

Progetto PCTO "Lab2Go" di FISICA - [I.I.S.S. "A. Berenini"](#)

# MECCANICA DEI FLUIDI

Questo è un esperimento a stazioni, durante il quale si andranno ad approfondire le proprietà dei fluidi, in particolare si andrà a calcolare la densità di un fluido per dimostrare la legge di Stevino, si ricaverà la viscosità di un fluido utilizzando la legge di Stokes e si verificherà la spinta di Archimede.

Infine si osserva un fluido non newtoniano e come la sua viscosità varia.

## 1° ESPERIMENTO LEGGE DI STEVINO

**Scopo:** Ricavare la densità dell'olio utilizzando la legge di Stevino.

**Richiami teorici:**

La legge di Stevino è esprimibile attraverso la seguente equazione:

$$p=p_0+dgh$$

dove:

- $p$ =pressione a profondità  $h$  (Pa)
- $p_0$ =pressione atmosferica (Pa)
- $d$ =densità liquido ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )
- $g$ = accelerazione di gravità ( $\text{m}/\text{s}^2$ )
- $h$ = profondità (m)

Da questa si deduce che la differenza di pressione  $p-p_0$  è direttamente proporzionale a  $h$ .

**Strumenti utilizzati:**

- Tubo graduato a U di diametro 4 mm
- 4 ml olio
- 12 ml acqua
- becher graduato
- imbuto

**Dati:**

- $P_1$ = pressione sulla colonna d'acqua
- $P_2$ = pressione sulla colonna d'olio
- $d_a$ =densità acqua ( $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ )
- $d_o$ =densità olio da ricavare
- $h_a$ = altezza colonna acqua
- $h_o$ = altezza colonna olio

**Procedimento:**

Si dispone di un tubo a U aperto, in cui entrambe le estremità sono a contatto con l'aria e perciò subiscono l'influenza della pressione atmosferica. Il sistema si trova in condizione di equilibrio ovvero le pressioni delle colonne d'acqua e d'olio si



eguagliano a parità di altezza. Infatti l'altezza delle due colonne viene misurata a partire dal medesimo punto, chiamato  $h_i$  (altezza iniziale).

Dopo aver inserito all'interno del tubo 12 ml d'acqua e 4 ml d'olio utilizzando un becher graduato e un imbuto si misurano le rispettive altezza  $h_a = 10$  cm (0,1m) e  $h_o = 11$  cm (0,11 m) a partire dall'altezza iniziale.

Utilizzando la legge di Stevino infine si ricava la densità dell'olio.

#### GUIDA ALL'ANALISI DEI DATI:

Poiché le pressioni si eguagliano :

$$P_2 = P_1$$

ovvero dalla legge di Stevino:

$$P_{Atm} + d_o g h_o = P_{Atm} + d_a g h_a$$

semplificando  $g$  e  $P_{Atm}$  si ottiene:

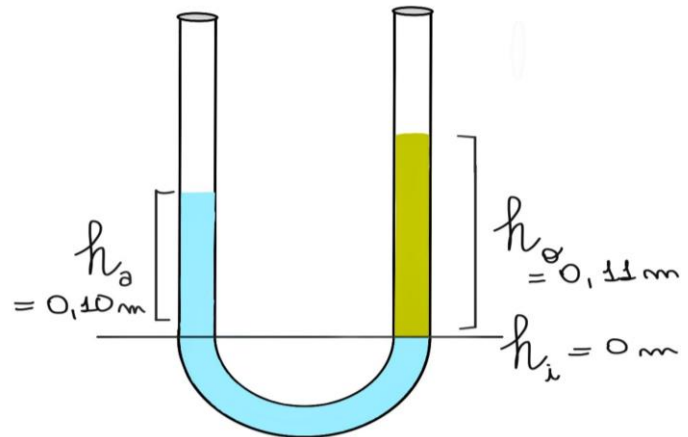
$$d_o h_o = d_a h_a$$

da cui si ricava:

$$d_o = (d_a h_a) / h_o$$

perciò:

$$d_o = (1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,1 \text{ m}) / 0,11 \text{ m} = 909,09 \text{ Kg/m}^3$$



#### CONCLUSIONE:

Dopo aver raccolto tutti i dati, avendo già la densità dell'acqua è stata calcolata quella dell'olio che risulta essere di  $909,09 \text{ kg/m}^3$  quindi, come ci si aspettava, inferiore a quella dell'acqua corrispondente a  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Proprio per questo motivo, come si può osservare, l'olio galleggia sull'acqua.

## 2 ESPERIMENTO PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

**Scopo:** Verificare il principio di Archimede.

**Richiami teorici:** I fluidi esercitano su un corpo immerso, anche non totalmente, una forza verso l'alto detta spinta di Archimede la cui intensità ( $F_A$ ) è uguale al peso del fluido spostato ( $mg$ ). Questa legge è applicabile sia nei fluidi che nei gas.

$$F_A = mg$$

poiché:  $m = dV$

$$F_A = dVg$$

dove:

- $d$  = densità del fluido ( $\text{Kg/m}^3$ )
- $V$  = volume fluido spostato ( $\text{m}^3$ )
- $g$  = accelerazione gravitazionale ( $\text{m/s}^2$ )
- $F_A$  = spinta di Archimede (N)
- $m$  = massa fluido spostato (Kg)

#### Strumenti utilizzati:

- asta di sostegno
- becher graduato

- 700 ml d'acqua
- peso da 500 g
- dinamometro

**Dati:**

- $F_{P \text{ fuori}}$  = Forza peso dell'oggetto fuori dall'acqua
- $F_{P \text{ dentro}}$  = Forza peso dell'oggetto dentro all'acqua
- $V_i$  = Volume iniziale dell'acqua (700 ml)
- $V_f$  = Volume finale dell'acqua
- $m$  = massa del peso
- $F_A$  = spinta di Archimede
- $V_{\text{spostato}}$  = volume fluido spostato
- $d_{\text{fluido}}$  = densità fluido

**Procedimento:**

Disponendo di un peso da 500 g si misura con l'aiuto di un dinamometro la sua forza peso,  $F_{P \text{ fuori}}$ , che risulta essere di 4,9 N. Successivamente si pone il dinamometro con il peso sull'asta di sostegno e si posiziona al di sotto di esso un becher graduato che viene riempito in modo tale che l'oggetto sia completamente immerso (facendo attenzione a non bagnare il dinamometro). In questo caso il volume dell'acqua era di 700 ml ( $V_i$ ) senza peso all'interno mentre raggiungeva 770 ml una volta immerso completamente ( $V_f$ ).

La  $F_{P \text{ dentro}}$  corrispondeva invece a 4,3 N.



**GUIDA ALL'ANALISI DEI DATI:**

Facendo la differenza tra la  $F_{P \text{ fuori}}$  e  $F_{P \text{ dentro}}$  si trova la  $F_A$ .

Quindi:

$$F_A = F_{P \text{ fuori}} - F_{P \text{ dentro}}$$

$$F_A = 4,9 \text{ N} - 4,3 \text{ N} = 0,6 \text{ N}$$

Il volume del fluido spostato corrisponde a :

$$V_{\text{spostato}} = V_f - v_i = 770 \text{ ml} - 700 \text{ ml} = 70 \text{ ml} = 0,00007 \text{ m}^3$$

Questa deve essere confrontata con il valore che si ricava dalla formula:

$$F_A = d_{\text{fluido}} V_{\text{spostato}} g$$
$$F_A = 1000 \text{ Kg/m}^3 * 0,00007 \text{ m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,68 \text{ N}$$

### CONCLUSIONE:

Nel corso dell'esperimento si sono ottenute quindi due  $F_A$  che corrispondono, si è quindi verificato il principio di Archimede.

Un eventuale limite di questo esperimento si riscontra nell'utilizzo di un becher che, nel nostro caso, presenta una tacca ogni 100 g portando quindi a delle approssimazioni nelle misurazioni del volume.

Si è inoltre osservato che la forza peso di un solido diminuisce quando esso viene inserito in un fluido proprio grazie alla spinta di archimede diretta verso l'alto .

## 3° LA VISCOSITA' DI UN FLUIDO

**Scopo:** Misurare il coefficiente di viscosità del detersivo "Svelto"

### Richiami teorici:

I fluidi tendono ad esercitare una resistenza su qualsiasi corpo in moto e tale resistenza dipende dalla cosiddetta viscosità del fluido, contemporaneamente alla forma del corpo e la sua velocità relativa.

La formula che verrà utilizzata per il calcolo della resistenza è conosciuta come legge di Stokes, essa permette di calcolare la forza esercitata da un qualsiasi fluido su una sfera che si muove al suo interno.



### STRUMENTI

- Detersivo lavapiatti "Svelto"
- Cilindro graduato da 250 ml (diametro = 3.5 cm)
- Sferetta di metallo di raggio  $r = 3$  mm
- Pennarello indelebile
- Telefono con fotocamera impostata su 60 frame
- Pinza o magnete

### PROCEDIMENTO:

Si parte indicando con il pennarello 5 tacche equidistanti sul cilindro graduato, in modo tale che ne risulti, partendo dall'alto, la prima a 250 ml, la seconda a 200 ml, la terza a 150 ml, la quarta a 100 ml mentre l'ultima a 50 ml. A questo punto si versa il detersivo nel cilindro fino a 250 ml.

Successivamente, si procede a far cadere la biglia all'interno del contenitore lasciandola dal punto di partenza indicato con la prima tacca, quindi a filo con il fluido.

Nella caduta assicurarsi che la biglia non impatti con le pareti del contenitore, se questo avviene ripetere il lancio estraendo la pallina aiutandosi con una pinza o un magnete. Contemporaneamente occorre riprendere la caduta della biglia tenendo il telefono fermo e inquadrando l'intero cilindro.

### GUIDA ALL'ANALISI DEI DATI:

#### Domanda:

- Quand'è che la velocità della sferetta diventa costante?

Analizzando il filmato, si potrà notare che a partire dai 150 ml fino al fondo del cilindro graduato, la velocità della biglia risulta costante, di conseguenza ha raggiunto la velocità limite.

#### Dati

Massa (kg)	Raggio (m)
0,00105	0,0032

Quindi il primo step per raggiungere il coefficiente di viscosità è calcolare la densità della sferetta e del detersivo mediante il rapporto di massa e volume:

$$d = \frac{m}{V}$$

Densità(kg/m <sup>3</sup> ) sfera	Densità(kg/m <sup>3</sup> ) detersivo "Svelto"
7650	1018

Osservando che lo spazio che intercorre tra le tacche è di 0.048 m , di conseguenza la distanza misurata nell'intervallo preso in esame (150 - 0 ml) è di 0.048 m + 0.048 m = 0.096 m.

Dal video è inoltre ottenibile il tempo impiegato dalla biglia per percorrere tale distanza, ovvero 3.6s

A questo punto la velocità limite si misura come:  $V_{\text{limite}} = \frac{\text{spazio}}{\text{tempo}} = 0.026 \text{ m/s}$

Il coefficiente di viscosità si può quindi ricavare considerando la condizione di equilibrio raggiunta dalla sferetta, per la quale essa si muove con velocità costante.

Sempre a condizione di equilibrio, la risultante delle forze che agiscono sul corpo deve essere nulla:

$$F_{\text{tot}} = mg - F_a - S = 0$$

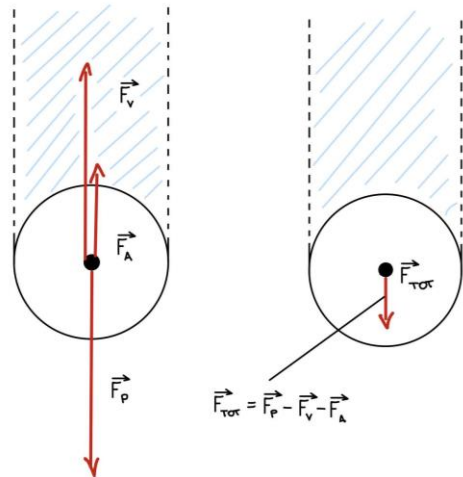
Da cui si ricava:  $F_a + S = mg$

Con:

- S- spinta di Archimede =  $V_{\text{sferetta}} \cdot g \cdot d_{\text{fluido}}$
- $F_a$ - attrito su un corpo in movimento nel fluido =  $6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v(\text{velocità})$
- $F_p$  - forza peso =  $m \cdot g = d(\text{solido}) \cdot g \cdot V(\text{volume del solido})$
- v- volume sferetta =  $\frac{4}{3} \cdot \pi r^3$

Pertanto  $\eta = \frac{2}{9} \cdot$

$$\frac{r^2 \cdot g \cdot (\Delta d)}{v}$$



Indicativamente il valore del coefficiente  $\eta$  di questo fluido dovrebbe essere:

Coefficiente di viscosità (Pa·s)
5,55

### CONCLUSIONE:

Il moto della sferetta sarà caratterizzato infatti da due distinte fasi:

- una prima fase in cui è uniformemente accelerato, ma con un valore dell'accelerazione che è inizialmente  $g$  e che diminuisce nel tempo tendendo più o meno rapidamente a zero a causa della forza di attrito viscoso che cresce in proporzione alla velocità istantanea della sferetta, che in questa fase cresce con la discesa;
- una seconda fase -detta di regime- in cui, una volta raggiunta la condizione di annullamento della forza totale agente sulla sferetta grazie all'azione della forza di attrito viscoso, il moto è uniforme e caratterizzato da una velocità limite  $V_{\text{limite}}$ .

Pertanto, maggiore è il coefficiente di viscosità del fluido tanto più intensa sarà la forza di attrito viscoso e più velocemente la sferetta raggiunge la sua velocità limite all'interno del fluido e di conseguenza tanto più lentamente arriva sul fondo del cilindro.

### 4° ESPERIMENTO FLUIDO NON NEWTONIANO

I fluidi non newtoniani sono fluidi in cui la viscosità varia a seconda dello stato di moto, infatti a seconda della forza che viene impressa possono comportarsi diversamente.

Come solidi in caso di una forza elevata, infatti le particelle si uniscono impedendo agli oggetti di penetrare, o come liquidi se vengono colpiti da una forza poco intensa, in questo caso le particelle hanno tempo per separarsi.

Un esempio di fluido non newtoniano , può essere realizzato mischiando acqua e amido di mais, cioè la maizena.

**Occorrente:**

- Una vaschetta di plastica
- amido di mais
- acqua
- un cucchiaio
- un bicchiere

**Procedimento:**

Versare nella vaschetta utilizzando un bicchiere, 200 g d'acqua , e poi aiutandosi con un cucchiaio inserire 250 g di maizena. Continuare a mescolare fino al raggiungimento di una consistenza nè troppo dura nè eccessivamente morbida, all'occorrenza aggiungere altra acqua o maizena.