





Scheda esperimento per studente-guida

LEGGE DI STOKES	
MATERIALE	
<ul style="list-style-type: none">a) Paraffina liquidab) Mielec) Biglie di vetrod) Pallina di ferroe) Pinzaf) Cucchiaino di metallog) Smartphone con fotocamera da 60 frame/sh) Computer con "Tracker" installatoi) Metro di cartaj) Contenitore di plastica trasparente cilindrico	
FINALITÀ	
Misurare il coefficiente di viscosità dei fluidi in cui vengono fatte cadere le palline+	
FARE (INDICAZIONI OPERATIVE)	
<ul style="list-style-type: none">a) Fissare alla parete il metro di carta partendo dal livello del pavimento con lo scotch cartab) Riempire per tre quarti il contenitore cilindrico con il fluido che si vuole analizzare (il contenitore con il miele è già preparato e non è da svuotare)c) Posizionare il contenitore come in foto accanto al metrod) Far cadere la biglia all'interno del contenitore lasciandola da un'altezza di circa 2 m dal suolo, raggiungibile alzando il braccio come nella foto.e) Nella caduta assicurarsi che la biglia non impatti con le pareti del contenitore, se questo avviene ripetere il lancio estraendo la pallina con la pinza.f) Riprendere la caduta della biglia tenendo il telefono fermo e inquadrando l'intero metro. La fotocamera deve essere impostata su frame al secondo (dall'Iphone 6s in poi, Sony Xperia Z5, Samsung Galaxy S6 in poi, Galaxy Note 5, Lg G4, Huawei Nexus 6P)g) Togliere la sferetta dal barattolo con la pinza o con il cucchiaino, in caso aiutandosi anche con la calamita con la pallina di metallo.h) Svuotare e sciacquare il barattolo e ripetere il tutto con un fluido diverso.	 

- i) Passare i video sul computer e analizzarli uno alla volta con "Tracker" come illustrato nella presentazione allegata
- j) Calcolare la velocità all'interno del fluido (Δ spazio/ Δ tempo) con i dati ricavati dal grafico di Tracker, nei punti in cui il grafico della velocità assume la forma di una retta;
- k) Dalla formula della velocità limite ricavare il coefficiente di viscosità del fluido

DOMANDE

- Perché nel miele la pallina scende più lentamente che nella paraffina liquida?

CALCOLI

	Massa (g)	Raggio (mm)
Biglie di vetro	6,06 ±0,01	8±1
Pallina di metallo	18,86±0,01	7±1

La forza di attrito viscoso è $F=6 \cdot \pi \cdot r_{\text{biglia}} \cdot V \cdot \eta$

Da questa si ricava la formula della velocità limite che è:

$$V = \frac{mg}{6\pi\eta r}$$

Con:

- m massa della biglia (kg)
- g accelerazione di gravità (9,8 m/s²)
- η coefficiente di viscosità (Pa·s)
- r raggio della biglia (m)

Le velocità dovrebbero essere:

Fluido	Velocità (m/s)
Miele	Tra 0,03 e 0,12
Paraffina	Tra 1,4 e 3,0

Il coefficiente di viscosità si può quindi ricavare, conoscendo la velocità, attraverso la formula:

$$\eta = \frac{mg - S}{6\pi vr}$$

Con:

- S spinta di Archimede = $V_{\text{sferetta}} \cdot \rho_{\text{fluido}} \cdot g$

Fluido	ρ_{fluido} (kg/m ³)
Miele	1400
Paraffina	800

Indicativamente i valori di questo coefficiente η (si legge "eta") dovrebbero essere

Fluido	Coefficiente di viscosità (Pa·s)
Miele	Tra 10 e 40
Paraffina	Tra 0,11 e 0,23

Spiegazione

Un corpo che cade in un fluido viscoso, è soggetto alla contemporanea azione di tre forze:

- la forza peso F_p , diretta verticalmente e orientata verso il basso;
- spinta di Archimede F_A , diretta verticalmente e orientata verso l'alto;
 - la forza di attrito F_v , diretta verticalmente, orientata verso l'alto e dipendente dalla densità del fluido e dal volume della sferetta. Questa si oppone alla forza peso della sferetta e determina una variazione nel suo moto: se non ci fosse la pallina cadrebbe con un moto uniformemente accelerato con $a=g=9,82 \text{ m/s}^2$, come in effetti avviene nell'aria, fluido il cui coefficiente di viscosità è estremamente piccolo.

Il suo moto 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_L . Questa avviene quando:

$$F_P = F_A + F_V$$

$$mg = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{biglia}} \cdot g + 6 \cdot \pi \cdot r_{\text{biglia}} \cdot V_L \cdot \eta$$

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

Esempi coefficienti di viscosità

COEFFICIENTI DI VISCOSITÀ	
Sostanza	Coefficienti di viscosità a 20 °C (Pa·s)
ammoniaca	$9,2 \times 10^{-6}$
metano	$10,2 \times 10^{-6}$
aria	$17,1 \times 10^{-6}$
acqua	$1,00 \times 10^{-3}$
mercurio	$1,55 \times 10^{-3}$
sangue (a 37 °C)	$4,0 \times 10^{-3}$
olio d'oliva	$8,4 \times 10^{-2}$
glicerina	1,50

Avvertenze

- Accedere al computer del laboratorio con l'account "administrator"; per la password chiedere ai tecnici.
- Nel caso i valori ricavati da Tracker non siano coerenti ai range forniti dalla scheda, utilizzare uno dei video precedentemente salvati nella cartella "bg_scienza" sul desktop del computer del laboratorio di fisica. A tal proposito, cercare di controllare i risultati registrati assicurandosi che la velocità sia coerente ai valori attesi prima di mostrarli ai visitatori, magari mentre questi ascoltano la spiegazione.
- Dato che il coefficiente di viscosità è sensibile alle variazioni di temperatura, mantenere i fluidi a temperatura ambiente.

