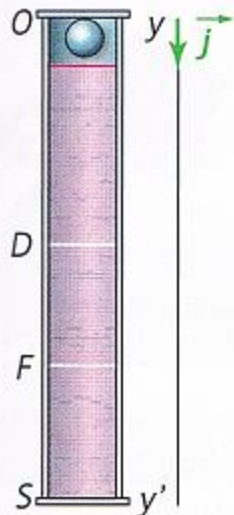


N° 23 P.179

→ L'objectif de cet exercice est de mesurer la viscosité d'un liquide, le glycérol.

Le glycérol est un liquide utilisé pour ses propriétés lubrifiantes notamment en cosmétologie et en pharmacie, propriétés liées à une viscosité élevée. La viscosité exprime la résistance du fluide à l'écoulement et l'une des techniques de mesure de cette viscosité consiste à étudier la chute d'une bille dans ce fluide : cet exercice en présente le principe.

Un long tube OS , fermé aux deux extrémités, contient du glycérol de viscosité η (exprimée en $\text{Pa}\cdot\text{s}$) et une bille en acier de rayon R et de volume V .



Le tube est retourné à l'instant $t = 0$, la bille se trouve alors en haut du tube sans vitesse initiale puis elle tombe verticalement dans le glycérol.

L'étude est effectuée dans le référentiel de laboratoire supposé galiléen. L'axe pour l'étude est l'axe $y'y'$ vertical orienté vers le bas, de vecteur unitaire \vec{j} .

1. Au cours de sa chute, la bille, modélisée par un point, est soumise à trois forces :

– son poids \vec{P} ;

– la poussée d'Archimède \vec{F}_A , force verticale, dirigée vers le haut. Dans un modèle simplifié, sa valeur est égale au poids du fluide déplacé : $F_A = \rho_{\text{gly}} V g$;

– la force de frottement \vec{f} , verticale et de sens opposé à la vitesse. Sa valeur a pour expression $f = k \eta R v$, où v est la valeur de la vitesse de la bille et k une constante sans dimension.

a. Donner l'expression vectorielle des trois forces.

b. Représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2. Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa vitesse est constante : cette vitesse, appelée vitesse limite, est notée v_{lim} . La durée de chute Δt entre les deux traits D et F qui sont distants d'une hauteur L , est mesurée ; on trouve $\Delta t = 0,29$ s.

a. Quelle est alors la nature du mouvement de la bille ? Exprimer la vitesse v_{lim} en fonction de Δt et L .

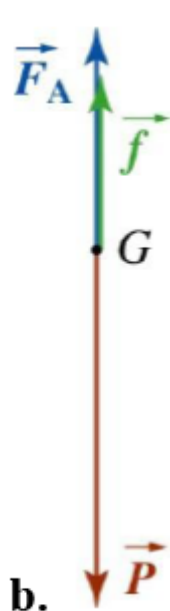
b. Écrire la relation vectorielle entre les forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle se trouve entre les deux traits D et F . Justifier la réponse.

c. En déduire l'expression de la viscosité du glycérol :

$$\eta = C(\rho_s - \rho_{\text{gly}})\Delta t, \text{ avec } C = \frac{gV}{kRL}.$$

Calculer la valeur de η , sachant que $C = 7,84 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Données : intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$; masse volumique de l'acier $\rho_s = 7\,850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; rayon de la bille $R = 6,0 \times 10^{-3} \text{ m}$; masse volumique du glycérol $\rho_{\text{gly}} = 1\,260 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



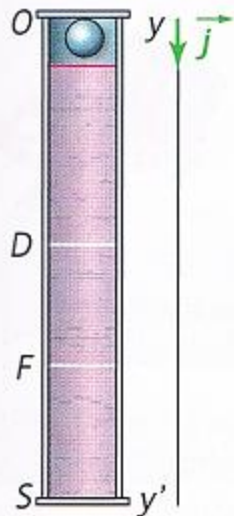
23. 1. a. $\vec{P} = m\vec{g} = \rho_s V g \vec{j}$ · documents

$$\vec{F}_A = -\rho_{\text{gly}} V g \vec{j} .$$

$$\vec{f} = -k\eta R v \vec{j} .$$

rol est un liquide utilisé pour ses
s lubrifiants notamment en cosmé-
t en pharmacie, propriétés liées à une
élevée. La viscosité exprime la résistance
à l'écoulement et l'une des techniques
e de cette viscosité consiste à étudier la
ne bille dans ce fluide: cet exercice en
le principe.

Un long tube OS , fermé aux deux extrémités, contient du glycérol de viscosité η (exprimée en $\text{Pa}\cdot\text{s}$) et une bille en acier de rayon R et de volume V .



Le tube est retourné à l'instant $t = 0$, la bille se trouve alors en haut du tube sans vitesse initiale puis elle tombe verticalement dans le glycérol.

L'étude est effectuée dans le référentiel de laboratoire supposé galiléen. L'axe pour l'étude est l'axe $y'y'$ vertical orienté vers le bas, de vecteur unitaire \vec{j} .

rer la

1. Au cours de sa chute, la bille, modélisée par un point, est soumise à trois forces:

– son poids \vec{P} ;

– la poussée d'Archimède \vec{F}_A , force verticale, dirigée vers le haut. Dans un modèle simplifié, sa valeur est égale au poids du fluide déplacé: $F_A = \rho_{\text{gly}} V g$;

– la force de frottement \vec{f} , verticale et de sens opposé à la vitesse. Sa valeur a pour expression $f = k\eta R v$, où v est la valeur de la vitesse de la bille et k une constante sans dimension.

a. Donner l'expression vectorielle des trois forces.

b. Représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2. Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa vitesse est constante: cette vitesse, appelée vitesse limite, est notée v_{lim} . La durée de chute Δt entre les deux traits D et F qui sont distants d'une hauteur L , est mesurée; on trouve $\Delta t = 0,29$ s.

a. Quelle est alors la nature du mouvement de la bille? Exprimer la vitesse v_{lim} en fonction de Δt et L .

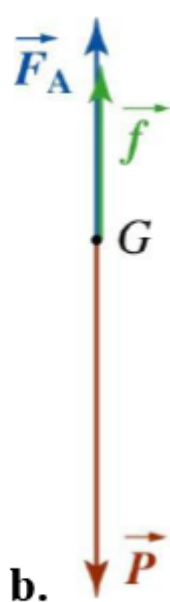
b. Écrire la relation vectorielle entre les forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle se trouve entre les deux traits D et F . Justifier la réponse.

c. En déduire l'expression de la viscosité du glycérol:

$$\eta = C(\rho_s - \rho_{\text{gly}})\Delta t, \text{ avec } C = \frac{gV}{kRL} .$$

Calculer la valeur de η , sachant que $C = 7,84 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Données: intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$; masse volumique de l'acier $\rho_s = 7\,850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; rayon de la bille $R = 6,0 \times 10^{-3} \text{ m}$; masse volumique du glycérol $\rho_{\text{gly}} = 1\,260 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.



$$\vec{P} = m\vec{g} = \rho_s V g \vec{j}$$

$$\vec{F}_A = -\rho_{\text{gly}} V g \vec{j}$$

$$\vec{f} = -k\eta R v \vec{j}$$

2.a. La bille est en mouvement rectiligne uniforme.

rer la 1. Au cours de sa chute, la bille, considérée par un point, est soumise à trois forces :

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{\Delta t}$$

– son poids \vec{P} ;
– la poussée d'Archimède F_A , force verticale, dirigée vers le haut.

b. D'après le principe d'inertie, la bille étant en mouvement rectiligne uniforme, la bille constitue un système isolé :

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = \vec{0}$$

résistance
chniques
étudier la

ne bille dans ce fluide: cet exercice en
le principe.

– la force de frottement f , verticale et de sens opposé à la vitesse.
Sa valeur a pour expression $f = k\eta R v$, où v est la valeur de la vitesse de la bille et k une constante sans dimension.

- Donner l'expression vectorielle des trois forces.
- Représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2. Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa vitesse est constante: cette vitesse, appelée vitesse limite, est notée v_{lim} . La durée de chute Δt entre les deux traits D et F qui sont distants d'une hauteur L , est mesurée ; on trouve $\Delta t = 0,29$ s.

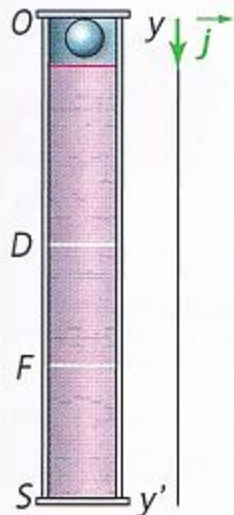
- Quelle est alors la nature du mouvement de la bille ? Exprimer la vitesse v_{lim} en fonction de Δt et L .
- Écrire la relation vectorielle entre les forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle se trouve entre les deux traits D et F . Justifier la réponse.
- En déduire l'expression de la viscosité du glycérol :

$$\eta = C(\rho_s - \rho_{\text{gly}})\Delta t, \text{ avec } C = \frac{gV}{kRL}$$

Calculer la valeur de η , sachant que $C = 7,84 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

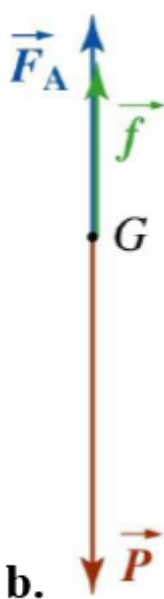
Données : intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$; masse volumique de l'acier $\rho_s = 7\,850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; rayon de la bille $R = 6,0 \times 10^{-3} \text{ m}$; masse volumique du glycérol $\rho_{\text{gly}} = 1\,260 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Un long tube OS , fermé aux deux extrémités, contient du glycérol de viscosité η (exprimée en $\text{Pa} \cdot \text{s}$) et une bille en acier de rayon R et de volume V .



Le tube est retourné à l'instant $t = 0$, la bille se trouve alors en haut du tube sans vitesse initiale puis elle tombe verticalement dans le glycérol.

L'étude est effectuée dans le référentiel de laboratoire supposé galiléen. L'axe pour l'étude est l'axe $y'y'$ vertical orienté vers le bas, de vecteur unitaire \vec{j} .



23. 1. a. $\vec{P} = m\vec{g} = \rho_s V g \vec{j}$

$\vec{F}_A = -\rho_{gly} V g \vec{j}$

$\vec{f} = -k\eta R v \vec{j}$

2.a. La bille est en mouvement rectiligne uniforme.

rer la 1. Au cours de sa ch
à trois forces:
- son poids P ;
- la poussée d'Archimede F_A , force verticale, dirigée vers le haut.

$$v_{lim} = \frac{L}{\Delta t}$$

isée par un point, est soumise

b. D'après le principe d'inertie, la bille étant en mouvement rectiligne uniforme, la bille constitue un système isolé :

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = \vec{0}$$

esistance
chniques
étudier la

la force de frottement f , verticale et de sens opposé à la vitesse.
Sa valeur a pour expression $f = k\eta R v$, où v est la valeur de la vitesse de la bille et k une constante sans dimension.

a. Donner l'expression vectorielle des trois forces.

c. En projection sur l'axe vertical, la relation vectorielle donne :

$$\rho_s V g - \rho_{gly} V g - k\eta R v_{lim} = 0$$

$$k\eta R v_{lim} = \rho_s V g - \rho_{gly} V g = V g (\rho_s - \rho_{gly})$$

$$\eta = \frac{V g (\rho_s - \rho_{gly})}{k R v_{lim}} \quad \eta = \frac{V g (\rho_s - \rho_{gly})}{k R L} \Delta t$$

et en posant $C = \frac{V g}{k R L}$, on a $\eta = C(\rho_s - \rho_{gly})$.

A.N. : $\eta = 7,84 \times 10^{-4} \times (7850 - 1260) \times 0,29 = 1,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

Un long tube

