; il peso e la spinta di Archimede (vedi sotto il PdA),

il peso della siringa (e di quanto in essa "racchiuso" è uguale nei casi di posizione1 e posizione2, ma la spinta di Archimede, che è data dall'opposto del peso di un volume di aria pari al volume del corpo immerso, è maggiore nel 1° caso, e tale differenza di volumi è esattamente la differenza fra i volumi interni della posizione2 e posizione1, cioè il Volume "del vuoto".

Quindi quando peso la siringa nelle due posizioni rilevo una differenza di forza (che erroneamente chiamo "peso") pari al peso di un volume di aria uguale al volume del "vuoto", indipendentemente da come sono state posizionate le siringhe.

Principio di Archimede: «Un corpo ("impermeabile") immerso in un fluido in equilibrio riceve una spinta opposta al peso del "fluido spostato" (cioè del fluido (della stessa natura) tale che, se sostituisse il corpo, il fluido rimarrebbe in equilibrio)».