

Esperimenti con i fluidi

Andrea Beraudo

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Torino

Scuola Media *Antonio Vivaldi*
Anno Scolastico 2015-'16



Scopo di questa lezione “particolare”

Oggi abbiamo cercato/cercheremo di **imparare**, attraverso alcuni esperimenti (che potrete *ripetere* anche a casa!), **alcune** importanti **proprietà dei fluidi**. I fluidi includono

Scopo di questa lezione “particolare”

Oggi abbiamo cercato/cercheremo di **imparare**, attraverso alcuni esperimenti (che potrete *ripetere* anche a casa!), **alcune** importanti **proprietà dei fluidi**. I fluidi includono

- **Liquidi** (l'acqua): sono caratterizzati dall'aver una *densità di equilibrio*, per cui una data quantità di materia (per esempio 1 kg di acqua) occuperà un volume ben definito (in questo caso 1 decimetro cubo, cioè 1 litro); tendono però ad assumere la forma del recipiente che li contiene (bottiglia, bacinella, letto di un fiume...)

Scopo di questa lezione “particolare”

Oggi abbiamo cercato/cercheremo di **imparare**, attraverso alcuni esperimenti (che potrete *ripetere* anche a casa!), **alcune** importanti **proprietà dei fluidi**. I fluidi includono

- **Liquidi** (l'acqua): sono caratterizzati dall'aver una *densità di equilibrio*, per cui una data quantità di materia (per esempio 1 kg di acqua) occuperà un volume ben definito (in questo caso 1 decimetro cubo, cioè 1 litro); tendono però ad assumere la forma del recipiente che li contiene (bottiglia, bacinella, letto di un fiume...)
- **Gas** (l'aria): se lasciati liberi tendono a espandersi occupando l'intero volume a disposizione. Per fortuna la nostra atmosfera che ci consente di respirare non è completamente “libera”, se no si disperderebbe nell'intero universo, ma è trattenuta dall'attrazione gravitazionale della Terra!

Scopo di questa lezione “particolare”

Oggi abbiamo cercato/cercheremo di **imparare**, attraverso alcuni esperimenti (che potrete *ripetere* anche a casa!), **alcune** importanti **proprietà dei fluidi**. I fluidi includono

- **Liquidi** (l'acqua): sono caratterizzati dall'averne una *densità di equilibrio*, per cui una data quantità di materia (per esempio 1 kg di acqua) occuperà un volume ben definito (in questo caso 1 decimetro cubo, cioè 1 litro); tendono però ad assumere la forma del recipiente che li contiene (bottiglia, bacinella, letto di un fiume...)
- **Gas** (l'aria): se lasciati liberi tendono a espandersi occupando l'intero volume a disposizione. Per fortuna la nostra atmosfera che ci consente di respirare non è completamente “libera”, se no si disperderebbe nell'intero universo, ma è trattenuta dall'attrazione gravitazionale della Terra!

Caratteristica dei fluidi è di sviluppare un moto collettivo (*fluiscono!*) come risposta alla differenza di pressione tra due regioni diverse

Che cos'è la pressione?

A questo punto sorge la domanda: ma che **cos'è la pressione di un fluido?** Daremo prima la sua definizione fisica esatta (non importa se un po' misteriosa) e poi **cercheremo di capire concretamente il suo significato.**

Che cos'è la pressione?

A questo punto sorge la domanda: ma che **cos'è la pressione di un fluido?** Daremo prima la sua definizione fisica esatta (non importa se un po' misteriosa) e poi **cercheremo di capire concretamente il suo significato.**

La pressione è il *rapporto* tra la forza agente perpendicolarmente (cioè con un angolo di 90°) a una superficie e l'area della superficie stessa:

$$\text{Pressione} = \frac{\text{Forza}}{\text{Area}} \quad \text{o, in breve,} \quad P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

Che cos'è la pressione?

A questo punto sorge la domanda: ma che **cos'è la pressione di un fluido?** Daremo prima la sua definizione fisica esatta (non importa se un po' misteriosa) e poi **cercheremo di capire concretamente il suo significato.**

La pressione è il *rapporto* tra la forza agente perpendicolarmente (cioè con un angolo di 90°) a una superficie e l'area della superficie stessa:

$$\text{Pressione} = \frac{\text{Forza}}{\text{Area}} \quad \text{o, in breve,} \quad P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

Che cos'è questa superficie? Essa può essere:

- Quella del **recipiente** che contiene il fluido (bombola, bottiglia, membrana di un palloncino...)
- Quella di un **corpo immerso** nel fluido (pesce, subacqueo, sommergibile...)

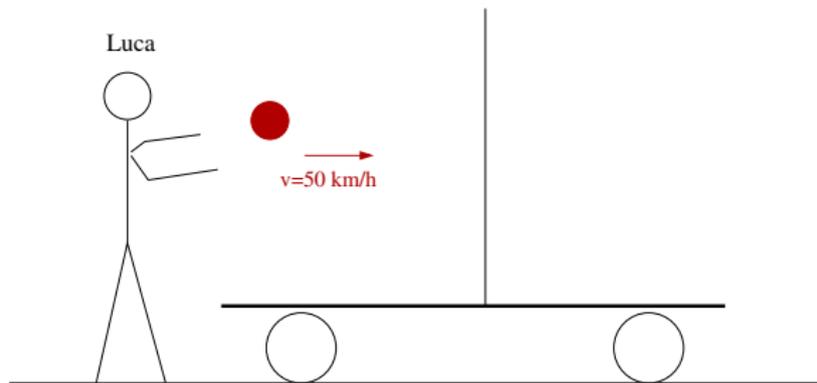
A cosa è dovuta la pressione?

Non abbiamo ancora spiegato a cosa è dovuta questa forza che un fluido esercita perpendicolarmente a una superficie.

A cosa è dovuta la pressione?

Non abbiamo ancora spiegato a cosa è dovuta questa forza che un fluido esercita perpendicolarmente a una superficie.

Cerchiamo di farlo con un esempio. Immaginiamo un carrello libero di scorrere su dei binari, con una parete verticale in mezzo. Da un lato del carrello il nostro amico Luca inizia a lanciare ogni secondo una pallina da tennis alla velocità di 50 km/h contro la parete.

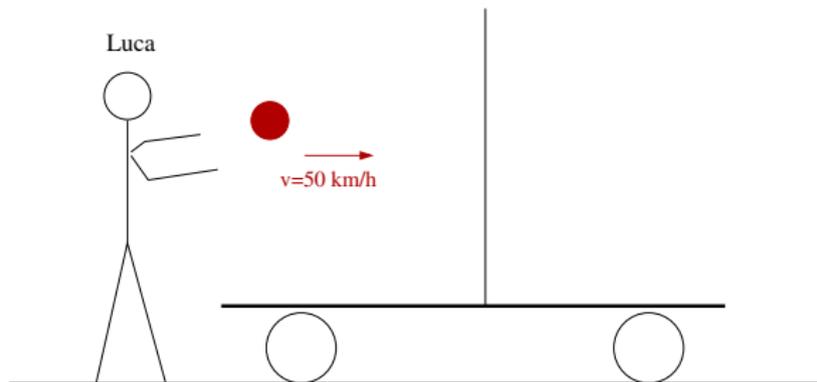


In che direzione si muoverà il carrello?

A cosa è dovuta la pressione?

Non abbiamo ancora spiegato a cosa è dovuta questa forza che un fluido esercita perpendicolarmente a una superficie.

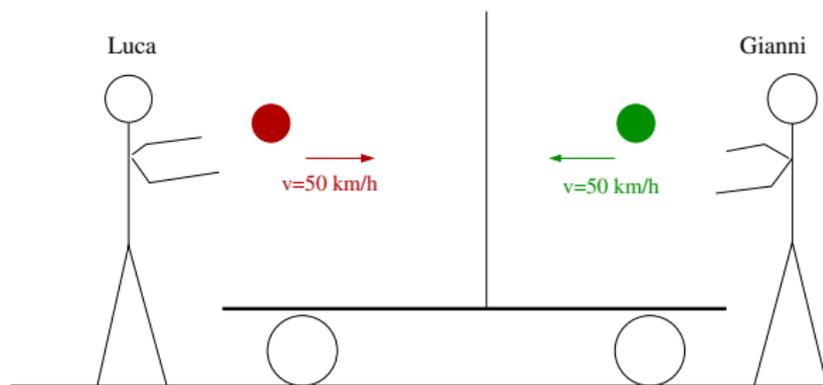
Cerchiamo di farlo con un esempio. Immaginiamo un carrello libero di scorrere su dei binari, con una parete verticale in mezzo. Da un lato del carrello il nostro amico Luca inizia a lanciare ogni secondo una pallina da tennis alla velocità di 50 km/h contro la parete.



In che direzione si muoverà il carrello? Ovviamente verso destra, **spinto dalle collisioni delle palline con la parete!**

A cosa è dovuta la pressione?

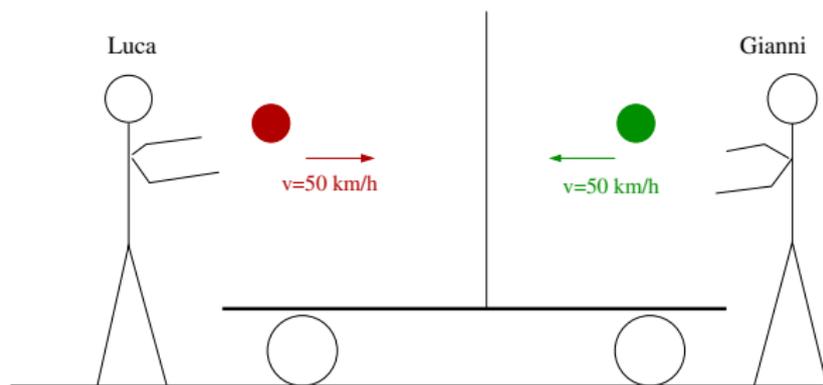
Immaginiamo ora che *dal lato opposto* del carrello si posizioni il nostro amico Gianni e che inizi anche lui a lanciare ogni secondo una pallina da tennis contro la parete alla stessa velocità di 50 km/h.



Da che parte si muoverà ora il carrello?

A cosa è dovuta la pressione?

Immaginiamo ora che *dal lato opposto* del carrello si posizioni il nostro amico Gianni e che inizi anche lui a lanciare ogni secondo una pallina da tennis contro la parete alla stessa velocità di 50 km/h.



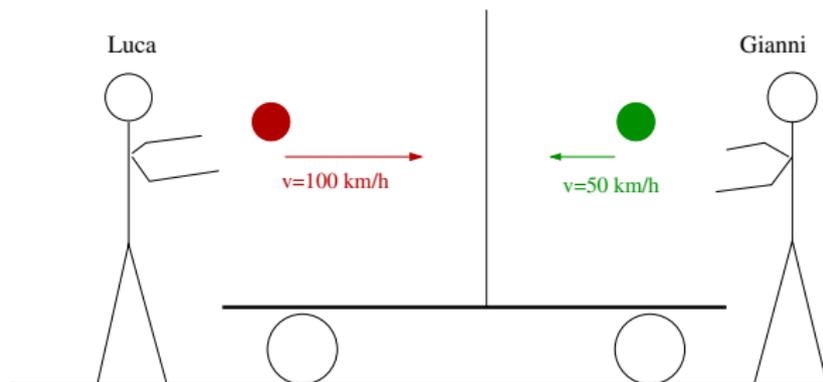
Da che parte si muoverà ora il carrello? Il carrello resterà fermo! Infatti, in media, ogni secondo la parete verticale sarà colpita:

- Da **una pallina** lanciata **verso destra** da Luca a **50 km/h**
- Da **una pallina** lanciata **verso sinistra** da Gianni a **50 km/h**

La *pressione* agente sui due lati della parete è la stessa!

A cosa è dovuta la pressione?

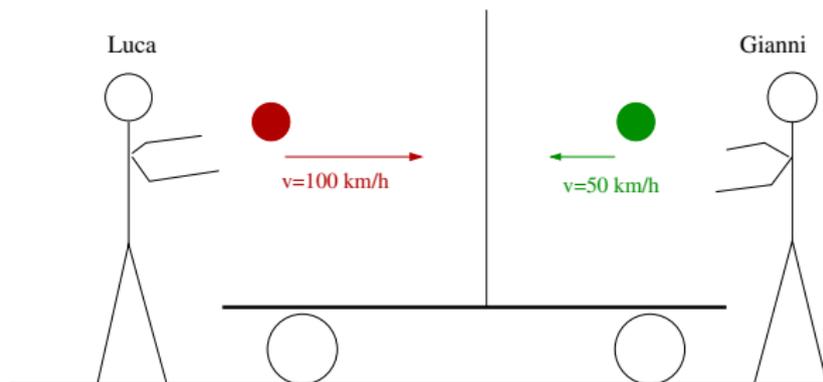
Immaginiamo ora Luca si metta a lanciare le sue palline (sempre una al secondo!) alla velocità di 100 km/h.



Da che parte si muoverà ora il carrello?

A cosa è dovuta la pressione?

Immaginiamo ora Luca si metta a lanciare le sue palline (sempre una al secondo!) alla velocità di 100 km/h.



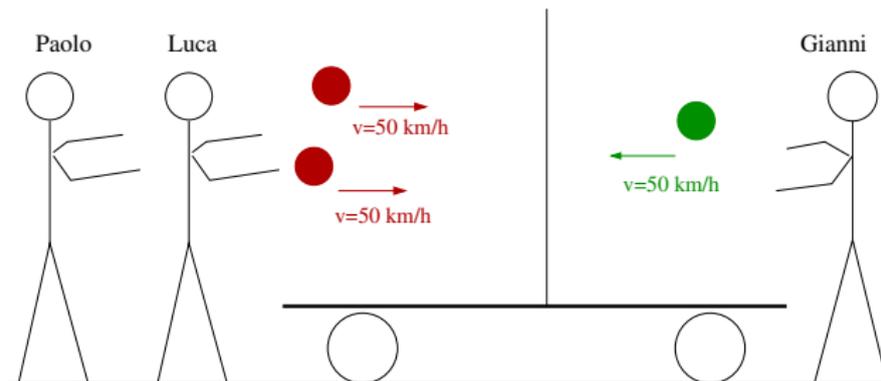
Da che parte si muoverà ora il carrello? Il carrello si muoverà *verso destra*! Infatti, in media, ogni secondo la parete verticale sarà colpita:

- Da **una pallina** lanciata **verso destra** da Luca a **100 km/h**
- Da **una pallina** lanciata **verso sinistra** da Gianni a **50 km/h**

La **pressione** dal lato di Luca è **maggiore** di quella dal lato di Giovanni!

A cosa è dovuta la pressione?

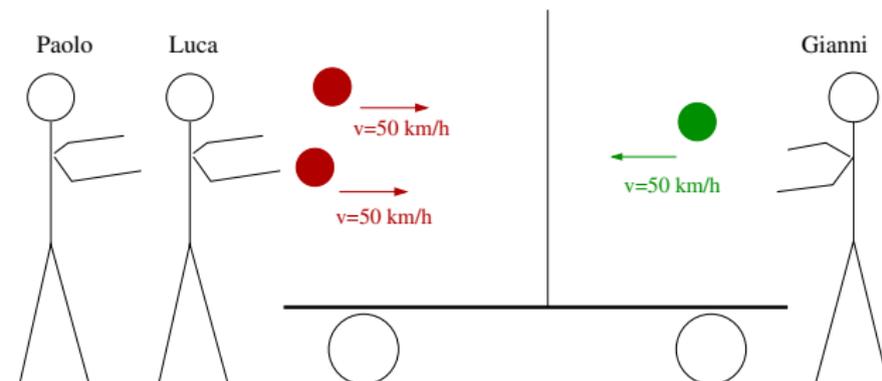
Immaginiamo ora che dal lato di Luca si aggiunga Paolo e *tutti e due* lancino una pallina al secondo alla velocità di 50 km/h



Da che parte si muoverà ora il carrello?

A cosa è dovuta la pressione?

Immaginiamo ora che dal lato di Luca si aggiunga Paolo e *tutti e due* lancino una pallina al secondo alla velocità di 50 km/h



Da che parte si muoverà ora il carrello? Il carrello si muoverà *verso destra*! Infatti, in media, ogni secondo la parete verticale sarà colpita:

- Da **due (!) palline** lanciate **verso destra** da Luca e Paolo a **50 km/h**
- Da **una pallina** lanciata **verso sinistra** da Gianni a **50 km/h**

La **pressione** dal lato di Luca è **maggiore** di quella dal lato di Giovanni!

La pressione di un gas

Possiamo ora passare dall'esempio precedente al comportamento di un gas attraverso il seguente "dizionario"

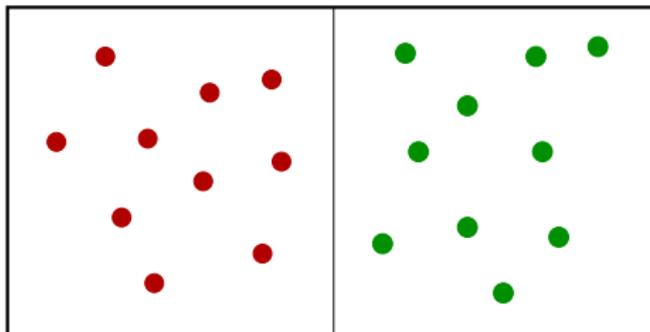
- **palline** → **particelle** (atomi o molecole) del gas;
- **velocità media** delle palline → **temperatura** del gas;
- **urti** delle palline contro le pareti → **pressione** del gas

La pressione di un gas

Possiamo ora passare dall'esempio precedente al comportamento di un gas attraverso il seguente "dizionario"

- **palline** → **particelle** (atomi o molecole) del gas;
- **velocità media** delle palline → **temperatura** del gas;
- **urti** delle palline contro le pareti → **pressione** del gas

Immaginiamo di mettere in un recipiente due gas, separati da una membrana, libera di scorrere *spinta da eventuali differenze di pressione*



T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

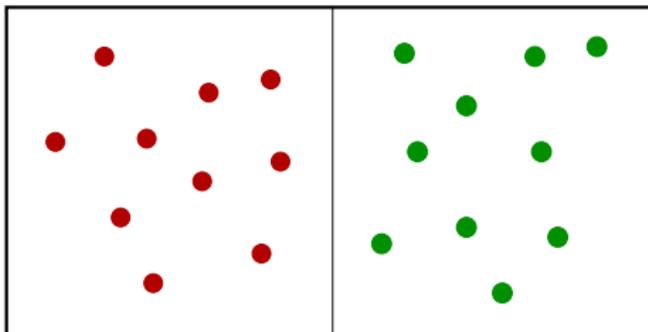
La membrana si muoverà? E se sì, in che direzione?

La pressione di un gas

Possiamo ora passare dall'esempio precedente al comportamento di un gas attraverso il seguente "dizionario"

- **palline** → **particelle** (atomi o molecole) del gas;
- **velocità media** delle palline → **temperatura** del gas;
- **urti** delle palline contro le pareti → **pressione** del gas

Immaginiamo di mettere in un recipiente due gas, separati da una membrana, libera di scorrere *spinta da eventuali differenze di pressione*



T=400 K (127 gradi), N=10 molecole

T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

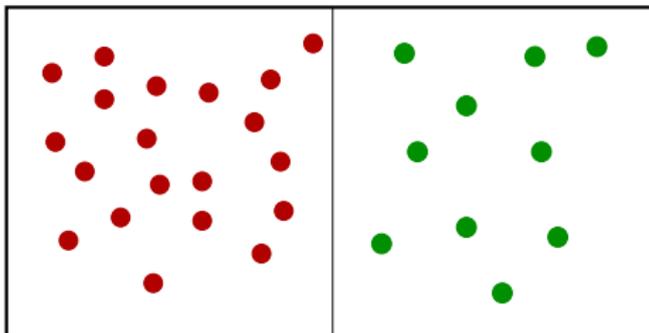
La membrana si muoverà? E se sì, in che direzione?

La pressione di un gas

Possiamo ora passare dall'esempio precedente al comportamento di un gas attraverso il seguente "dizionario"

- **palline** → **particelle** (atomi o molecole) del gas;
- **velocità media** delle palline → **temperatura** del gas;
- **urti** delle palline contro le pareti → **pressione** del gas

Immaginiamo di mettere in un recipiente due gas, separati da una membrana, libera di scorrere *spinta da eventuali differenze di pressione*



T=300 K (27 gradi), N=20 molecole

T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

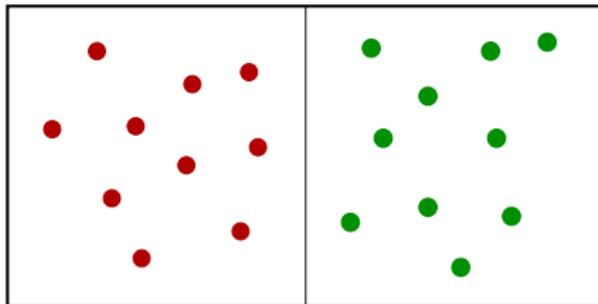
La membrana si muoverà? E se sì, in che direzione?

La pressione di un gas

Cerchiamo di approfondire i diversi casi di prima

La pressione di un gas

Cerchiamo di approfondire i diversi casi di prima



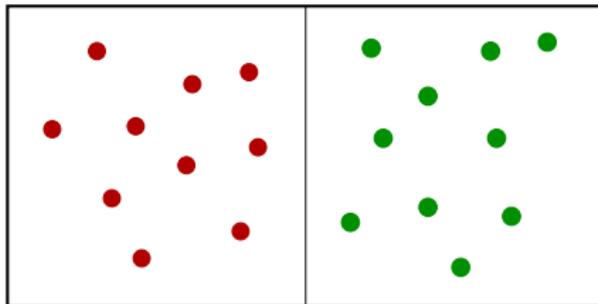
T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

- Ogni secondo in media i due lati della membrana sono colpiti dallo stesso numero di particelle, con la stessa velocità: membrana ferma!

La pressione di un gas

Cerchiamo di approfondire i diversi casi di prima



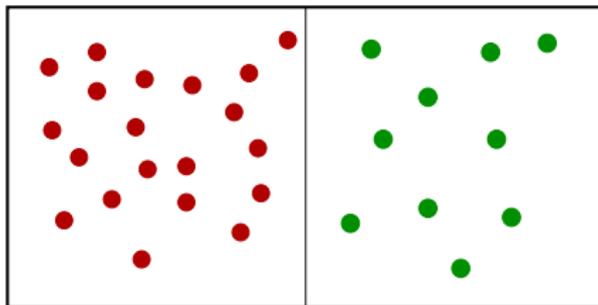
T=400 K (127 gradi), N=10 molecole

T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

- Ogni secondo in media i due lati della membrana sono colpiti dallo stesso numero di particelle, con la stessa velocità: membrana ferma!
- Ogni secondo in media i due lati della membrana sono colpiti dallo stesso numero di particelle, ma **da sinistra con velocità maggiore**: la membrana si sposterà verso destra!

La pressione di un gas

Cerchiamo di approfondire i diversi casi di prima



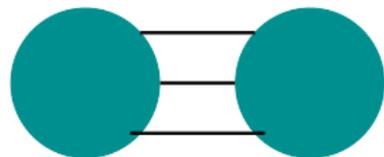
T=300 K (27 gradi), N=20 molecole

T=300 K (27 gradi), N=10 molecole

- Ogni secondo in media i due lati della membrana sono colpiti dallo stesso numero di particelle, con la stessa velocità: membrana ferma!
- Ogni secondo in media i due lati della membrana sono colpiti dallo stesso numero di particelle, ma **da sinistra con velocità maggiore**: la membrana si sposterà verso destra!
- I due lati della membrana sono colpiti da particelle con la stessa velocità media, ma **da sinistra** ogni secondo avverranno **in media il doppio degli urti**: la membrana si sposterà verso destra!

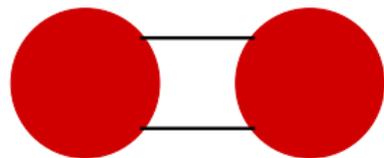
La pressione atmosferica

L'atmosfera che ci consente di respirare è una miscela di diversi gas, principalmente azoto e ossigeno. Entrambi sono costituiti da molecole formate da 2 atomi *legati* tra loro



Azoto (78%)

Velocità media: $\langle v \rangle = 500 \text{ m/s} = 1800 \text{ km/h}$



Ossigeno (21%)

In 1 m^3 d'aria ci sono *grosso modo* 3×10^{25} (3 seguito da 25 zeri! **30 milioni di miliardi di miliardi!**) molecole, che si muovono in media **più veloci di un aereo** (che fa "solo" i 900 km/h): questo spiega il grande valore della **pressione atmosferica**, pari a quella esercitata da una **colonna d'acqua** di 10 metri (**un palazzo di 3 piani!**).

Passiamo ora agli

ESPERIMENTI

e alla loro interpretazione

Prima esperienza: vasetto ribaltato



- Prendi un vasetto di yogurth (o un bicchiere) e riempilo d'acqua fino al bordo
- Coprilo con una superficie *piana impermeabile* (coperchio di un barattolo, carta da gioco...)
- Capovolgi il tutto: **il coperchio non cade!** Sai spiegare il perchè?

Prima esperienza: vasetto ribaltato



- Prendi un vasetto di yogurth (o un bicchiere) e riempilo d'acqua *fino al bordo*
- Coprilo con una superficie *piana impermeabile* (coperchio di un barattolo, carta da gioco...)
- Capovolgi il tutto: **il coperchio non cade!** Sai spiegare il perchè?

Dal lato superiore del barattolo agisce la **pressione dell'acqua** contenuta nel bicchiere (pochi centimetri d'altezza!). Dal lato inferiore agisce la **pressione atmosferica** (capace di sostenere fino a 10 metri d'acqua!)

Seconda esperienza: ciò che conta è la pressione!



- Prendi un tubicino di gomma, immergilo completamente in acqua facendo uscire l'aria
- Prendi poi due siringhe *di diametro differente* e aspira un po' d'acqua; collegale quindi agli estremi del tubicino
- Tieni una delle due siringhe e dà l'altra a un tuo compagno
- Provate ora a spingere lo stantuffo: chi vincerà?

Seconda esperienza: ciò che conta è la pressione!



- Prendi un tubicino di gomma, immergilo completamente in acqua facendo uscire l'aria
- Prendi poi due siringhe *di diametro differente* e aspira un po' d'acqua; collegale quindi agli estremi del tubicino
- Tieni una delle due siringhe e dà l'altra a un tuo compagno
- Provate ora a spingere lo stantuffo: chi vincerà?

Vincerà chi tiene la siringa di diametro più piccolo! Ciò che conta è la pressione, ovvero il rapporto tra la forza e l'area dello stantuffo.

Terza esperienza: bottiglia bucata



- Prendi una bottiglia d'acqua *aperta* e bucala con un ago: uscirà un getto d'acqua che descrive una *parabola*;
- A questo punto **tappa la bottiglia**: il **getto si arresterà**. **Perchè?**
- Se riapri la bottiglia il getto riparte.
- Se fai un secondo foro piu' in alto uscirà acqua anche da lì, ma il getto sarà più debole

Terza esperienza: bottiglia bucata



- L'acqua esce dal foro spinta dal peso dell'acqua sovrastante
($P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{ext}} > P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$)

Terza esperienza: bottiglia bucata



- L'acqua esce dal foro spinta dal peso dell'acqua sovrastante
($P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{ext}} > P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$)
- Se tappo la bottiglia il flusso si arresta quando $P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$
 $P_{\text{aria}}^{\text{int}} < P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$ poichè **all'interno l'aria è meno densa** (il numero di molecole non cambia, ma aumenta il volume)

Terza esperienza: bottiglia bucata



- L'acqua esce dal foro spinta dal peso dell'acqua sovrastante
($P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{ext}} > P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$)
- Se tappo la bottiglia il flusso si arresta quando $P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$
 $P_{\text{aria}}^{\text{int}} < P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$ poichè **all'interno l'aria è meno densa** (il numero di molecole non cambia, ma aumenta il volume)
- Se riapro la bottiglia ho di nuovo $P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$ e il flusso riprende

Terza esperienza: bottiglia bucata



- L'acqua esce dal foro spinta dal peso dell'acqua sovrastante
($P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{ext}} > P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$)
- Se tappo la bottiglia il flusso si arresta quando $P_{\text{acqua}} + P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$
 $P_{\text{aria}}^{\text{int}} < P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$ poichè **all'interno l'aria è meno densa** (il numero di molecole non cambia, ma aumenta il volume)
- Se riapro la bottiglia ho di nuovo $P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$ e il flusso riprende
- Il flusso da un secondo foro più in alto è più debole poichè l'altezza della colonna d'acqua sopra di esso è inferiore

Quarta esperienza: la “colonna d’acqua”



- Prendi una bottiglia *tappata*, ma con il *fondo segato*, e una bacinella piena d’acqua

Quarta esperienza: la “colonna d’acqua”



- Prendi una bottiglia *tappata*, ma con il *fondo segato*, e una bacinella piena d’acqua
- Immergi totalmente la bottiglia in modo che si riempia completamente d’acqua

Quarta esperienza: la “colonna d’acqua”



- Prendi una bottiglia *tappata*, ma con il *fondo segato*, e una bacinella piena d’acqua
- Immergi totalmente la bottiglia in modo che si riempia completamente d’acqua
- A questo punto alza la bottiglia: l’acqua continuerà a riempire completamente la bottiglia, rimanendo a un **livello più alto di quello della bacinella!** Cosa impedisce alla bottiglia di svuotarsi innalzando il livello d’acqua della bacinella?

Quarta esperienza: la “colonna d’acqua”



- Prendi una bottiglia *tappata*, ma con il *fondo segato*, e una bacinella piena d’acqua
- Immergi totalmente la bottiglia in modo che si riempia completamente d’acqua
- A questo punto alza la bottiglia: l’acqua continuerà a riempire completamente la bottiglia, rimanendo a un **livello più alto di quello della bacinella!** Cosa impedisce alla bottiglia di svuotarsi innalzando il livello d’acqua della bacinella?

Ad impedirlo è la pressione atmosferica, cioè i milioni di miliardi di miliardi di molecole d’aria che urtano la superficie d’acqua alla velocità di 1800 km/h

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- Chiudi la bottiglia con il palloncino

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- Chiudi la bottiglia con il palloncino
- Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- Chiudi la bottiglia con il palloncino
- Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas
- Immergi la bottiglia nell'acqua: il palloncino si gonfia

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- Chiudi la bottiglia con il palloncino
- Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas
- Immergi la bottiglia nell'acqua: il palloncino si gonfia
- Togli la bottiglia e mettila sotto il getto di acqua fredda del rubinetto: il palloncino si sgonfia

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Prendi una bottiglia di vetro e un palloncino
- Chiudi la bottiglia con il palloncino
- Metti una pentola d'acqua a scaldare sul gas
- Immergi la bottiglia nell'acqua: il palloncino si gonfia
- Togli la bottiglia e mettila sotto il getto di acqua fredda del rubinetto: il palloncino si sgonfia

Vuoi provare a spiegarlo?

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia

- Inizialmente dentro la bottiglia c'è aria alla stessa temperatura e pressione dell'atmosfera circostante



Quinta esperienza: palloncino che si gonfia

- Inizialmente dentro la bottiglia c'è aria alla stessa temperatura e pressione dell'atmosfera circostante
- Immergendo la bottiglia nell'acqua calda, la temperatura dell'aria nella bottiglia aumenta e le molecole d'aria, muovendosi più velocemente esercitano una pressione maggiore sulla membrana del palloncino



Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Inizialmente dentro la bottiglia c'è aria alla stessa temperatura e pressione dell'atmosfera circostante
- Immergendo la bottiglia nell'acqua calda, la temperatura dell'aria nella bottiglia aumenta e le molecole d'aria, muovendosi più velocemente esercitano una pressione maggiore sulla membrana del palloncino
- A un certo punto il palloncino non si gonfia più, perché l'aria al suo interno, pur più calda, è diventata meno densa e gli urti con le pareti avvengono meno frequentemente: $P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$

Quinta esperienza: palloncino che si gonfia



- Inizialmente dentro la bottiglia c'è aria alla stessa temperatura e pressione dell'atmosfera circostante
- Immergendo la bottiglia nell'acqua calda, la temperatura dell'aria nella bottiglia aumenta e le molecole d'aria, muovendosi più velocemente esercitano una pressione maggiore sulla membrana del palloncino
- A un certo punto il palloncino non si gonfia più, perché l'aria al suo interno, pur più calda, è diventata meno densa e gli urti con le pareti avvengono meno frequentemente: $P_{\text{aria}}^{\text{int}} = P_{\text{aria}}^{\text{ext}}$
- raffreddando la bottiglia, la temperatura diminuisce, le molecole rallentano ed esercitano meno pressione