



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Docente:
Michele Doro
michele.doro@unipd.it

Corso di Fisica STAG 2020/21

Fluidostatica – Legge Stevino e Spinta Archimede

Fluidi



- Finora abbiamo parlato di punti e corpi estesi, facendo ipotesi che i corpi mantenessero la forma...
 - Moto centro di massa (traslazione, rotazione)
 - Moto rispetto al centro di massa (rotazione)
- Per fluido si intende una sostanza che può “scorrere su se stessa” e quindi non mantiene la propria forma
 - **Fluido = liquido [il volume è costante]**
 - **Fluido = gas [il volume varia facilmente]**
- Domande:
 - Come facciamo a studiare il moto di un fluido, in cui non il centro di massa si sposta continuamente?
 - Ma poi, cosa è che caratterizza e distingue un liquido da un gas (e da un solido)?

Stati aggregazione della materia



ALTRI STATI: plasma, etc

- Stato solido, liquido o gassoso,
 - dipende da condizione esterne di pressione e temperature
 - relazione tra posizione dei costituenti (atomi o molecole)
- Stati
 - **SOLIDO**: costituenti vicini e distanze bloccate
 - **LIQUIDO**: costituenti vicini ma che possono “scorrere”
 - **GAS**: costituenti distanti, non sentono attrazione tra loro

Distanze tra costituenti - solidi

- La dimensione esterna di un atomo (ossia il “raggio atomico”) è di circa:

$$R_0 \sim [10^{-10} - 10^{-9}] \text{ m}$$

- La dimensione del nucleo all’interno di un atomo è dell’ordine di circa:

$$\sim [1 - 10] \text{ fm (femtometri), ovvero } 10^{-15} \text{ m}$$

- Solido:

- le distanza tra i costituenti è poco superiore a R_0 , sono quindi molto compatti, quindi hanno alta densità
- i legami elettrostatici sono così forti che bloccano le distanze
- Struttura può essere cristallina o amorfa
- A seconda del legame si classificano in metallici, molecolari, covalenti, ionici, proprietà fisiche diverse
- Volume e forma propria
- Incomprimibili



Liquidi



- Liquidi:
 - Anche in questo caso la distanza tra i costituenti è poco superiore a R_0 , sono quindi molto compatti, quindi hanno alta densità
 - C'è scorrimento, i legami tra costituenti e molecole sono poco intensi
 - Volume proprio
 - Non hanno forma propria
 - Incomprimibili

Quante molecole d'acqua in un bicchiere?



- Input
 - Un litro d'acqua pesa 1 kg e occupa volume di 1 dm³.
 - Un bicchiere contiene 0.1 kg = 0.1 dm³
 - Una molecola d'acqua è fatta da 18 tra protoni e neutroni (2 per H, 16 in O).
 - Un protone/neutrone (nucleone) pesa circa 1.67x10⁻²⁷ kg quindi una molecola d'acqua pesa 18 · (1.67 × 10⁻²⁷) = 3 × 10⁻²⁶ kg
- In un bicchiere di acqua ci sono $n = \frac{0.1 \text{ kg}}{3 \times 10^{-26}} = 3.3 \times 10^{24}$ molecole di acqua*

* Negli oceani ci sono 1.39 10²¹ litri di acqua, quindi ci sono più molecole di acqua in un bicchiere che litri di acqua negli oceani

Aeriforme o gas



- Gas
 - La distanza tra i costituenti è ora invece molto suscettibile alle temperatura/pressione esterna, e molto superiore (100x, 1000x, o più) di R_0 , sono quindi molto liberi
 - Non ha volume proprio, si espandono indefinitamente
 - Non hanno forma propria
 - Compressione molto facile

Quanto 'pesa' un bicchiere d'aria?

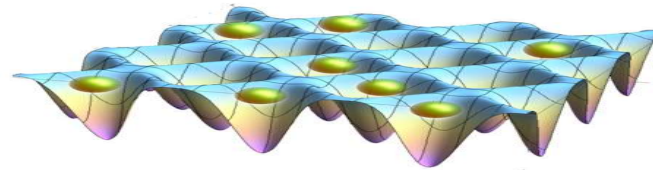
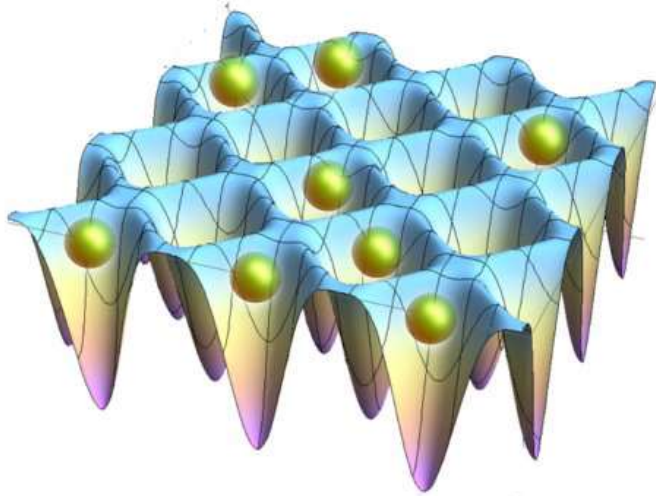


- Dati
 - L'aria ha una densità di circa 1000 volte meno dell'acqua
 - Un bicchiere ha un volume di 0.1 litri
 - 1 litro d'acqua pesa 1 kg, 0.1 litri d'acqua pesano 0.1kg=100g, aria pesa 1000 volte in meno
- Risposta: $m_{\text{bicchiere}} = \frac{100g}{1000} = 0.1 g$
- La massa d'aria in un bicchiere è circa 0.1g.

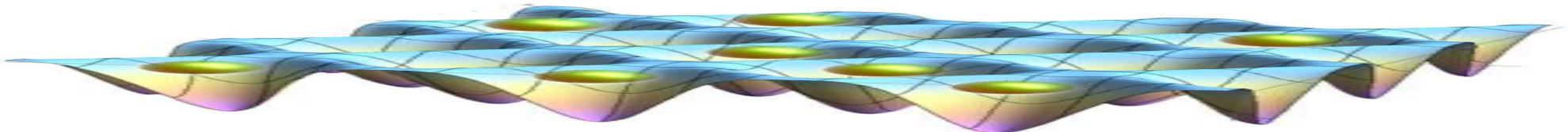
Stati di aggregazione della materia

	Solidi	Liquidi	Aeriforme
Volume	proprio	proprio	occupa tutto il volume disponibile
Forma	propria	assume la forma del recipiente	assume la forma del recipiente
Densità	alta	media	bassa
Effetto della pressione	incomprimibile (a pressioni non elevate)	incomprimibile (a pressioni non elevate)	comprimibile

Come visualizzarlo



- Solido: coni stretti e profondi
- Liquido: coni stretti ma poco profondi
- Gas: piatto



Grandezze per lo studio dei fluidi



- Nel caso dei solidi, le grandezze principali che usavamo:
 - Massa e momento di Inerzia
 - Forza
 - Accelerazione
- Nel caso dei fluidi, visto che la forma cambia (gas e liquido) e il volume cambia (gas), conviene usare una grandezza che avevamo già incontrato. La **densità**

$$\rho = \frac{massa}{volume} = \frac{kg}{m^3}$$

- Si legge
 - massa di un volume unitario
 - massa per unità di volume
 - Massa diviso volume

$$\rho_{SOLIDO} \sim \rho_{LIQUIDO}$$

$$\rho_{LIQUIDO} > \rho_{GAS}$$

Conversioni

$$\begin{aligned}1\text{ m} &= 10\text{ dm} \\1\text{ m}^2 &= 100\text{ dm}^2 = 10^2\text{ dm}^2 \\1\text{ m}^3 &= 1000\text{ dm}^3 = 10^3\text{ dm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1\text{ dm} &= 0.1\text{ m} \\1\text{ dm}^2 &= 0.01\text{ m}^2 = 10^{-2}\text{ m}^2 \\1\text{ dm}^3 &= 0.001\text{ m}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3\end{aligned}$$

- In sostanza calcolo numero di ordini di grandezze tra due misure e
 - Elevo al quadrato per aree
 - Elevo al cubo per volume
- Esempio: $1.23\text{ cm}^3 = 1.23 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 = 1.23 \cdot 10^{-6}\text{ m}^3$
- Esempio: $1.23\text{ m}^2 = 1.23 \cdot 10^2\text{ dm}^2 = 1.23 \cdot 10^4\text{ cm}^2$

Confronto densità

Sostanza	Densità (kg/m ³)
Oro	19 300
Mercurio	13 600
Piombo	11 300
Argento	10 500
Ferro	7860
Alluminio	2700
Legno (ebano)	1220
Glicol etilenico (antigelo)	1114
Sangue (a 37 °C)	1060

Acqua di mare	1025
Acqua dolce	1000
Olio d'oliva	920
Ghiaccio	917
Alcol etilico	806
Legno (ciliegio)	800
Legno (balsa)	120
Polistirolo espanso	100
Ossigeno	1,43
Aria	1,29
Elio	0,179

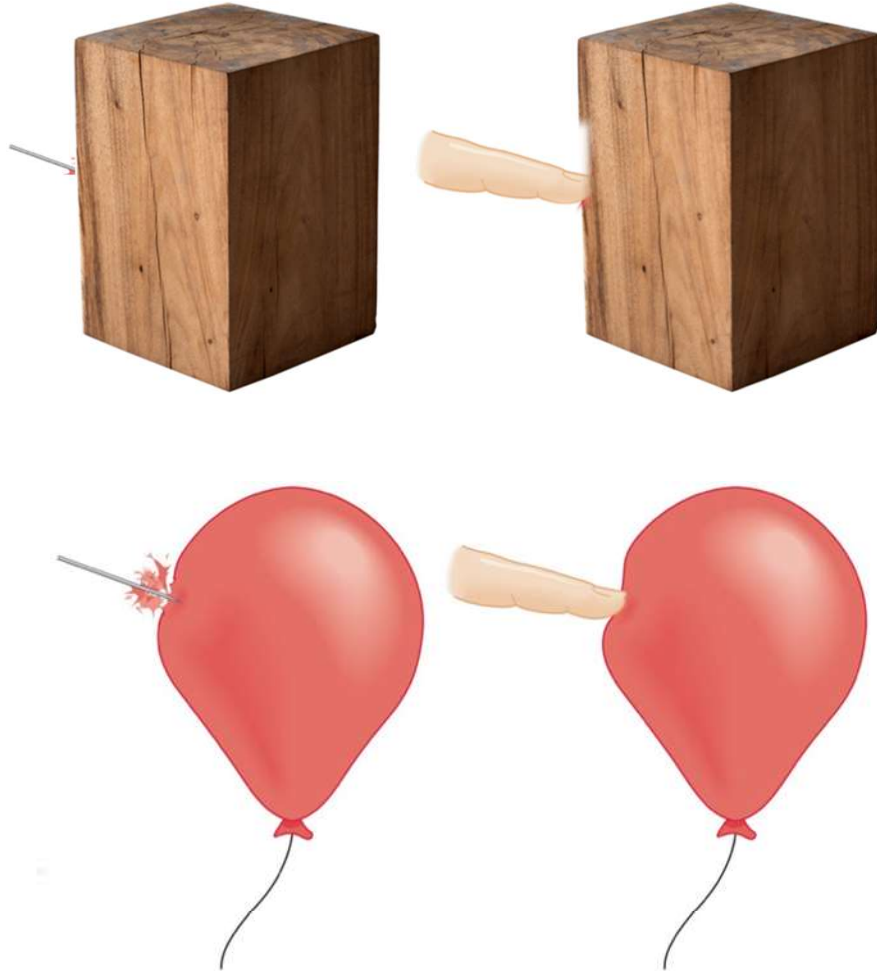
$$\rho_{SOLIDO} \sim \rho_{LIQUIDO}$$

$$\rho_{LIQUIDO} > \rho_{GAS}$$



Pressione esterna e idrostatica (interna)

Forza → pressione



- Se spingiamo un blocco di legno con un chiodo o con un dito, l'effetto sul blocco di legno non cambia molto, il blocco si sposta
- Ma cosa succede se spingiamo un palloncino con un chiodo?
- Non conta solo la forza, ma la forza e la superficie su cui agisce la forza → pressione

$$○ P = \frac{\text{forza}}{\text{superficie}} = \frac{N}{m^2} = \text{Pascal}$$

Forza e pressione

- A parità di forza, a seconda dell'area su cui viene applicata, l'effetto cambia

► con le racchette affonda poco, perché il suo peso si distribuisce sulla superficie della racchetta.

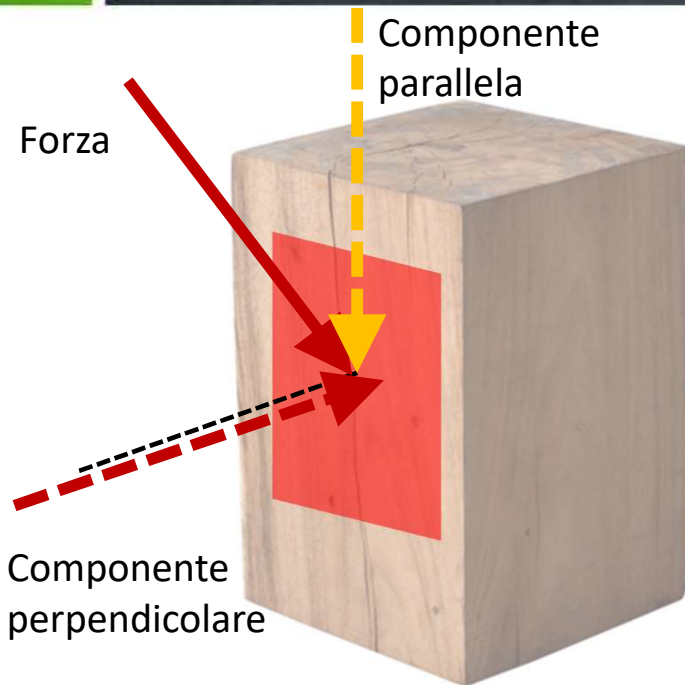


► Se ha solo le scarpe, affonda di più, perché la superficie di appoggio è decisamente minore.



$$P = \frac{mg}{area}$$

Forza perpendicolare



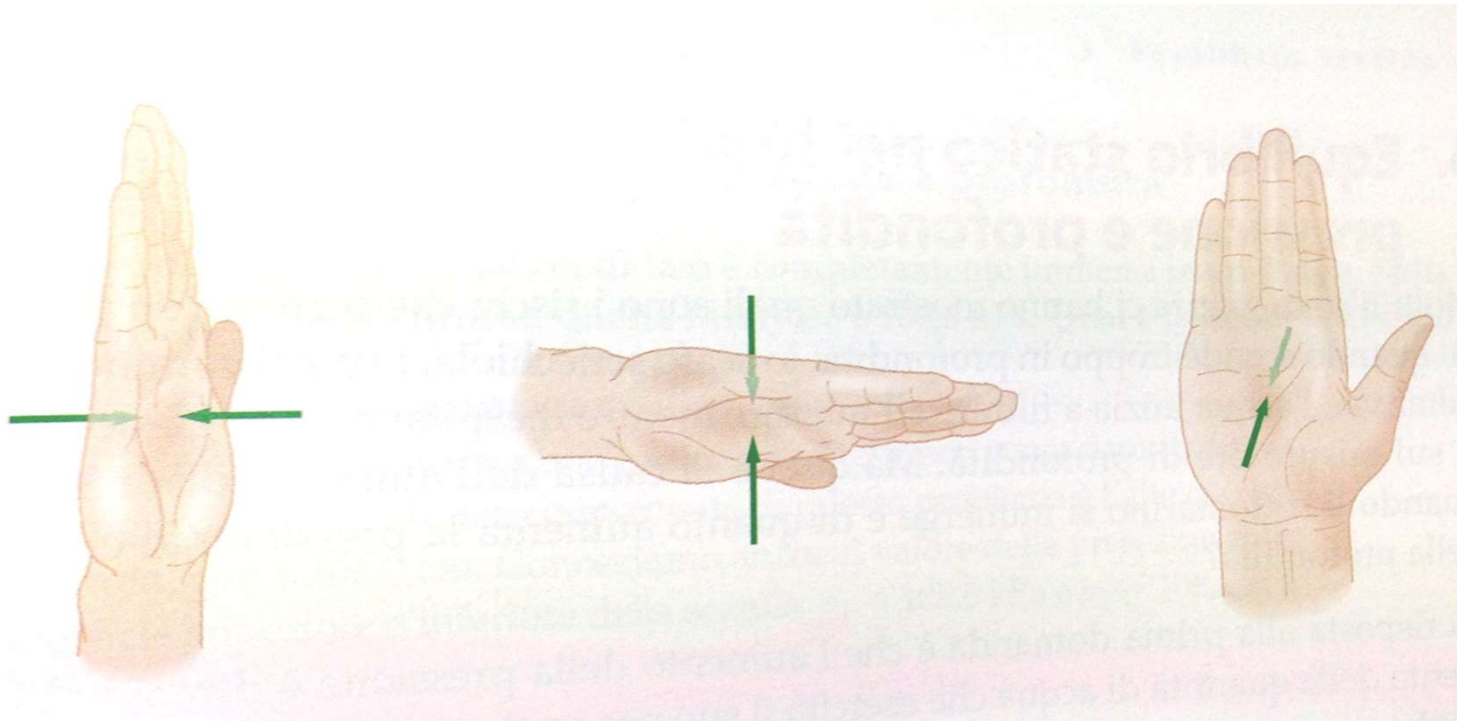
- Se esercitiamo una forza parallelamente alla superficie, non “spingiamo” niente
- Solo la componente perpendicolare della forza “spinge”

- Quindi per pressione si intende sempre

$$P = \frac{\text{forza perpendicolare}}{\text{superficie}}$$

- Quindi **la pressione** non è una **grandezza** vettoriale ma **scalare**

Pressione non ha direzione

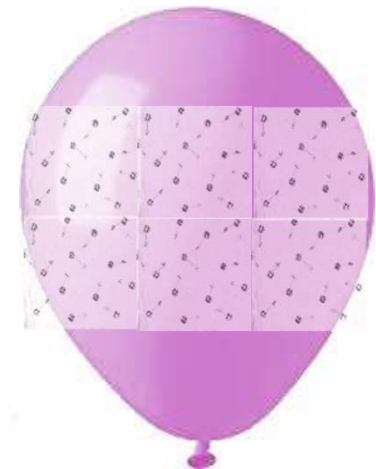


- La pressione dell'aria non ha direzione, ha un valore in un punto

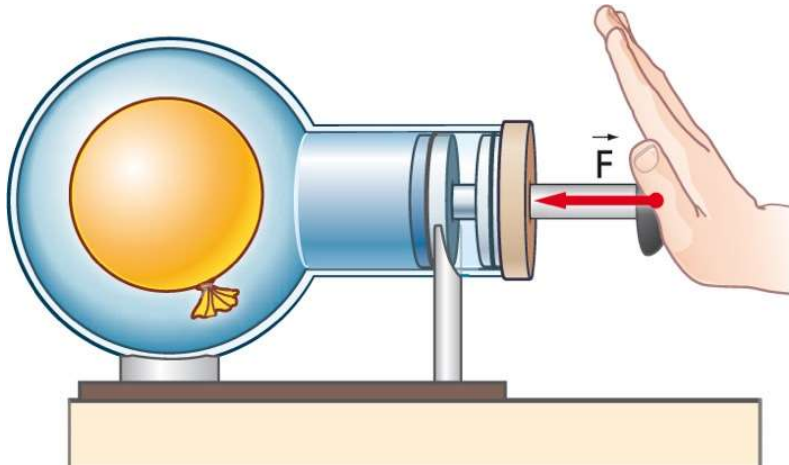
La pressione di un fluido



- Quando riempiamo un palloncino di aria o di acqua (fluidi), si gonfia in maniera più o meno sferica:
 - la pressione spinge da tutte le parti
- La pressione è unica al suo interno*
- Ma cosa è che generare la pressione del fluido?
 - Le molecole di gas si agitano a grande frequenza: i loro urti determinano pressione interna
 - Pressione è isotropica perché urti sono casuali e in ogni direzione

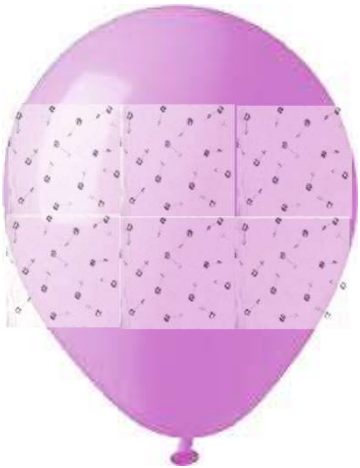


Principio di Pascal



- Un aumento nella pressione in un punto **di** un fluido confinato, viene trasmesso anche ad ogni punto del contenitore.
 - Nell'esempio a fianco, se aumento pressione aria esterna al palloncino, il palloncino si rimpicciolisce ma rimane sferico

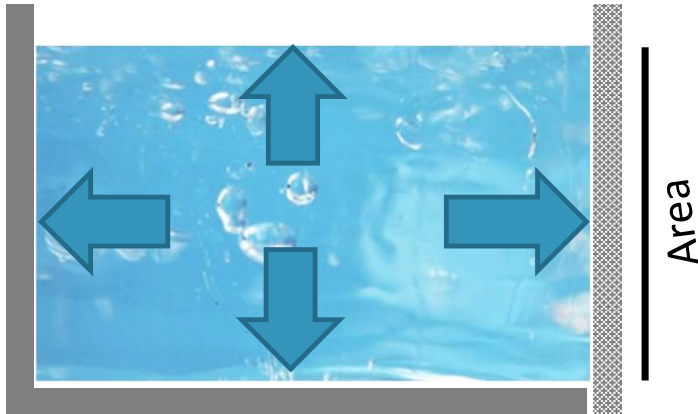
Palloncini e pentole – temperature e pressione



- La pressione che si genera nel palloncino è lo stesso fenomeno che avviene nella pentola a pressione
 - Atom e molecole di gas che si agitano
- Vedremo più avanti nel corso, che questa agitazione è detta **agitazione termica**, ed è legata alla temperatura
 - Intuiamo già che **maggior temperatura, maggiore pressione**
- se non ci fossero le il gas si disperderebbe --> pressione è anche legata al volume del contenitore (questo vale solo per gas)
 - Pressione per i gas e per liquidi ha effetti in parte diversi

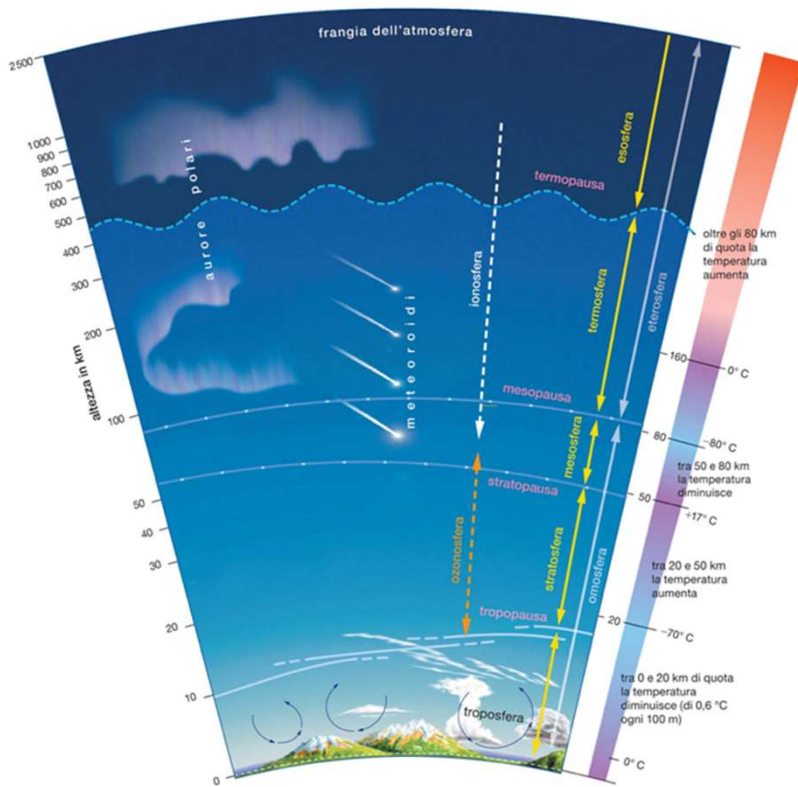


Pressione di un liquido

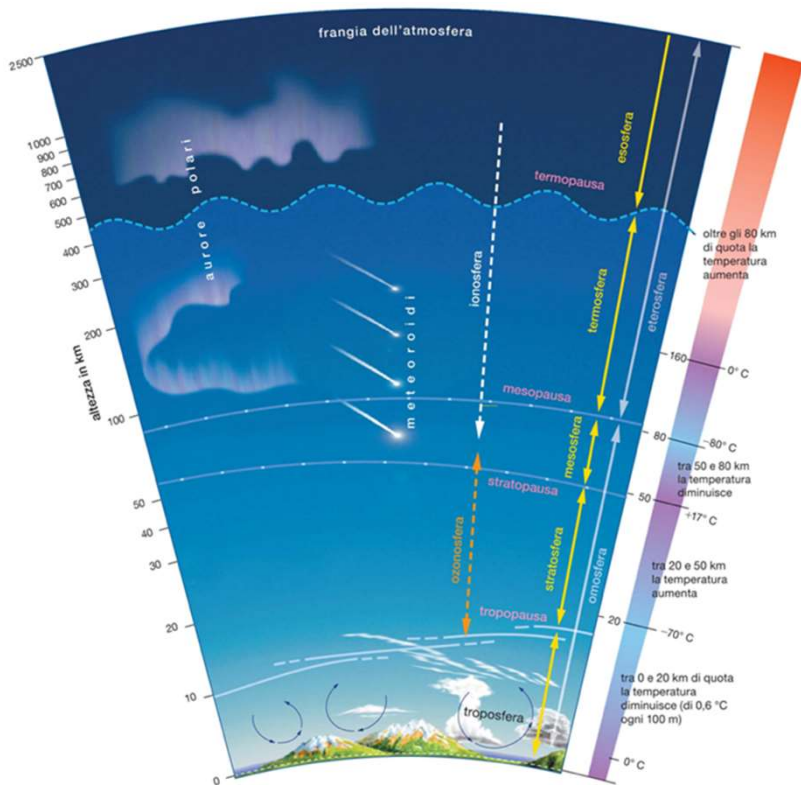


- Per i gas è facile immaginare la pressione perché le molecole sono libere di muoversi, nei liquidi sono solo libere di scorrere
- Come immaginiamo la pressione di un liquido?
 - La spinta del liquido sulla parete destra
 $P = F/A$
 - è la forza/area con cui si muoverebbero le parti di acqua se la parete mobile fosse tolta

Pressione atmosferica



- Attorno a noi in questo momento c'è aria (fluido) ad un certa pressione
- Questo valore è detto Pressione atmosferica, essa può variare
 - Da zona a zona
 - Da momento a momento
 - Periodi dell'anno
 - Altezza rispetto al mare
- Si definisce un valore standard di riferimento pari a
$$p_{at} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 101 \text{ kPa}$$
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \approx 1 P_{at}$$
- Cosa genera pressione? perché varia?



- Abbiamo visto che le particelle di un gas se non hanno un volume che le trattiene, tendono a scappare via
- Cosa trattiene le molecole di aria sulla terra?
 - La forza di gravità
- Però le molecole in alto vengono accelerate verso il basso, e cadono. Si fermano nella loro caduta perché vengono respinte dalla pressione
 - $P_{atmosferica} = \frac{Pes_{colonna-aria-sopra}}{m^2}$
- La pressione **in un gas** è quindi la “spinta” ad espandersi

Bottiglia piena bottiglia vuota



- Se abbiamo in zaino una bottiglia di acqua mezza vuota, e scendiamo di quota, la bottiglia si gonfia o si sgonfia? perché?
 - Pressione interna rimane costante
 - Pressione esterna aumenta
 - La bottiglia si comprime
- E se c'è liquido?
- Esiste anche una formula matematica per calcolare la pressione atmosferica in atmosfere (P) in funzione dell'altezza in metri (m): $P = 0.9877 \frac{m}{100}$

Altitudine in metri	Percentuale di 1 atm
1 000	88,6
2 000	78,5
4 000	60,8
6 000	46,5
8 000	35,0
10 000	26,0
15 000	11,5
20 000	6,9
30 000	1,2
48 500	0,1
69 400	0,01