

I FLUIDI – PRIMA PARTE



aggiornamenti
laboratorio di didattica della scienza

Stefano Marcellini, INFN Bologna



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

I fluidi includono:

Liquidi (ad esempio l'acqua)

- Hanno una densità di equilibrio (es: densità acqua = 1 Kg/dm^3)
- Tendono ad assumere la forma del recipiente

Gas (ad esempio l'aria):

- se lasciati liberi tendono ad espandersi, occupando l'intero volume a disposizione.

Per fortuna la nostra atmosfera che ci consente di respirare non è completamente «libera», altrimenti essa si disperderebbe nell'intero universo, ma è trattenuta dall'attrazione gravitazionale della Terra! (con buona pace dei terripiattisti)

Caratteristica dei fluidi: fluiscono!!!

Sviluppano un **moto collettivo** come risposta alle differenze di pressione fra due zone diverse (venti, perturbazioni, condotte idriche...)

Sebbene le singole particelle che costituiscono un fluido non sono singolarmente governabili, in particolari condizioni il flusso globale di un fluido è governabile.

Cos'è la pressione di un fluido?

Definizione esatta: è il rapporto tra la forza che agisce perpendicolarmente alla superficie, diviso il valore della superficie stessa.

$$\text{Pressione} = \frac{\text{Forza}}{\text{Area}} \quad \text{ovvero:} \quad P = \frac{F_{\text{perp}}}{A}$$

Esempio:

- appoggiamo un peso su una mano
- oppure su un singolo dito...

La forza (il peso) è sempre lo stesso, ma la superficie di appoggio cambia.

La pressione è maggiore se la superficie di appoggio è minore!

Piccola (divertente) applicazione...

I fachiri!!!



Supponiamo di mettere **un chiodo ogni centimetro** di distanza su una tavola, in entrambe le direzioni.

In un letto di chiodi di 2m x 1m (2 m²) ci saranno 200 x 100 = 20000 chiodi. Ovvero **10000 chiodi per ogni metro quadrato**.

Se una persona pesa 70 Kg, e sdraiata occupa circa 1 m² di superficie, vuol dire che il suo peso si suddivide su 10000 chiodi, per cui **su ogni chiodo graverà un peso** di 70 Kg/10000 = 0,007 Kg per chiodo! **7 grammi per chiodo!!!**

Molto poco per forare la pelle!

Il trucco è quindi mettere i chiodi molto fitti!



... supported
average pressure of 0.04kg per nail, which is
less than the pressure required to do
damage to the skin.
... there are 3,497 nails in this bed.

Torniamo alla pressione nei fluidi...

Dentro un fluido la superficie può essere:

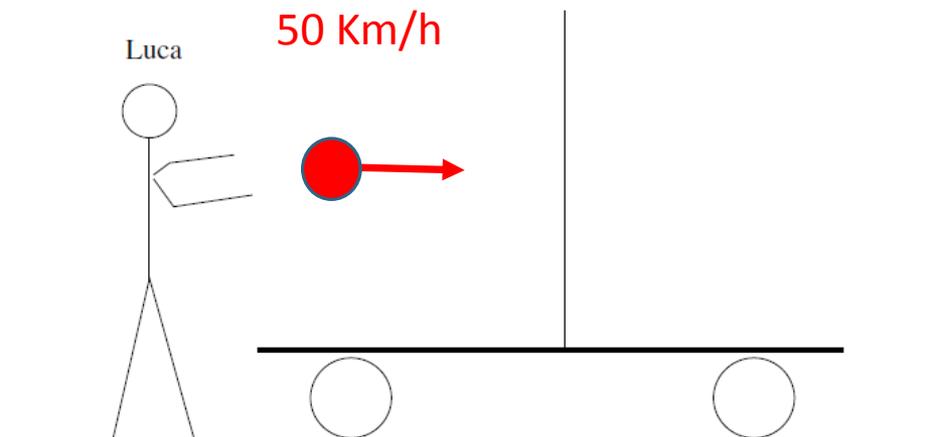
Quella del recipiente che contiene il fluido/gas (bottiglia, bombola, membrana di un palloncino...)

Quella di un corpo immerso (pesce, subacqueo, sommergibile...)

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

Immaginiamo un carrello libero di muoversi sui binari, con una parete in mezzo.

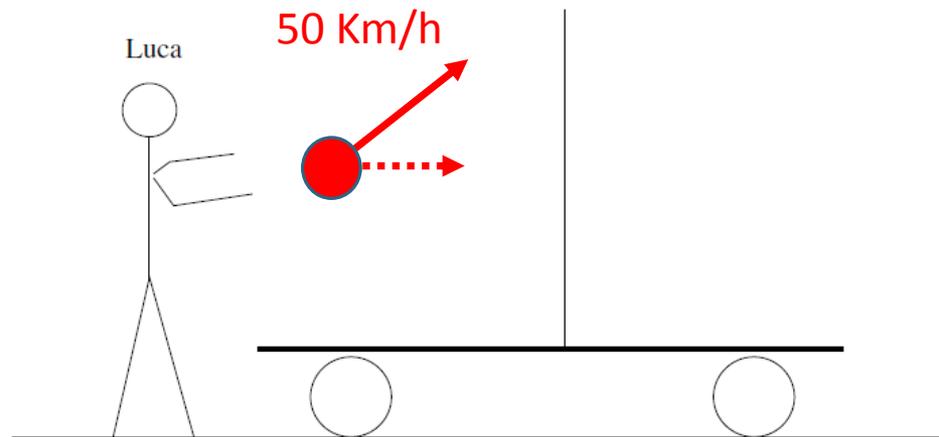
Luca lancia ogni secondo una palla perpendicolarmente contro la parete, a 50 Km/h



Il carrello si muoverà verso destra!

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

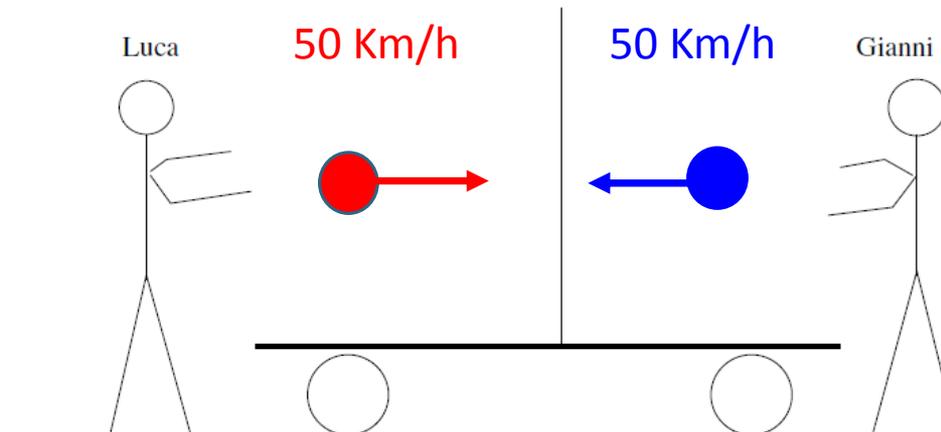
Immaginiamo che Luca lanci la palla non perpendicolarmente, ma inclinata. Soltanto la componente **perpendicolare alla parete** contribuirà alla spinta! Ecco perché nella formula c'è F_{perp} ! (immaginate il caso estremo in cui la lanci tangente al piano, cioè $F_{\text{perp}} = 0$, la sua spinta sarà nulla!)



Il carrello si muoverà verso destra ma un po' più lentamente

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

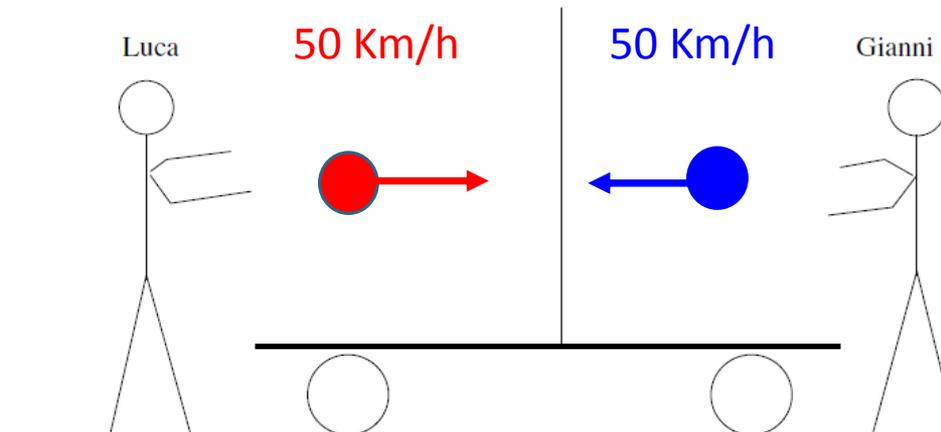
E se dall'altro lato Gianni lancia anche lui una palla a 50Km/h allo stesso modo, ma in direzione opposta?



Da che parte si muoverà il carrello?

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

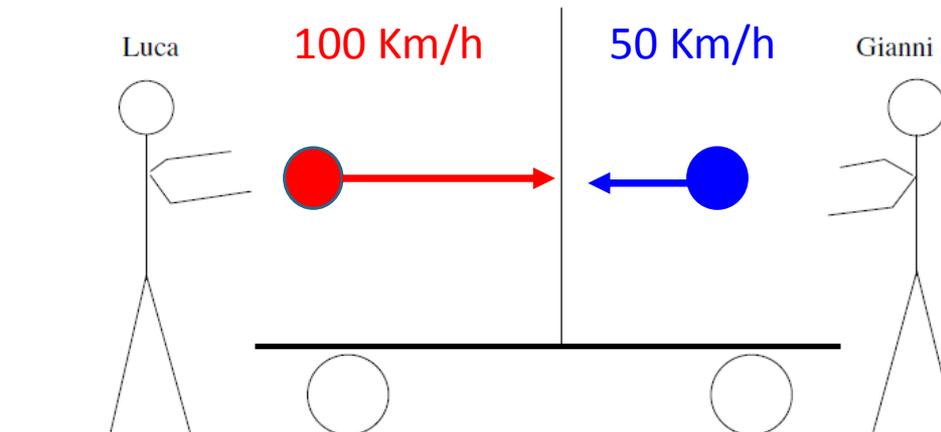
E se dall'altro lato Gianni lancia anche lui una palla a 50Km/h allo stesso modo, ma in direzione opposta?



Il carrello resta fermo: le due pressioni si equilibrano!

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

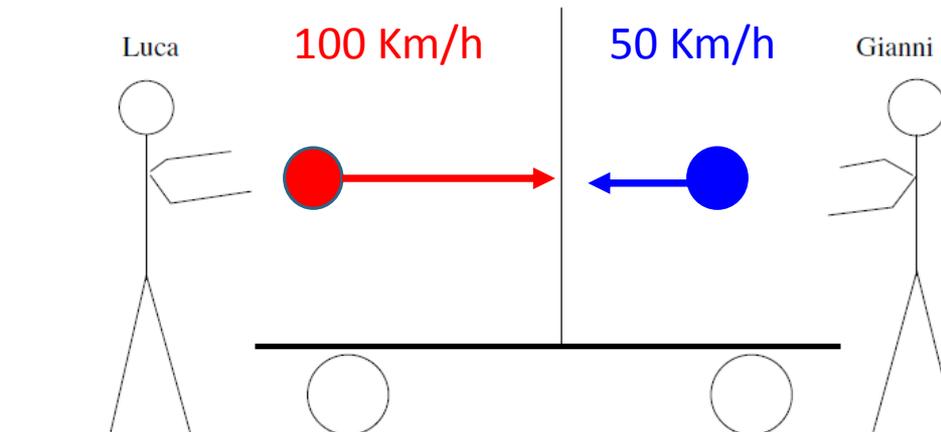
E se adesso Luca lancia la palla a 100Km/h, mentre Gianni continuasse a lanciaarla a 50Km/h



Da che parte si muoverà il carrello?

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

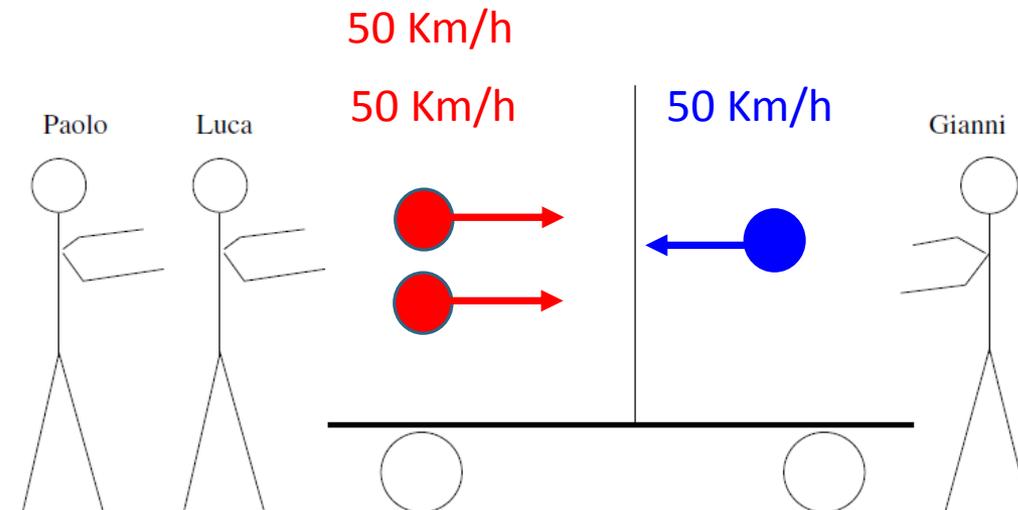
E se adesso Luca lanciasse la palla a 100Km/h, mentre Gianni continuasse a lanciaarla a 50Km/h



Il carrello si muoverà verso destra.

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

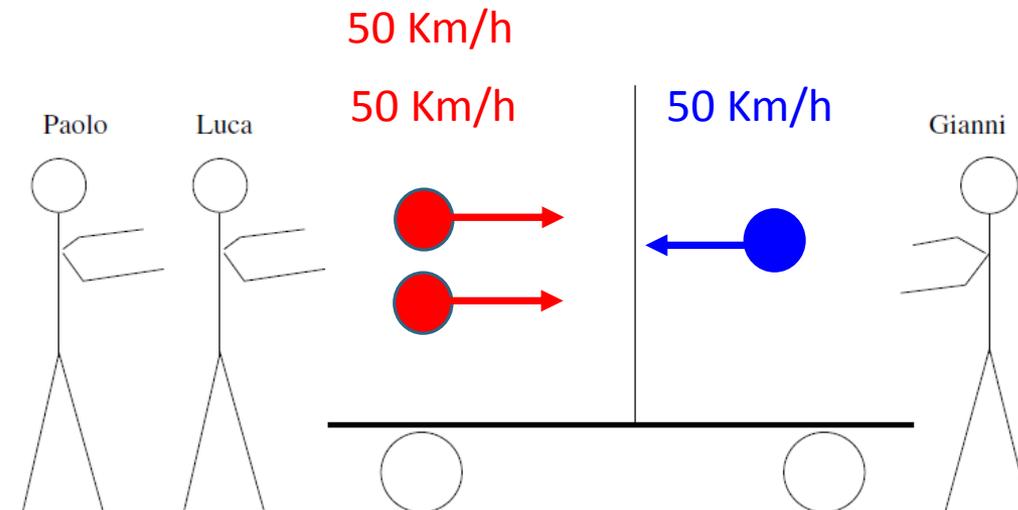
E se adesso Luca e Paolo, assieme lanciassero la palla, ognuno a 50Km/h, mentre Gianni continuasse a lancia-la a 50Km/h?



Da che parte si muoverà il carrello?

A cosa è dovuta la pressione di un fluido?

E se adesso Luca e Paolo, assieme lanciassero la palla, ognuno a 50Km/h, mentre Gianni continuasse a lancia-la a 50Km/h?



Il carrello si muoverà verso destra! La pressione dalla parte di Paolo e Luca è maggiore che dalla parte di Gianni

La pressione in un gas

palline  particelle

velocità media delle palline  temperatura

urti delle palline contro le pareti  pressione

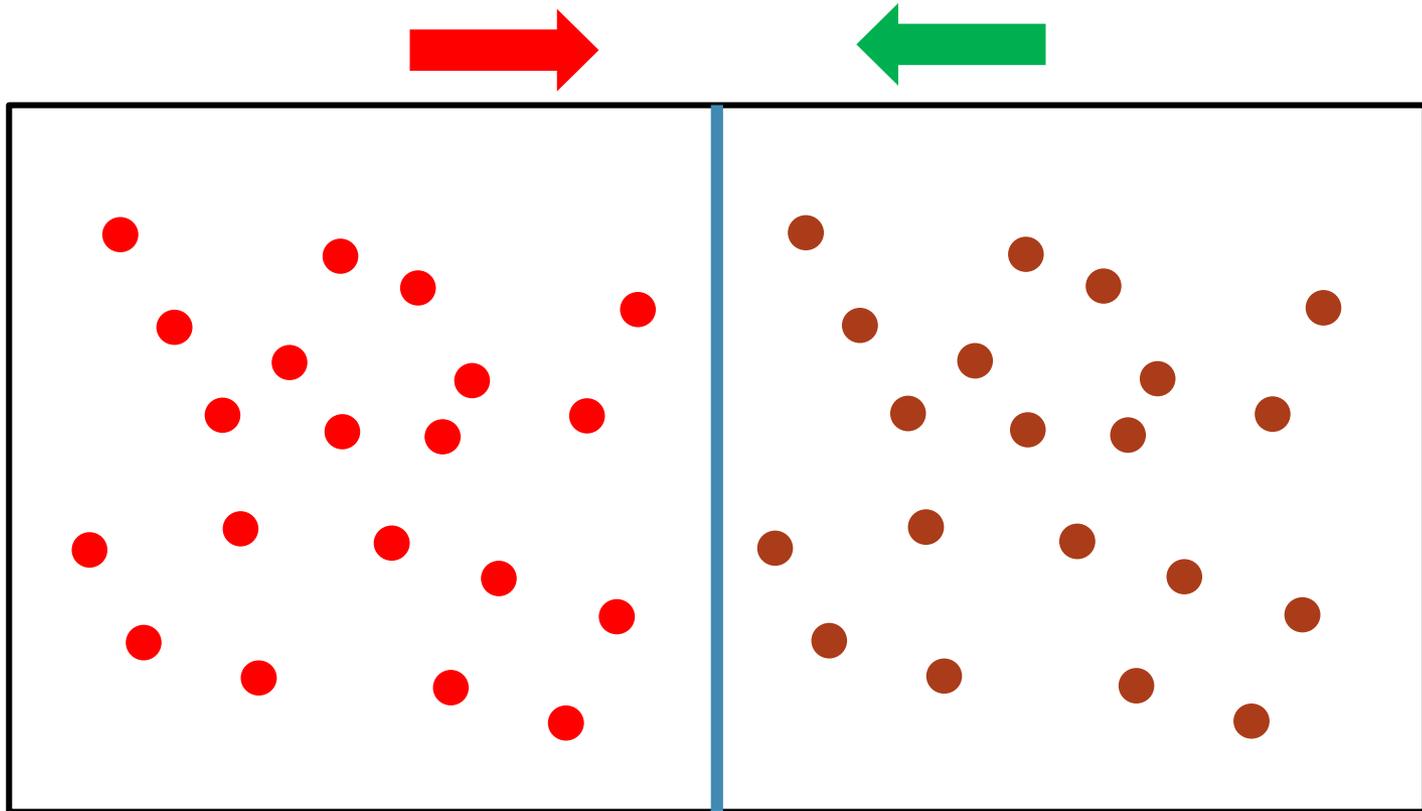
La pressione in un gas

La pressione è il risultato della composizione **atomica/molecolare** della materia, e del moto delle particelle che la compongono.

La velocità con cui le particelle si muovono, cresce con la temperatura

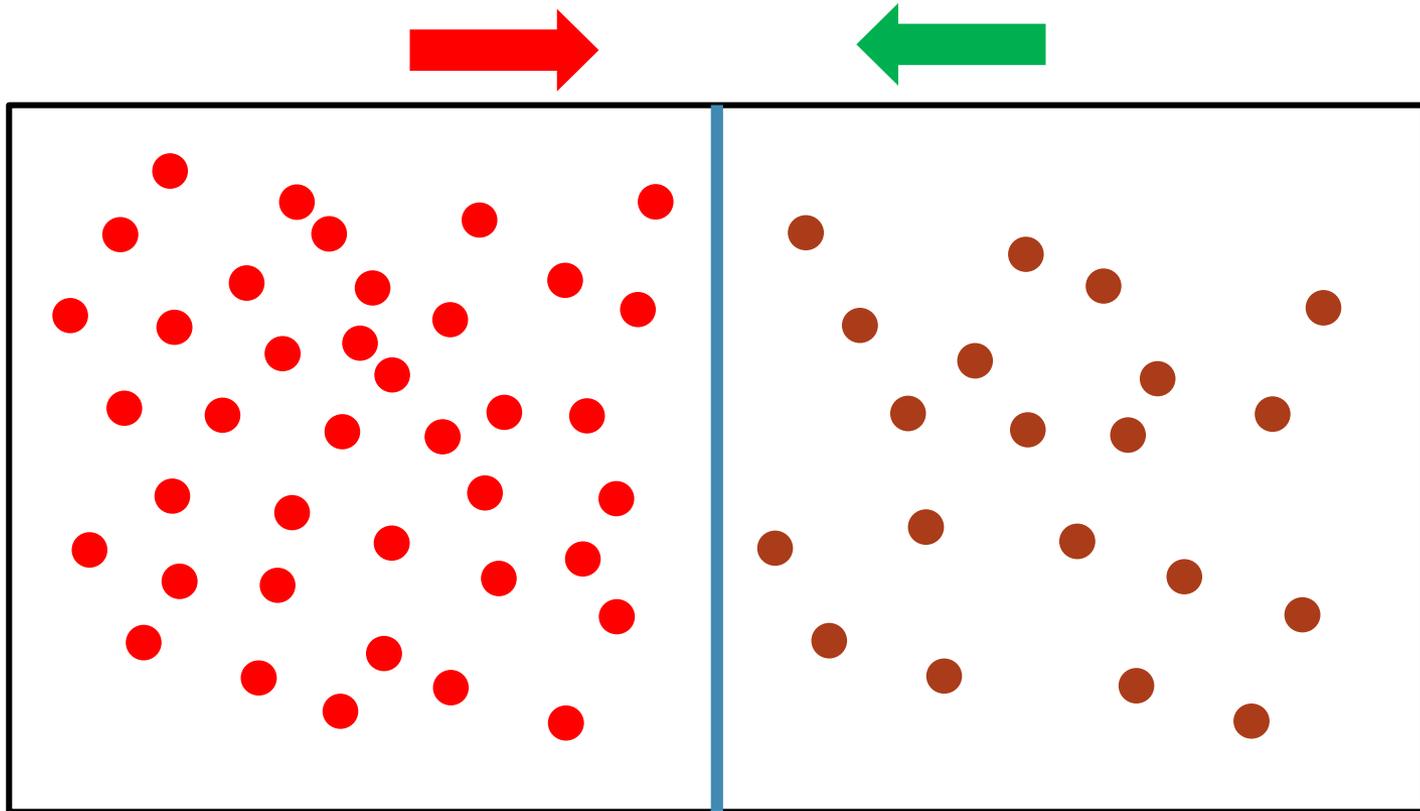
La pressione dipende da **quante** particelle ci sono, e dal **loro moto**

Stessa temperatura e stesso numero di molecole:
le pressioni si equilibrano



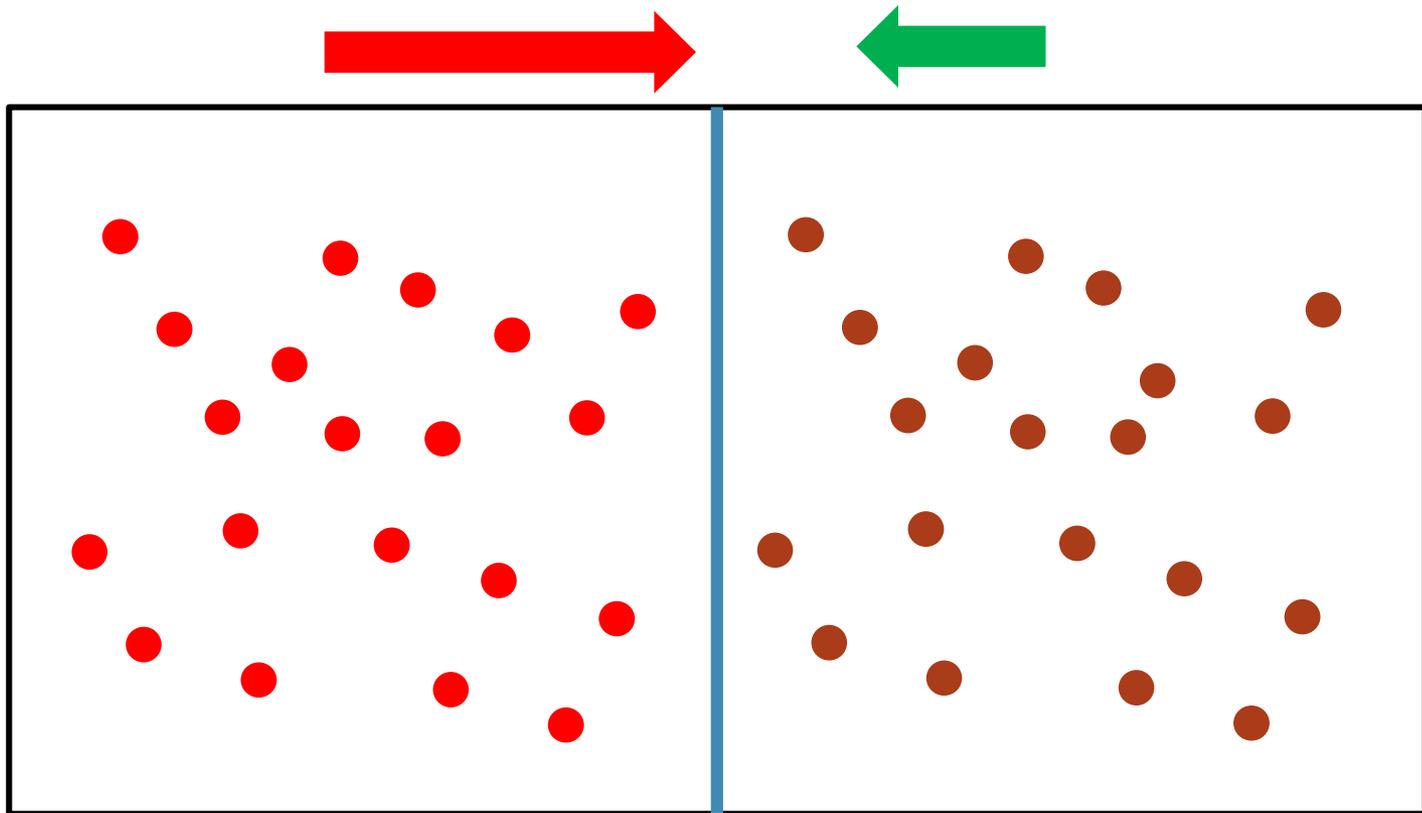
Il numero di urti al secondo da sinistra a destra e la loro intensità è mediamente uguale a ciò che avviene da destra a sinistra

Stessa temperatura ma diverso numero di molecole:
La pressione è diversa



Il numero di urti al secondo da sinistra a destra è maggiore di quello che avviene da destra a sinistra. L'intensità degli urti invece è la stessa.

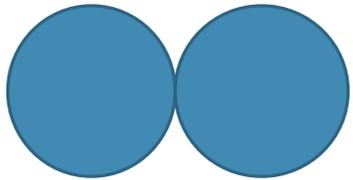
DIVERSA temperatura e stesso numero di molecole:
le pressioni sono diverse



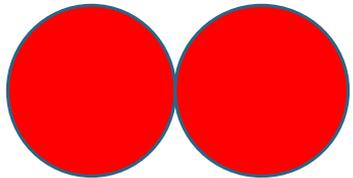
Il numero di urti al secondo da sinistra a destra è mediamente uguale a ciò che avviene da destra a sinistra, **MA** la loro intensità è diversa (maggiore velocità delle molecole)

La pressione atmosferica

L'atmosfera che ci permette di respirare è composta da una miscela di gas, **principalmente ossigeno e azoto**. Entrambi sono costituiti da due atomi uniti fra loro



Azoto (78%)



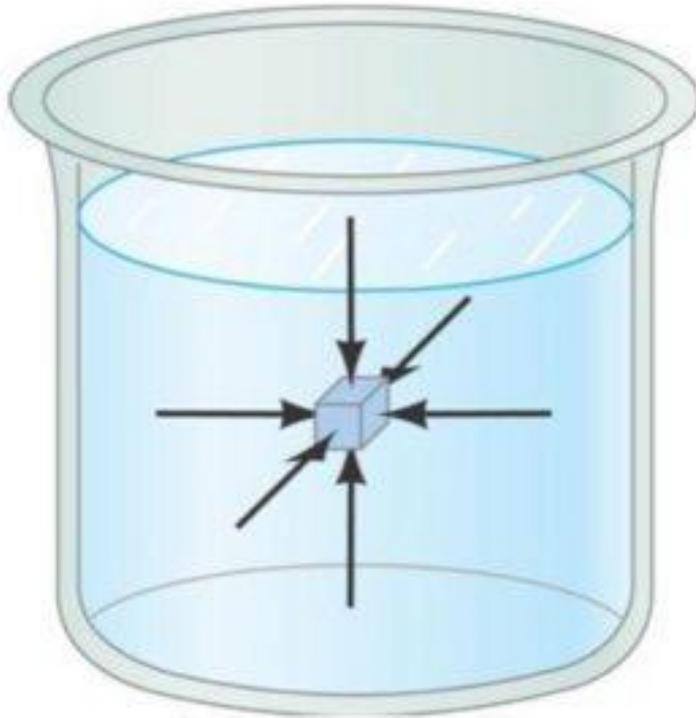
Ossigeno (21%)

Velocità media delle molecole:
500 m/s = 1800 Km/h

In 1 m³ di aria ci sono in media 3×10^{25} (3 seguito da 25 zeri!= **30 milioni di miliardi di miliardi**) di molecole, che si muovono in media due volte più veloci di un aereo. **Questa è la pressione atmosferica!** E' pari alla pressione di una colonna d'acqua alta 10 metri (un palazzo di tre piani).

La pressione in un fluido è **isotropa**, ovvero **uguale in qualunque direzione** (pensa sempre al fatto che la pressione dipende:

- dal numero di molecole che urtano la parete (che è mediamente sempre uguale),
- dalla loro velocità (che è mediamente uguale)
- dalla direzione (che può essere qualunque)



Esperimenti e quesiti

Il vasetto ribaltato



- Prendi un vasetto e riempilo d'acqua
- Mettici sotto un separatore piano, e impermeabile
- Capovolgi il tutto, e poi toglì la mano: cosa succede? E perché?

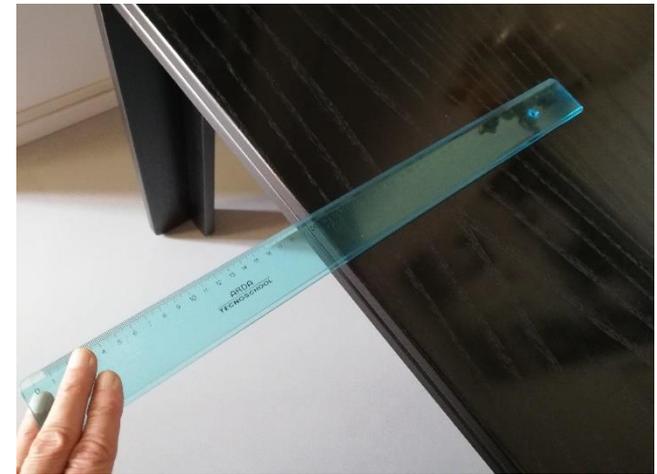
Il vasetto ribaltato



- Prendi un vasetto e riempilo d'acqua
- Mettici sotto un separatore piano, e impermeabile
- Capovolgi il tutto, e poi togli la mano: cosa succede? E' perché?

Da un lato agisce la pressione di pochi centimetri di acqua.
Dall'altro la pressione atmosferica che è pari a 10 metri di acqua

- appoggia un righello su un tavolo, quasi in bilico
- Basta un leggero colpo per farlo cadere

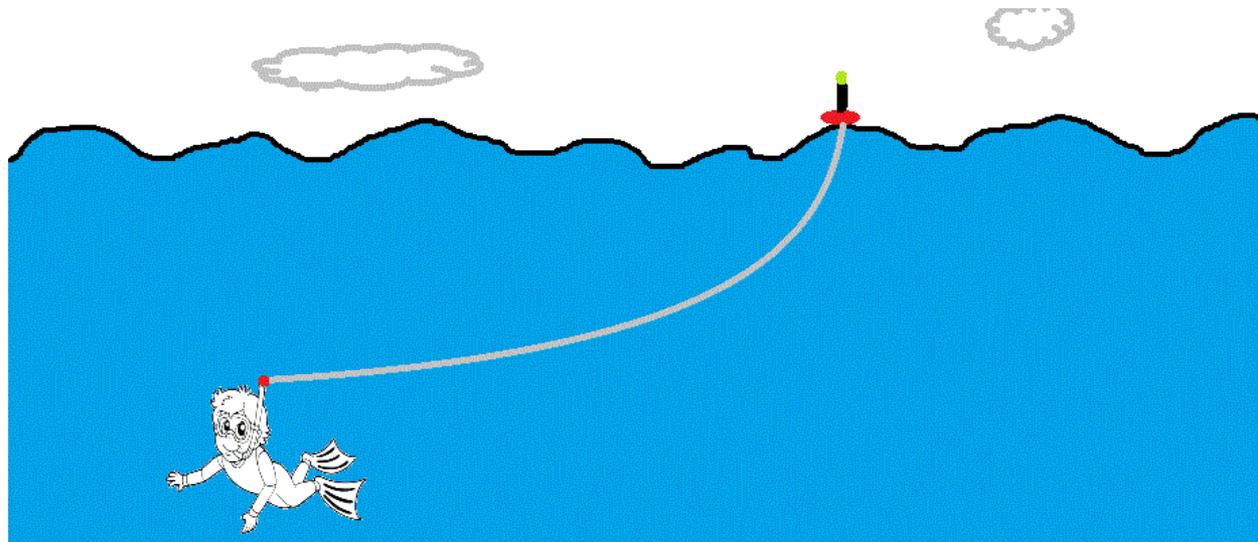


- Fai la stessa cosa, ma con **un figlio di giornale disteso sopra**, avendo cura di farlo ben aderire al tavolo
- Il righello adesso oppone una resistenza ben maggiore
- La resistenza non è dovuta al peso del giornale
- (prova a ripiegarlo sopra il righello, per fare la controprova)
- **E' dovuta alla pressione atmosferica sul foglio di giornale**
- Il fatto che aderisca bene al tavolo impedisce all'aria di entrare e riequilibrare la pressione



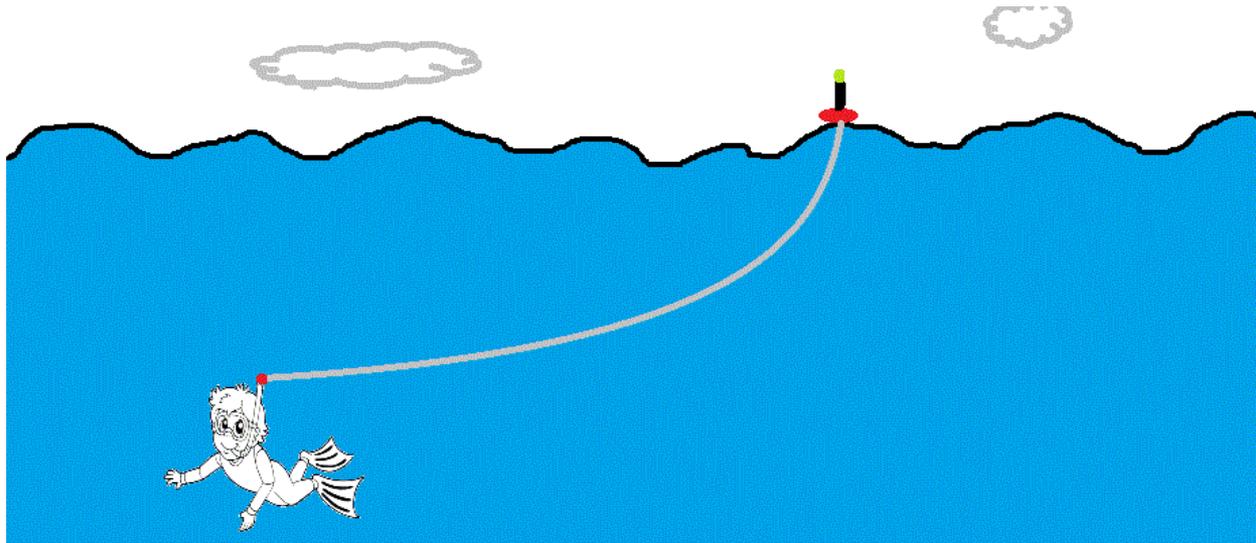
Da bambino mi piaceva andare sott'acqua. E quindi mi ero costruito un tubo di gomma lungo molti metri, collegato a un galleggiante, che doveva permettermi di respirare l'aria stando sott'acqua. Eppure non funzionava. Perché?

(**Suggerimento:** cosa succede ai polmoni se sottoposti alla pressione di alcuni metri di acqua?)



Da bambino mi piaceva andare sott'acqua. E quindi mi ero costruito un tubo di gomma lungo molti metri, collegato a un galleggiante, che doveva permettermi di respirare l'aria stando sott'acqua. Eppure non funzionava. Perché?

(**Suggerimento:** cosa succede ai polmoni se sottoposti alla pressione di alcuni metri di acqua?)



La pressione dell'acqua comprime i polmoni, e rende l'inspirazione più difficile. Già a 1 metro di profondità l'inspirazione di aria esterna tramite un tubo diventa impossibile.

Quello che conta è la pressione!



- Prendi un tubicino e riempilo d'acqua.
 - Prendi poi due siringhe di diametro differente e aspira un po' d'acqua
 - Tieni una delle due siringhe e dai l'altra al tuo compagno (o tienilo nell'altra mano)
 - Prova a spingere lo stantuffo: chi vincerà?
- Suggerimento:** ricorda la definizione di pressione

Quello che conta è la pressione!



- Prendi un tubicino e riempilo d'acqua.
- Prendi poi due siringhe di diametro differente e aspira un po' d'acqua

Vince la siringa col diametro più piccolo:

$P = \text{Forza} / \text{superficie} !!!$ A parità di forza (più o meno...) conta la superficie minore, che produce una pressione maggiore.

Bottiglia bucata



Prendi una bottiglia, e riempila d'acqua. Bucala a una certa altezza.

- Osserva cosa succede se togli o metti il tappo.
- Osserva cosa succede al getto d'acqua che esce, se fai vari fori a diverse altezze

Bottiglia bucata

- **Senza tappo**, il peso dell'acqua sovrastante fa uscire l'acqua dal foro: $P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{est}} > P_{\text{aria}}^{\text{est}}$
- **Col tappo**, il flusso si arresta quando la pressione esterna è uguale a quella interna: $P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{est}}$
- Nota che $P_{\text{aria}}^{\text{int}} < P_{\text{aria}}^{\text{est}}$, perché l'aria dentro la bottiglia è meno densa quando è uscita un po' d'acqua (il numero di molecole è lo stesso, ma il volume è maggiore!)
- **Se riapro la bottiglia**, ho di nuovo $P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{est}}$ e l'acqua riprende a uscire
- Più è in alto il foro, più il getto è debole, perché il peso della colonna d'acqua (la pressione dell'acqua) è inferiore

La colonna d'acqua



Prendi una bottiglia d'acqua con il fondo segato e immergila totalmente, **tappata**, in una bacinella d'acqua in modo che si riempia

La colonna d'acqua



Adesso alza la bottiglia senza far entrare aria.

- Cosa succede all'acqua nella bottiglia?
- Perché non torna al livello della bacinella?

La colonna d'acqua



Adesso alza la bottiglia.

- Cosa succede all'acqua nella bottiglia?
- Perché non torna al livello della bacinella?

A impedirlo è la pressione atmosferica, che è maggiore (molto maggiore!) della pressione dell'acqua.

E se togli il tappo?



Inserisco un palloncino all'interno di una bottiglia.
Se soffio non riesco a gonfiarlo. Perché?



Inserisco un palloncino all'interno di una bottiglia.
Se soffio non riesco a gonfiarlo. Perché?

Per gonfiarlo devo comprimere l'aria all'interno.

L'aria ha un volume, e esercita una pressione contro il pallone



Faccio un buco alla base della bottiglia e riprovo.
Cosa succede?



Il pallone si gonfia perché l'aria riesce a uscire dalla bottiglia



Chiudo il buco con il dito: cosa succede al pallone?

Pressione e temperatura

Abbiamo detto che a parità di fluido (ad esempio aria) all'interno di un contenitore, la pressione da esso esercitata dipende dalla temperatura del fluido.

PROVIAMOLO!

Pressione e temperatura



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino

Pressione e temperatura



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- E chudi la bottiglia col palloncino

Pressione e temperatura



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- E chudi la bottiglia col palloncino
- Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas

Pressione e temperatura



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
 - E chudi la bottiglia col palloncino
 - Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas
 - Immergi la bottiglia nella pentola con l'acqua calda: il palloncino si gonfia.
- PERCHE'?**

Pressione e temperatura



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- Chiudi la bottiglia col palloncino
- Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas
- Immergi la bottiglia nella pentola con l'acqua calda: il palloncino si gonfia.
PERCHE'?
- Togli la bottiglia dalla pentola e il palloncino si sgonfia. **PERCHE'?**

Pressione e temperatura

- All'inizio il palloncino è sgonfio perché la pressione nella bottiglia è uguale a quella esterna
- Scaldando la bottiglia, si scalda l'aria al suo interno, e quindi aumenta la velocità delle molecole, e la pressione aumenta
- A un certo punto però si raggiunge l'equilibrio fra temperatura (aumentata) e densità dell'aria (diminuita, perché si gonfia il palloncino e quindi aumenta il volume totale) e il palloncino smette di gonfiarsi.
- Raffreddando la bottiglia l'energia delle singole molecole diminuisce, e quindi, per mantenere l'equilibrio con la pressione esterna, il palloncino deve diminuire di volume e sgonfiarsi.

Ancora sulla pressione

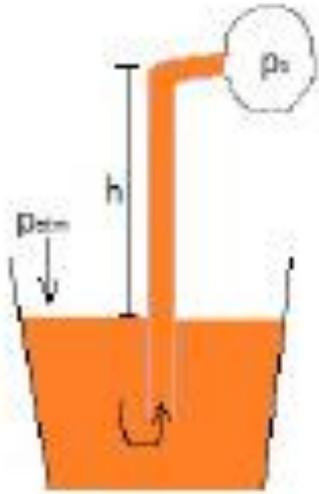
La legge dei gas $PV = nKT$ ci permette di capire come uomini e animali riescono ad aspirare i liquidi



- Schiaccia la pipetta prima di immergerla: si riduce il volume al suo interno
- Una volta immersa, rilascia l'estremità. Le molecole d'aria nella pipetta si dispongono in un volume maggiore, e urtano meno la superficie di separazione con l'acqua, esercitando una pressione minore. Il risultato è che la pressione atmosferica esterna spinge l'acqua su nella pipetta.
- Estratta la pipetta, schiaccia l'estremità. Il volume diminuisce, aumenta la sua pressione, che spinge fuori l'acqua.

Ancora sulla pressione

La legge dei gas $PV = nKT$ ci permette di capire come uomini e animali riescono ad aspirare i liquidi



Dilatando e contraendo i polmoni, cannucce e proboscidi funzionano così