

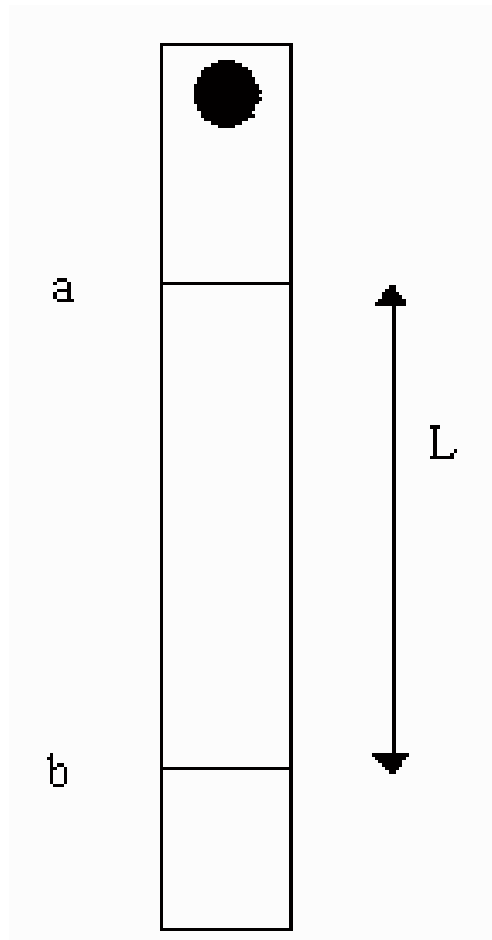
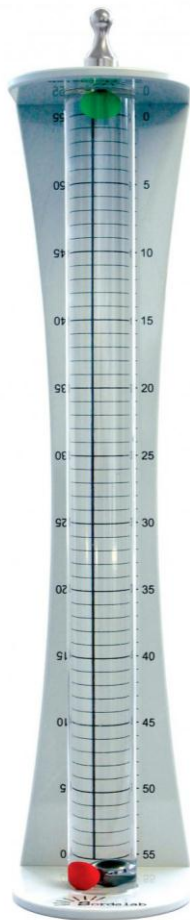
TP1. Viscosimètre à chute de bille

1- Objectif

Déterminer la viscosité d'un fluide en mesurant la vitesse de chute d'une bille en acier de faible diamètre à travers ce fluide.

2- Matériel :

Un viscosimètre à chute de bille est un dispositif très simple à mettre en place. Il s'agit d'un long tube transparent de diamètre D qui comporte deux traits repères A et B . Le tube vertical est rempli du fluide à étudier, dans lequel chute une bille sphérique de masse m et diamètre d suffisamment petit par rapport au diamètre de l'éprouvette D .



3- Etude théorique

On considère une bille de rayon r qu'on laisse tomber dans un fluide visqueux. La bille est soumise à son poids P , à la poussée d'Archimède F_A et à la force de freinage F_f exercée par le fluide sur la bille. Cette dernière est donnée par la relation de Stokes.

Si l'on considère un axe vertical Oz orienté vers le bas ces forces s'écrivent :

- Le poids de la bille :

$$P = m_{bille} \times g = \rho_{bille} \times V_{bille} \times g$$

m_{bille} : la masse de la bille

ρ_{bille} : la masse volumique de la bille

V_{bille} : le volume de la bille

g : L'accélération de la pesanteur

- La poussée d'Archimède :

$$F_A = -\rho_{fluide} \times V_{bille} \times g$$

ρ_{fluide} : la masse volumique du fluide.

V_{bille} : le volume de la bille.

- La force de frottement visqueuse :

$$F_f = -6\pi \times r \times \mu \times v$$

r : le rayon de la bille

μ : la viscosité dynamique du fluide

v : la vitesse limite de chute de la bille dans le fluide.

Lors que la bille, atteint sa vitesse de chute limite (vitesse maximale) : son mouvement est alors rectiligne uniforme. Le principe de la dynamique donne :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow P + F_A + F_f = 0$$

$$\Rightarrow \rho_{bille} \times V_{bille} \times g - \rho_{fluide} \times V_{bille} \times g - 6\pi \times r \times \mu \times v = 0$$

Ce qui nous permet d'établir l'expression de la viscosité dynamique du fluide :

$$\mu = \frac{(\rho_{bille} - \rho_{fluide}) \times V_{bille} \times g}{6\pi \times r \times v} \quad (*)$$

4- Mode opératoire

Dans ce TP on utilise une bille en acier de masse volumique $\rho = 7500 \text{ kg/m}^3$ et de diamètre $d = 0.5 \text{ cm}$ pour déterminer expérimentalement la viscosité dynamique de la glycérine à deux températures : $T=15^\circ\text{C}$ et $T=20^\circ\text{C}$.

La masse volumique et la viscosité dynamique théorique de la glycérine sont données dans le tableau suivant :

La température	Masse volumique	Viscosité dynamique théorique
$T=15^\circ\text{C}$	$\rho_{\text{glycérine}} = 1.29 \text{ kg/m}^3$	$\mu_{th} 2.23 \text{ Pa.s}$
$T=20^\circ\text{C}$	$\rho_{\text{glycérine}} = 1.29 \text{ kg/m}^3$	$\mu_{th} 1.49 \text{ Pa.s}$

Expérience

Pour déterminer la viscosité dynamique de la glycérine à une température donnée, on suit les étapes suivantes :

- On lâche la bille, sans vitesse initiale dans de la glycérine contenue dans l'éprouvette cylindrique.
- A l'aide d'un chronomètre, on mesure le temps de chute de la bille Δt entre les deux repères A et B distants de ($L = 80 \text{ cm}$), ce qui nous permet de calculer la vitesse de la bille et de déterminer la viscosité dynamique en appliquant l'équation (*).

Le repère A est placé de façon telle que la bille lorsqu'elle passe à son niveau a atteint sa vitesse de chute limite (vitesse maximale) : son mouvement est alors rectiligne uniforme

$$:\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} .$$

- Nous retirons la bille de la glycérine à l'aide d'un aimant et répétons l'expérience à nouveau.

5- Travail demandé

- 1- Calculer le volume de la bille et compléter le tableau 1 :
- 2- Pour chaque température, compléter le tableau 2 et calculer la viscosité moyenne de la glycérine.
- 3- Comparer les valeurs trouver avec celles de la littérature (valeurs théoriques).
- 4- Faire une conclusion.

Tableau 1

La distance : L (m)	Masse volumique de la bille (Kg/m^3)	Rayon de la bille (m)	Volume de la bille (m^3)	Masse volumique du fluide (Kg/m^3)
0,8	7500	0.0025		1.29

Tableau 2

Expérience	Temps Δt (s)	La vitesse : $v = \frac{L}{\Delta t}$ (m/s)	La viscosité dynamique μ (Pa. s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Compte Rendu

Nom :	Prénom :
-------	----------

Tableau 1

La distance : L (m)	Masse volumique de la bille (Kg/m^3)	Rayon de la bille (m) $r = d/2$	Volume de la bille (m^3) $V = \frac{4}{3} \pi r^3$	Masse volumique de la glycérine
0,8	7500	0.0025		1.29

Détermination de la viscosité dynamique à la température $T=15^\circ C$

Expérience	Temps Δt (s)	La vitesse : $v = \frac{L}{\Delta t}$ (m/s)	La viscosité dynamique μ (Pa s)
1	30		
2	31		
3	31,5		
4	32		
5	31,9		
6	30,8		
7	30,2		
8	31,4		
9	31,2		
10	31,6		

Viscosité moyenne de la glycérine à la température $T=15^\circ C$:

La formule	$\mu_{ex} =$
La valeur	$\mu_{ex} =$

Comparaison entre la valeur expérimentale et la valeur théorique :

Formule et application numérique	La valeur
$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{ \mu_{ex} - \mu_{th} }{\mu_{th}} \Rightarrow \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{ \dots - \dots }{\dots}$	$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \dots$

Détermination de la viscosité dynamique à la température T=20°C

Expérience	Temps Δt (s)	La vitesse : $v = \frac{L}{\Delta t}$ (m/s)	La viscosité dynamique μ (Pa s)
1	21,2		
2	21,5		
3	21		
4	22		
5	20,7		
6	23		
7	21,1		
8	20,9		
9	20,6		
10	20		

Viscosité moyenne de la glycérine à la température T=20°C :

La formule	$\mu_{ex} =$
La valeur	$\mu_{ex} =$

Comparaison entre la valeur expérimentale et la valeur théorique :

Formule et application numérique	La valeur
$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{ \mu_{ex} - \mu_{th} }{\mu_{th}} \Rightarrow \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{ \cdot - \cdot }{\cdot}$	$\frac{\Delta\mu}{\mu} =$

Conclusions :