

Chute verticale dans un liquide visqueux

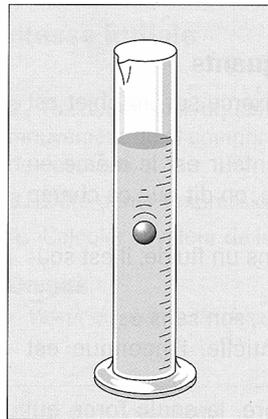
À partir d'un enregistrement vidéo et de son traitement par un logiciel approprié, nous allons étudier la chute verticale sans vitesse initiale d'une bille dans des liquides plus ou moins visqueux. Le mouvement évolue vers un régime permanent où la vitesse atteint une valeur constante

À l'aide de billes de même rayon mais de masses différentes, nous mettrons en évidence l'influence de la masse de la bille sur cette vitesse limite.

I/ étude du mouvement d'une bille

Matériel

- Des billes de même rayon R et de masses différentes (masses volumiques de la bille différentes).
- Éprouvette de grande taille
- Aimant pour la bille.
- Support, webcam, ordinateur et logiciel de traitement des fichiers enregistrés.



OBJECTIF: caractériser le mouvement de chute d'une bille d'acier dans du liquide visqueux.

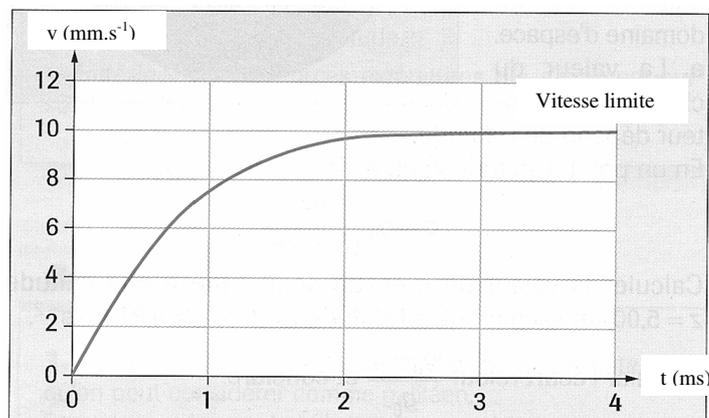
Enregistrer la chute de la bille (sans vitesse initiale) dans le liquide visqueux.

Traiter le fichier vidéo à l'aide du logiciel « Dynamic »: pour cela, repérer les positions G_i du centre d'inertie de la bille à différentes dates t_i . Deux dates successives sont séparées par une durée constante Δt qui dépend du réglage de la caméra. **On considère un axe vertical descendant Oy** ; O étant la position initiale de G .

Repérer la date $t_0 = 0$ à laquelle la chute commence.

Transférer l'ensemble des couples de valeurs $(t_i; y_i)$ dans le logiciel régressi.

Tracer les courbes représentatives de y en fonction de t , puis de la vitesse v en fonction de t .



QUESTIONS SUR « Chute 2 » :

1/ La durée de l'enregistrement est-elle suffisante pour affirmer que la vitesse de la bille évolue vers une valeur constante, appelée vitesse limite ? Si oui, quelle est la valeur v_{lim} , de cette vitesse limite ?

2/ Sur la courbe représentative de $v(t)$, tracer la tangente à la date $t = 0$. Elle coupe l'asymptote $v = v_{lim}$ à la date τ , où τ est appelé temps caractéristique du mouvement. Déterminer τ .

3/ Quelles sont les forces appliquées à la bille ? La somme du poids \vec{P} et de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}_A$ est appelée poids apparent, et notée \vec{P}_{ap} . Justifier cette appellation.

Calculer la valeur P_{ap} du poids apparent. ($g = 9,81$ SI)

4/ À l'aide de la deuxième loi de Newton, exprimer puis calculer l'accélération a_0 à la date $t = 0$, la vitesse de la bille étant nulle. Quelle est l'équation de la tangente à la courbe représentative de $v(t)$ à $t = 0$?

5/ Montrer que $v_{lim} = a_0 \tau$. En déduire une valeur de τ , et comparer à la valeur déterminée graphiquement.

6/ Interpréter à l'aide de la deuxième loi de Newton l'existence d'une vitesse limite.

II/ Etude de l'influence de la masse sur la vitesse limite

Pour cela, on procède à une étude comparative de la chute de 3 billes dans un liquide visqueux. On mesurera leurs vitesses limites (v_{lim}) ainsi que la force de frottement limite (f_{lim}) atteinte.

Pour le traitement des chutes, on utilise le logiciel Dynamic et on transfèrera les résultats sur Regressi. Ouvrir successivement Chute_1 ; Chute_2 ; Chute_3.

DONNEES

On prendra $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Rayon commun des billes: $R = 12,5 \times 10^{-3} \text{ m}$

Masse volumique du fluide: $\rho_0 = 860 \text{ kg.m}^{-3}$

Masses volumiques des billes: Chute_1: $\rho_1 = 2,52 \cdot 10^3 \text{ Kg.m}^{-3}$

Chute_2: $\rho_2 = 4,49 \cdot 10^3 \text{ Kg.m}^{-3}$

Chute_3: $\rho_3 = 8,06 \cdot 10^3 \text{ Kg.m}^{-3}$

QUESTIONS

7/ Déterminer le volume des billes et en déduire leurs masses respectives.

8/ Quelle est la valeur de la poussée d'Archimède exercée sur ces billes ?

9/ Montrer que la valeur f_{lim} de la force de frottement est égale à la valeur P_{ap} du poids apparent lorsque la vitesse de la bille devient constante. Déterminer f_{lim} pour chaque bille.

10/ Remplir le tableau ci-dessous puis répondre aux questions suivantes:

- La masse a-t-elle une influence sur la vitesse limite de billes de même rayon ?

- La masse a-t-elle une influence sur la force de frottement limite de billes de même rayon ?

m(g)			
$v_{lim} (\text{mm.s}^{-1})$			
$f_{lim} (\text{N})$			

11/ En reprenant le bilan des forces et en prenant $\vec{F}_{fr} = -k \cdot \vec{v}$, écrire l'équation différentielle (reliant v_y à $\frac{dv_y}{dt}$)

en partant de la seconde loi de Newton.

12/ En utilisant les conditions initiales sur v_y , en déduire l'expression de $v_y(t)$.

En utilisant votre graphique donnant $v_y(t)$ sur Regressi pour la bille 1, effectuer une modélisation pour retrouver la valeur de k .