Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

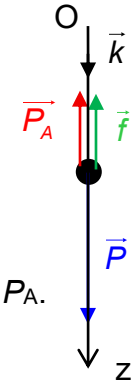
Bac 2025 Métropole Jour 1 **Correction © https://www.labolycee.org**
Spécialité Physique Chimie

Exercice 3 – Viscosimètre à chute de bille (5 points)

Q1. D'après la formule de la force de frottement $\vec{f} = -\alpha \cdot \eta_C \cdot v \cdot \vec{k}$,
alors la norme de cette force est $f = \alpha \cdot \eta_C \cdot v$
donc $\eta_C = \dfrac{f}{\alpha \cdot v}$,
de plus il est indiqué que α s'exprime en m.
ainsi en remplaçant par les unités alors $\dfrac{N}{m \cdot m \cdot s^{-1}} = \dfrac{N}{m^2 \cdot s^{-1}} = N \cdot m^{-2} \cdot s$
On retrouve bien les unités indiquées.

Q2. La force de frottement a pour expression $f = \alpha \cdot \eta_C \cdot v$ avec α et η constantes positives, donc si la vitesse augmente alors la valeur de la force de frottement augmente.

Q3. Lorsque la vitesse limite est atteinte alors le mouvement est rectiligne et uniforme : $\vec{v} = \overrightarrow{Cte}$
D'après la réciproque du principe d'inertie, si $\vec{v} = \overrightarrow{Cte}$ alors les forces se compensent $\Sigma\overrightarrow{F_{ext.}} = \vec{0}$,
soit $\overrightarrow{P_A} + \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$.
D'après $\vec{f} = -\alpha \cdot \eta_C \cdot v \cdot \vec{k}$ alors la force de frottement est de sens opposé au vecteur unitaire $\vec{k}$, donc elle est orientée vers le haut.
D'après $\overrightarrow{P_A} = -\rho_h \cdot V_b \cdot g \cdot \vec{k}$, poussée d'Archimède est également orientée vers le haut.



Par projection suivant l'axe Oz orienté vers le bas : $P_{A\,z} + f_z + P_z = 0$
$-P_A - f + P = 0$
$P = P_A + f$

Remarque : Sans calcul, on ne peut pas savoir les longueurs relatives de f et P_A.

Q4. $P = P_A + f$
$m \cdot g = \rho_h \cdot V_b \cdot g + \alpha \cdot \eta_C \cdot v_{lim}$
On a $\rho_b = \dfrac{m}{V_b}$ donc $m = \rho_b \cdot V_b$ alors $\rho_b \cdot V_b\, g = \rho_h \cdot V_b \cdot g + \alpha \cdot \eta_C \cdot v_{lim}$

$\alpha \cdot \eta_C \cdot v_{lim} = \rho_b \cdot V_b \cdot g - \rho_h \cdot V_b \cdot g$
$\alpha \cdot \eta_C \cdot v_{lim} = g \cdot V_b \cdot (\rho_b - \rho_h)$

Avec $V_b = \dfrac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ alors $\alpha \cdot \eta_C \cdot v_{lim} = \dfrac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_b - \rho_h)}{3}$

```
4*π*(0.993*1E-3)^3*9.81*(1060-831)
-----------------------------------
3*5.37E-3*1.92E-2
8.936456179E-2
```

Q5. $\alpha \cdot \eta_C \cdot v_{lim} = \dfrac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_b - \rho_h)}{3}$ donc $\eta_C = \dfrac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_b - \rho_h)}{3 \cdot v_{lim} \cdot \alpha}$

$$\eta_C = \frac{4 \times \pi \times (0{,}993 \times 10^{-3})^3 \times 9{,}81 \times (1{,}06 \times 10^3 - 8{,}31 \times 10^2)}{3 \times 5{,}37 \times 10^{-3} \times 1{,}92 \times 10^{-2}} = 8{,}9 \times 10^{-2}\ \text{N·m}^{-2}\text{·s} = 0{,}089\ \text{N·m}^{-2}\text{·s}$$

Remarque chiffres significatifs : Pour les soustractions et additions, on arrondit en fonction des décimales. Le résultat de $1{,}06 \times 10^3 - 8{,}31 \times 10^2 = 10{,}6 \times 10^2 - 8{,}31 \times 10^2 = (10{,}6 - 8{,}31) \times 10^2 = 2{,}3 \times 10^2$ ne comporte que deux chiffres significatifs et limite donc la précision sur la viscosité.

Q6. On calcule le z-score $z = \dfrac{|\eta_C - \eta_{réf}|}{u(\eta_C)}$

$z = \dfrac{|0{,}089 - 0{,}093|}{0{,}003} = 1{,}3 < 2$

```
0.089-0.093
                    -4E-3
Rep/0.003
                    -1.333333333E0
```

La valeur obtenue expérimentalement ne s'écarte de la valeur théorique que d'une fois l'incertitude de mesure, ce qui est peu et valide la valeur expérimentale.

Q7. Système {bille} de masse m
Référentiel terrestre supposé galiléen
D'après la deuxième loi de Newton : $\overrightarrow{P_A} + \vec{f} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$

$-\rho_h \cdot V_b \cdot g.\vec{k} - \alpha \cdot \eta_C \cdot v \cdot \vec{k} + m \cdot g \cdot \vec{k} = m \cdot a \cdot \vec{k}$

Par projection suivant l'axe Oz : $-\rho_h \cdot V_b \cdot g - \alpha \cdot \eta_C \cdot v + m \cdot g = m \cdot a$

$-\alpha \cdot \eta_C \cdot v + g \cdot (m - \rho_h \cdot V_b) = m \cdot a$

$a = -\dfrac{\alpha \cdot \eta_C}{m} \cdot v + g \cdot \dfrac{(m - \rho_h \cdot V_b)}{m}$

$a = -\dfrac{\alpha \cdot \eta_C}{m} \cdot v + g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_h \cdot V_b}{m}\right)$

Q8. $a = \dfrac{dv}{dt}$ et on remplace $m = \rho_b \cdot V_b$

$\dfrac{dv}{dt} = -\dfrac{\alpha \cdot \eta_C}{\rho_b \cdot V_b} \cdot v + g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_h \cdot V_b}{\rho_b \cdot V_b}\right)$

$\dfrac{dv}{dt} = -\dfrac{\alpha \cdot \eta_C}{\rho_b \cdot V_b} \cdot v + g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_h}{\rho_b}\right)$

Avec $V_b = \dfrac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ alors $\dfrac{dv}{dt} = -\dfrac{\alpha \cdot \eta_C}{\rho_b \cdot \dfrac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3} \cdot v + g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_h}{\rho_b}\right)$

$\dfrac{dv}{dt} = -\dfrac{3\alpha \cdot \eta_C}{\rho_b \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^3} \cdot v + g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_h}{\rho_b}\right)$

$\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{3\alpha \cdot \eta_C}{4 \cdot \rho_b \cdot \pi \cdot r^3} \cdot v = g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_h}{\rho_b}\right)$

Q9. $\tau = \dfrac{4 \cdot \rho_b \cdot \pi \cdot r^3}{3 \cdot \alpha \cdot \eta_C}$

$\tau = \dfrac{4 \times 1{,}06 \times 10^3 \times \pi \times \left(0{,}993 \times 10^{-3}\right)^3}{3 \times 1{,}92 \times 10^{-2} \times 0{,}093} = 2{,}4 \times 10^{-3}\,s$

```
4*1060*π*0.993E-3^3
-----------------------
3*1.92E-2*0.093
                    2.434770565E-3
```

Si l'on fait l'hypothèse que la bille se déplace durant tout son mouvement avec une vitesse égale à la vitesse limite alors il lui faut une durée $\Delta t = \dfrac{H}{v_{lim}}$ pour parcourir toute la hauteur du tube.

$\Delta t = \dfrac{0{,}15}{5{,}37 \times 10^{-3}} = 28$ s

```
0.15/5.37E-3
                    2.793296089E1
```

On sait que le régime permanent où $v = v_{lim}$ est atteint au bout d'une durée égale à 5τ, soit $5 \times 2{,}4 \times 10^{-3}$ s = $1{,}2 \times 10^{-2}$ s.
Cette durée pour atteindre le régime permanent est très courte par rapport à la durée totale du parcours, donc il est correct de faire l'hypothèse proposée.

Autre méthode possible :
Le mouvement de la bille est constitué de deux phases : une phase transitoire et une phase stationnaire (vitesse limite atteinte).
La vitesse de la bille est inférieure à la vitesse limite pendant toute la phase transitoire.
Supposons que pendant la phase transitoire sa vitesse soit égale à la vitesse limite on peut alors déterminer la distance que la bille parcourait pendant cette phase.
Soit $d = v_{lim} \times 5\tau$
$d = 5{,}37 \times 5 \times 2{,}4 \times 10^{-3}$ m = **0,064 mm**.
Cette distance est supérieure à la distance réellement parcourue par la bille pendant cette phase puisque sa vitesse est inférieure à v_{lim}.
Or on constate que cette distance est très très inférieure aux 15 cm de hauteur du tube.
On peut donc conclure que la vitesse de la bille est pratiquement égale à v_{lim} sur toute la hauteur du tube.

Merci de nous signaler la présence d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.