



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

AGGIORNAMENTI

Giochiamo con i fluidi!

Alice Campani e Marco Bonici

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Genova

OBIETTIVI DI QUESTO INCONTRO

- Imparare ed osservare direttamente alcune delle **proprietà dei fluidi**, in particolare
 - Solidi/liquidi/gas: cosa li differenzia?
 - Pressione, definizione e il caso dei gas - la pressione atmosferica
 - Modello microscopico (cinetico) di un gas (ideale)
 - Galleggiamento e spinta di Archimede
 - Proprietà dell'acqua e tensione superficiale
 - Vasi comunicanti
 - Curiosità...
 - Altre esperienze che potreste proporre ai ragazzi!

MODALITÀ DI QUESTO INCONTRO

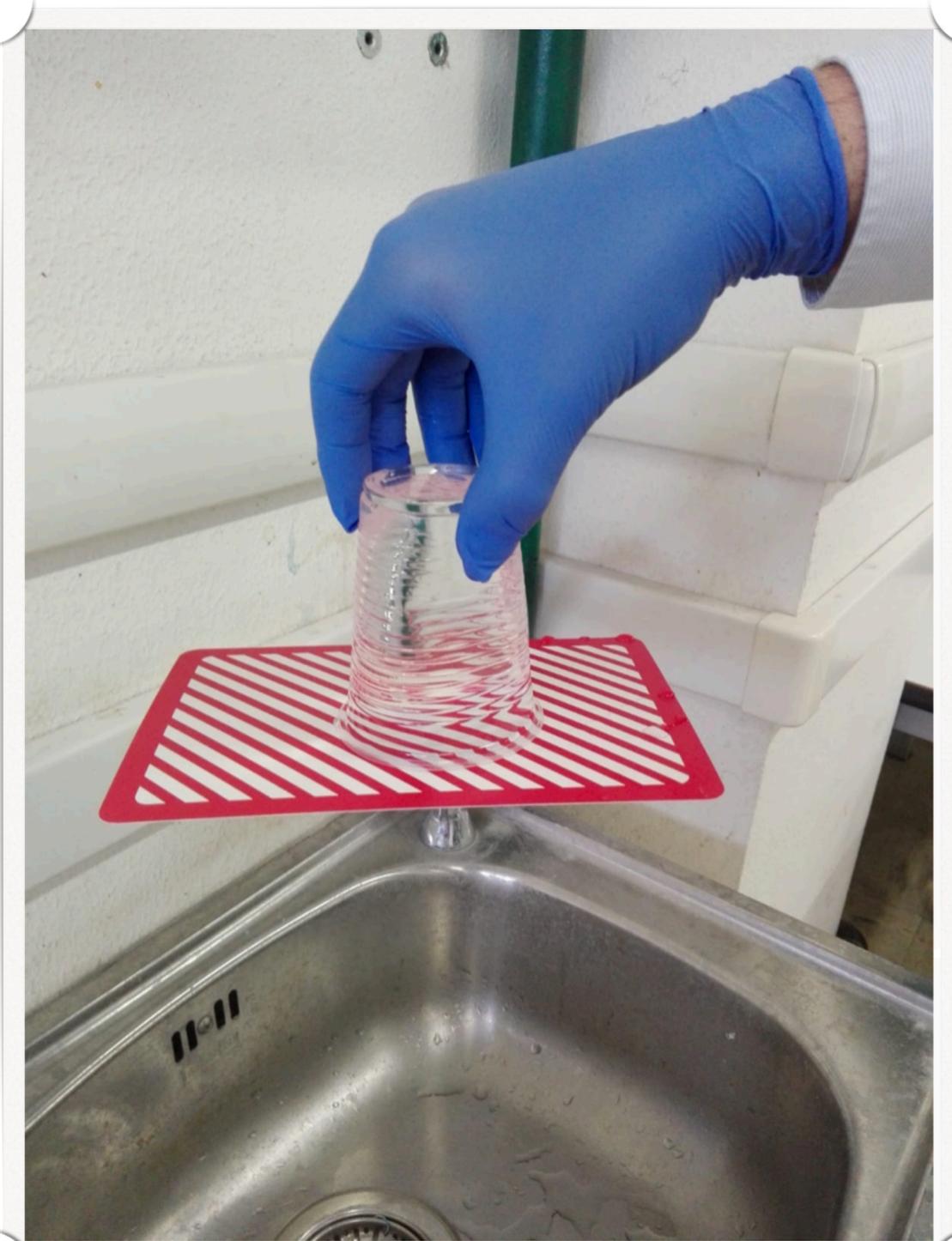
- Iniziamo con una introduzione teorica abbastanza generale sulle caratteristiche dei fluidi in cui spiegheremo alcune delle cose che andremo poi in momenti diversi ad osservare
- Passiamo poi alla parte pratica con alcuni piccoli esperimenti, che commenteremo man mano
- Nella seconda parte, dalle esperienze dedurremo altre proprietà interessanti di liquidi, in particolare l'acqua (con qualche riferimento alla chimica...)

ESPERIMENTI

PRIMA ESPERIENZA: LA PRESSIONE ATMOSFERICA

Procedimento:

1. Prendi un vasetto di yogurt oppure un bicchiere (vetro o plastica è indifferente)
2. Riempilo completamente d'acqua fino al bordo
3. Coprilo con una superficie piana impermeabile (coperchio di un barattolo o in questo caso una carta da gioco..)
4. Capovolgilo tenendolo dal fondo
5. Cosa succede?
6. Perché il coperchio non cade e l'acqua non si rovescia?

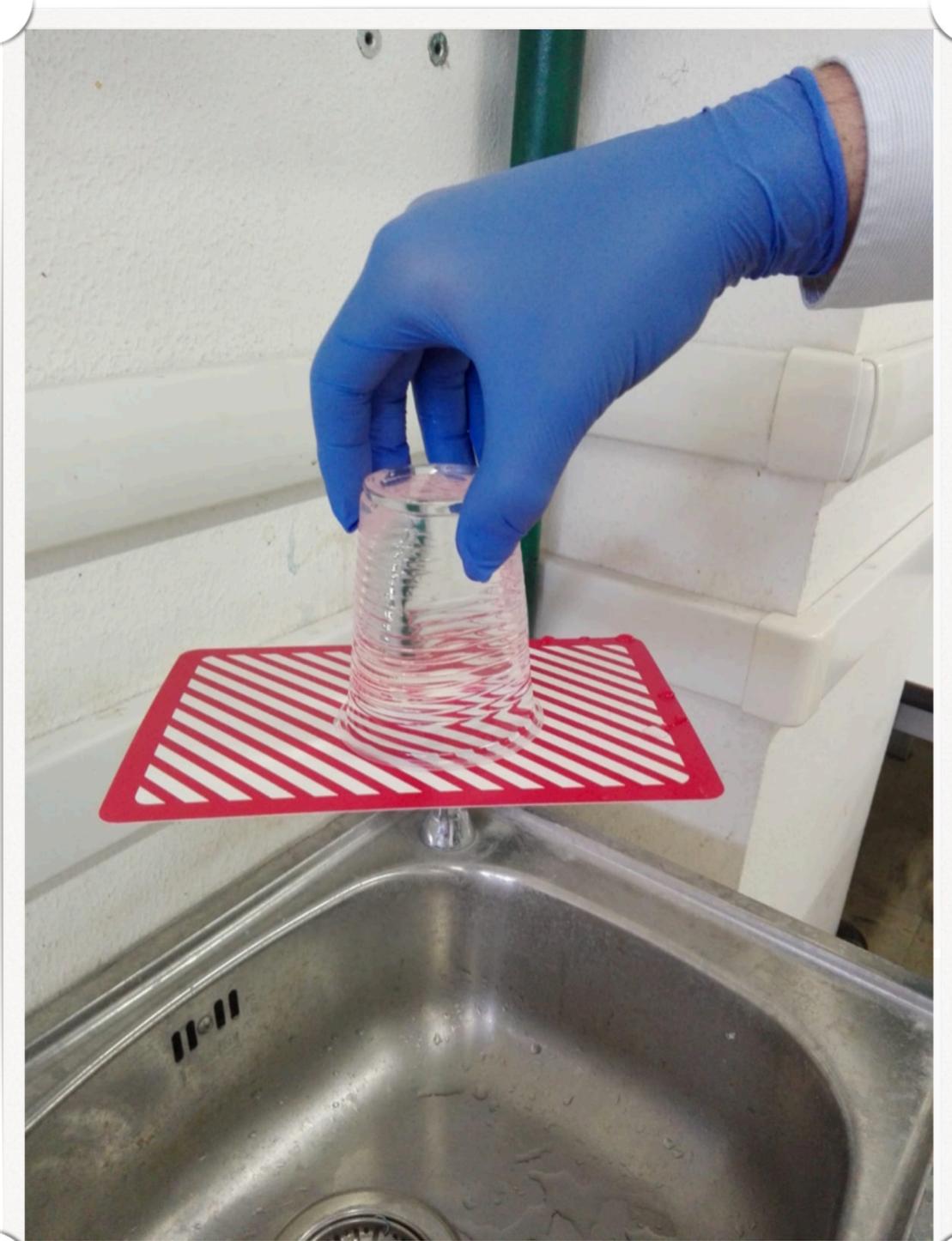


PRIMA ESPERIENZA: LA PRESSIONE ATMOSFERICA

Spiegazione:

Il bicchiere è immerso nell'aria della stanza. L'aria esercita una *pressione* in tutte le direzioni, quindi ogni superficie del bicchiere è sottoposta ad una *forza* notevole. Questo vale anche per la superficie coperta dalla carta da gioco. Se analizziamo la situazione dal punto di vista *dinamico*, ci rendiamo conto che l'acqua nel bicchiere è sottoposta a due forze: la forza peso dell'acqua (che spinge verso il basso) e la forza dovuta alla pressione dell'aria (che spinge verso l'alto).

L'acqua non si muove perchè la forza dovuta alla pressione dell'aria è molto maggiore della forza peso.



PRIMA ESPERIENZA: LA PRESSIONE ATMOSFERICA

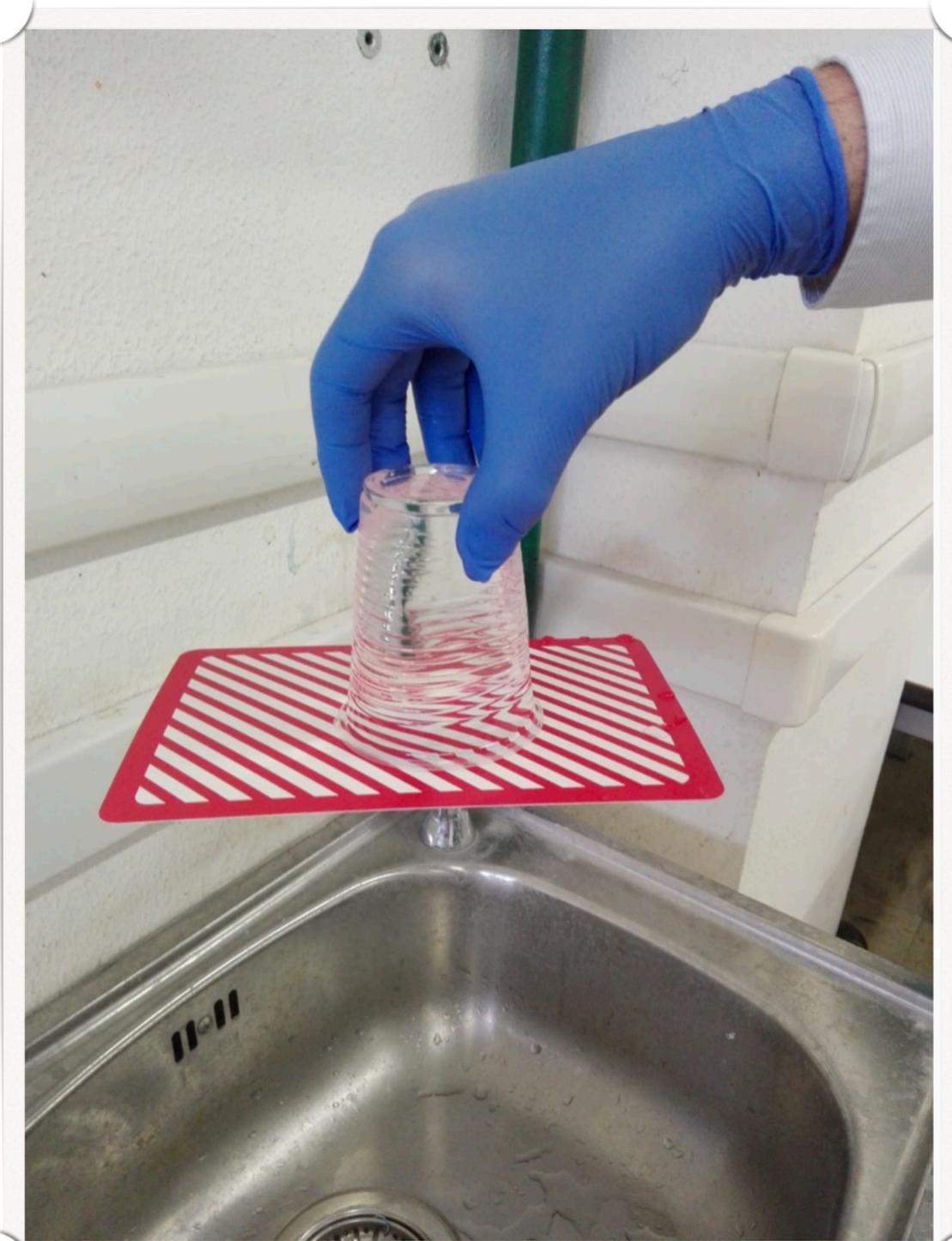
Approfondimento:

L'esperienza funziona anche se il bicchiere non è pieno d'acqua?

Sì e per due motivi:

- Se un po' d'acqua esce, il cartoncino si flette, un po' d'aria entra e *si espande*, la pressione interna esercitata dalla colonna d'acqua diminuisce;
- Se la carta è bagnata sui bordi, la *tensione superficiale* dell'acqua agisce (vedremo fra un po' in cosa consiste) tenendo incollato il fondo del bicchiere al cartoncino.

Abbiamo detto che le forze in gioco sono molto diverse, quanto?



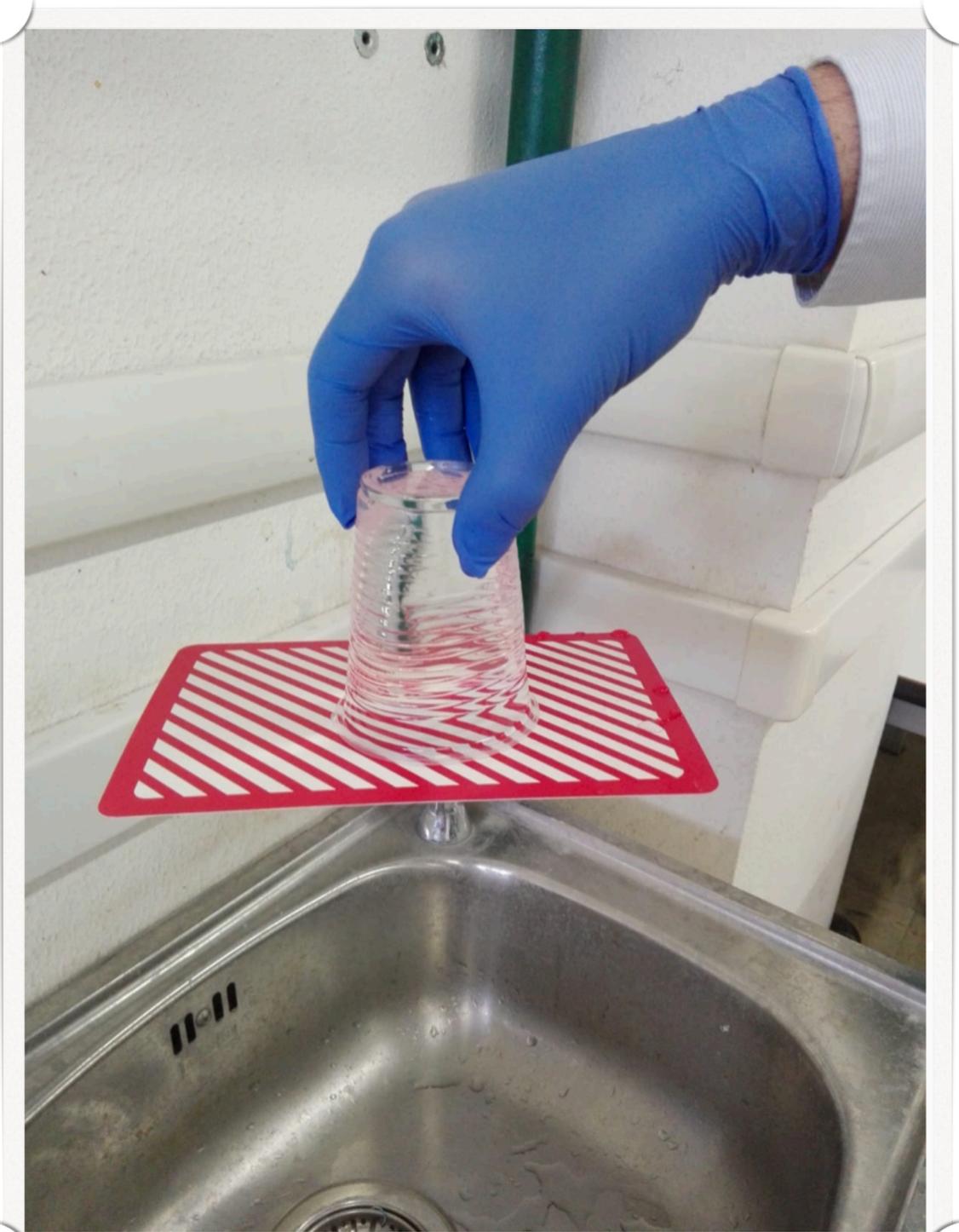
PRIMA ESPERIENZA: LA PRESSIONE ATMOSFERICA

Approfondimento:

Abbiamo detto che le forze in gioco sono molto diverse, quanto?

Facciamo qualche conto.

Un bicchiere normale contiene fra i 200 e i 250 ml di liquido. La *densità* dell'acqua a temperatura ambiente è circa $\rho(\text{H}_2\text{O}) \simeq 0.997 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ perciò (approssimando) la *massa* della colonna d'acqua è circa 200-250 g, il peso $\left(g \sim 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$ circa 2 - 2.5 N.



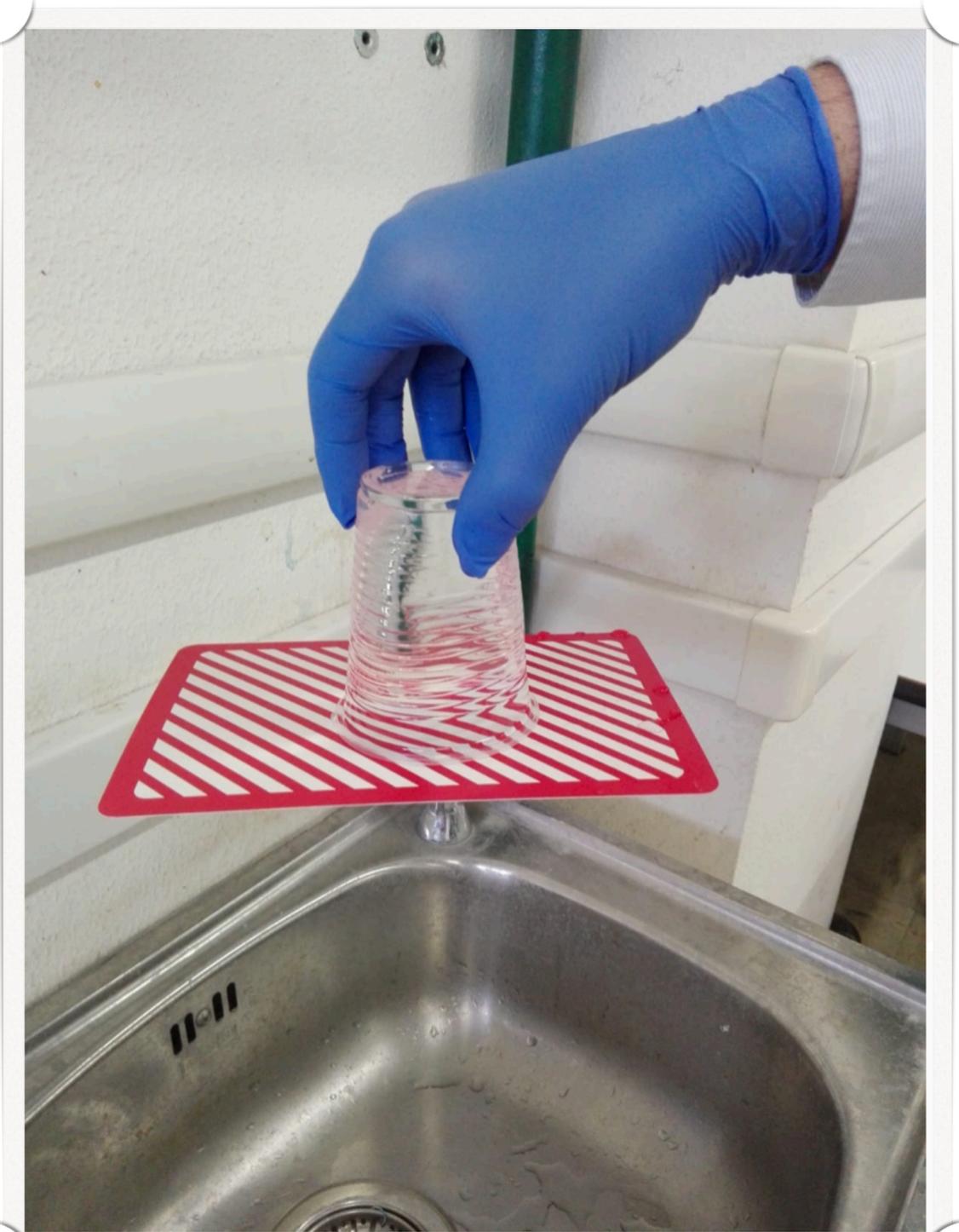
PRIMA ESPERIENZA: LA PRESSIONE ATMOSFERICA

Approfondimento:

Abbiamo detto che le forze in gioco sono molto diverse, quanto?
Facciamo qualche conto.

La pressione dell'aria in condizioni normali (temperatura ambiente - al livello del mare) è circa $1 \text{ atm} \simeq 10^5 \text{ Pa}$, la superficie del bicchiere (sono circa 7 cm di diametro) è 40 cm^2 quindi complessivamente la forza dovuta all'aria è di 400 N (160 volte il peso dell'acqua!!!).

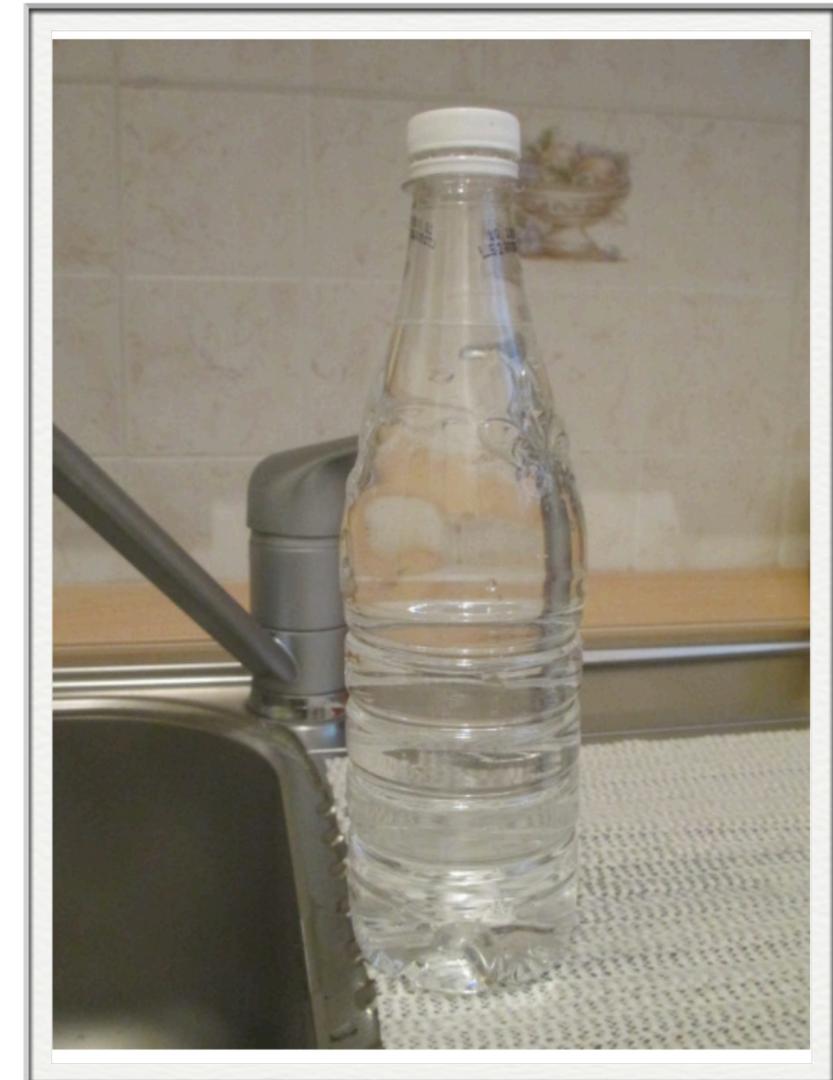
Tornando all'acqua, essa esercita una pressione di 500-626 Pa. Se consideriamo che il livello dell'acqua è circa 5-6.3 cm ($V = 200 - 250 \text{ ml}$), notiamo che per eguagliare la pressione esercitata dall'aria dovremmo avere una colonna d'acqua di circa 10 metri d'altezza!



SECONDA ESPERIENZA: LA BOTTIGLIA FORATA

Procedimento:

1. Prendi una bottiglia d'acqua aperta, piena d'acqua e bucala con un ago/uno spillo (un oggetto sottile)
2. Uscirà un getto che descrive una *parabola*
3. A questo punto tappa la bottiglia
4. **Il getto si arresta! Perché?**
5. Se tolgo nuovamente il tappo, il getto riparte.
6. Cosa cambia se faccio il foro più in alto/in basso?



SECONDA ESPERIENZA: LA BOTTIGLIA FORATA

Spiegazione:

1. Perché il flusso si arresta se tappo la bottiglia?
Inizialmente, l'acqua esce perché non c'è equilibrio fra la pressione interna e la pressione esterna, in particolare:
$$P_{int}(\text{acqua}) + P_{int}(\text{aria}) > P_{ext}(\text{aria}) .$$

Inserendo il tappo si ristabilisce l'equilibrio fra pressione interna ed esterna (si noti che la pressione interna dell'aria è minore di quella esterna perché meno densa - più volume a disposizione).
2. Perché il getto cambia a seconda dell'altezza del foro?
Perché la gittata dipende dalla colonna d'acqua sovrastante: più è alto il foro, meno sarà la pressione esercitata.



SECONDA ESPERIENZA: LA BOTTIGLIA FORATA



Approfondimento:

La pressione del liquido dipende solo dall'altezza: provare per credere!

Con recipienti di base diversa (esempio la bottiglietta piccola al posto della grande) oppure forme diverse il risultato non cambia.





Figura 2 - Mettete un Becker capovolto sulla candela.



Figura 3 - Dopo pochi secondi, la candela si spegne.

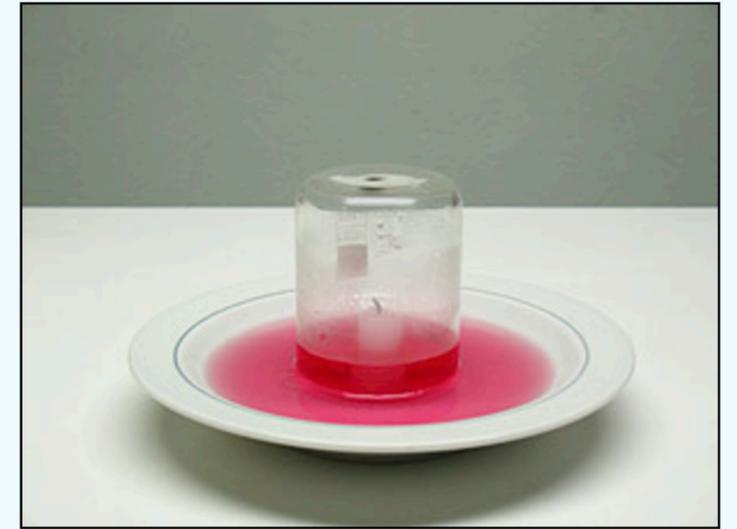


Figura 4 - Dentro il Becker, il livello dell'acqua sale.

TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Materiali:

1. Una candela (meglio con una base larga, se troppo alta tagliatela a metà)
2. Un piatto fondo (plastica o porcellana)
3. Acqua
4. Potete aggiungere del colorante per rendere l'effetto più visibile e accattivante, per esempio il sugo di rape rosse
5. Un bicchiere di vetro meglio se trasparente, soprattutto se usate solo acqua (ancora meglio, ma non è indispensabile un becker)
6. Un accendino o un fiammifero (attenzione: spostare qualunque materiale infiammabile - libri/quaderni etc etc - meglio se soltanto l'insegnante si occupa di accendere le candele all'inizio dell'esperienza)



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Procedimento:

1. Se la vostra candela è alta più di 15 mm, accendetela e con un po' di cera attaccatela (attenzione a non bruciarvi!) al fondo del piatto, altrimenti semplicemente accendetela
2. Riempite il piatto con un po' d'acqua (circa 15 mm) e collocate la candela al centro se non lo avete già fatto
3. Se usate anche il colorante, mescolatelo all'acqua ed eventualmente riaccendete la candela se si fosse spenta
4. Coprite con il bicchiere o il Becker
5. Osservate attentamente cosa succede quando la candela si spegne



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Spiegazione:

L'aria è composta principalmente da azoto ($\sim 78\%$) e ossigeno ($\sim 21\%$).

La fiamma della candela brucia l'ossigeno presente nell'aria all'interno del bicchiere.

La combustione sottrae questa componente del gas, riduce il volume occupato dall'aria e provoca quindi una depressione che risucchia l'aria all'interno del bicchiere (lo squilibrio fra pressione interna ed esterna fa sì che il livello dell'acqua salga).

Sembra convincente, no? È tutto secondo voi?



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Spiegazione:

Sembra convincente, no? È tutto secondo voi?

In realtà no.

Anche se la faccenda si complica e serve anche introdurre un po' di chimica è giusto fare chiarezza su cosa succede. Le candele sono generalmente formate da cera, paraffina o stearina, materiali ricchi di carbonio.

Quando bruciano *reagiscono* con le molecole di ossigeno nell'aria, riducendone la quantità (la combustione si arresta quando il livello di ossigeno passa dal 20 al 15 % circa), ma producendo anidride carbonica (CO₂).



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Spiegazione:

Sembra convincente, no? È tutto secondo voi?

In realtà no.

L'effetto di riduzione del volume dovuto alla sottrazione di O_2 è più piccolo di quello che pensavamo all'inizio e peraltro abbiamo un prodotto di combustione gassoso che "*prende il posto*" occupato dall'ossigeno (il numero di molecole di gas complessivamente cambia poco e così anche il volume occupato *). **Serve qualcos'altro che spieghi il fenomeno che osserviamo!**

Quello che succede è che, quando copriamo la candela con il bicchiere, il calore della fiamma fa aumentare la *temperatura* dell'aria e questo provoca un'*espansione* del gas.



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Spiegazione:

Quello che succede è che, quando copriamo la candela con il bicchiere, il calore della fiamma fa aumentare la *temperatura* dell'aria e questo provoca un'*espansione* del gas.

Quando la candela si spegne perché il livello di ossigeno (il *comburente*) scende sotto il 15%, la temperatura diminuisce, l'aria si *comprime* e diminuisce la pressione esercitata sull'acqua. Lo squilibrio fra pressione interna ed esterna fa sì che l'acqua dall'esterno fluisca all'interno del bicchiere.



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Spiegazione:

Non abbiamo sbagliato completamente, la perdita di ossigeno influisce sul fenomeno che osserviamo, ma l'effetto principale è il raffreddamento del gas, che è molto maggiore della semplice perdita di ossigeno.

*Una parte dell'anidride carbonica formata dalla fiamma si dissolve nell'acqua, riducendo ulteriormente la pressione.



TERZA ESPERIENZA: L'APPARENZA INGANNA

Spiegazione:

Inoltre, se fosse soltanto responsabile di questo effetto la *combustione* dovremmo osservarlo mentre la candela brucia, non soltanto alla fine!

Invece proprio perché si tratta di una *compressione isobara* (variano T e V , ma non P) l'effetto si manifesta soltanto una volta che la candela si è definitivamente spenta.

Eventualmente, si può provare anche con più candeline insieme (l'effetto è chiaramente amplificato).



QUARTA ESPERIENZA: I VASI COMUNICANTI

Procedimento: prima variante

1. Prendi una coppia di bicchieri di plastica o due bottiglie (non necessariamente della stessa dimensione!)
2. Fai un piccolo foro con le forbici alla stessa altezza (meno di metà bicchiere) in entrambi
3. Prendi una cannuccia, elimina la parte ripiegabile, inseriscila fra i due bicchieri
4. Copri i fori meglio che puoi con nastro adesivo resistente (ancora meglio colla a caldo)
5. Riempi uno dei bicchieri con l'acqua (se vuoi renderlo visivamente più accattivante con aggiunta di colorante) tenendo tappata la cannuccia in modo che l'acqua non passi
6. Lascia andare, cosa succede?



QUARTA ESPERIENZA: I VASI COMUNICANTI

Procedimento: seconda variante

1. Prendi una coppia di bicchieri e due cannucce
2. Fai due tagli in una delle due in modo da poterla incastrare nell'altra senza doverla piegare
3. Riempi uno dei bicchieri e posizionalo in alto rispetto all'altro
4. Aspira in modo da verificare che non sia tappato il "condotto" e quando arriva l'acqua inserisci la cannuccia nel bicchiere vuoto
5. Cosa osservi?



QUARTA ESPERIENZA: I VASI COMUNICANTI

Spiegazione:

Il principio dei *vasi comunicanti* è il principio fisico secondo il quale un liquido contenuto in due o più contenitori comunicanti tra loro, in presenza di gravità, raggiunge lo stesso livello originando un'unica *superficie equipotenziale*. Pensate a due bambini sulla altalena: il principio è alla base della *pressa idraulica*.

