

Masses volumiques

Buts de l'expérience

Mesures de masses volumiques ρ de corps solides, liquides et gazeux.

Définition

La masse volumique ρ d'un corps homogène est définie par le quotient de sa masse sur son volume :

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ en } \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \left[\frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \right].$$

Autrement dit, la masse volumique ρ est le coefficient de proportionnalité entre le volume et la masse d'un corps. Elle dépend de la substance du corps. Pour les solides et les liquides, elle dépend légèrement de la température et presque pas de la pression. Pour les gazeux elle dépend fortement de la température et de la pression.

I. Masse volumique de substances solides.

Matériel à disposition

Un pycnomètre et une balance de précision.
Un pycnomètre est représenté sur la figure de gauche.

Manipulations

Le pycnomètre est rempli d'eau distillée, jusqu'au repère r .
Ensuite, il doit être pesé pour déterminer sa masse m_1 .

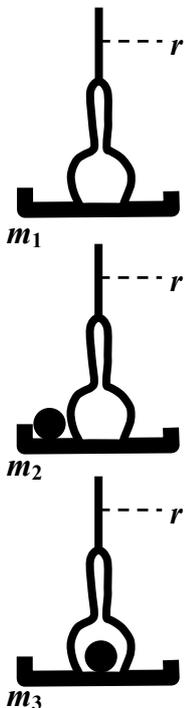
Ensuite, pour chaque échantillon solide dont on cherche la masse volumique, on procède aux deux pesées m_2 et m_3 schématisées ci-contre. Dans chaque cas, le pycnomètre doit contenir de l'eau distillée jusqu'au repère r . Toutes les manipulations doivent être faites avec soin. En cours d'opération, il faut éliminer les bulles d'air, compléter, si nécessaire, le volume d'eau et ne pas laisser de gouttes d'eau au-dessus du repère. Après chaque remplissage, essayez le pycnomètre.

La masse volumique du corps solide s'écrit :
$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3} \cdot \rho_{\text{eau}}$$

Dans la théorie, vous justifierez cette formule.

La valeur de ρ_{eau} se trouve dans la table CRM ou peut être mesurée au moyen de la balance de Mohr décrite plus loin.

Comparez aux valeurs officielles, quand c'est possible.



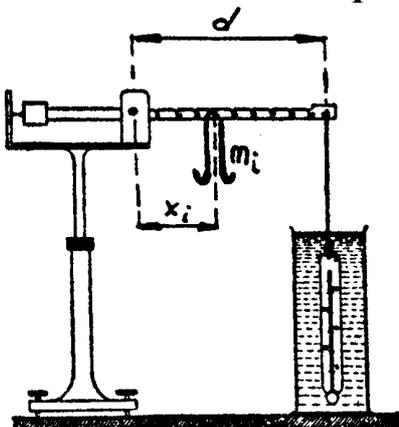
II. Masse volumique de substances liquides.

Matériel à disposition

Une balance de Mohr représentée ci-contre, un plongeur de volume V connu, une éprouvette contenant le liquide dont on cherche la masse volumique, des cavaliers de différentes masses.

Manipulations

Au préalable, équilibrez la balance dans l'air. Emplissez l'éprouvette d'eau distillée dont vous mesurez la température. Immergez le plongeur dans cette eau distillée. L'équilibre est rompu par la force d'Archimède et doit être rétabli par l'addition de cavaliers placés convenablement.



La condition d'équilibre de la balance permet de déterminer la masse volumique du liquide étudié

avec la formule :
$$\rho_{\text{liquide}} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot x_i}{V \cdot d}$$
 Ici :
$$\rho_{\text{liquide}} = \frac{m_1}{V \cdot d} \cdot x_1 + \frac{m_2}{V \cdot d} \cdot x_2 + \frac{m_3}{V \cdot d} \cdot x_3$$

V = le volume du plongeur

d = la distance représentée sur le dessin de la page précédente.

Les x_i représente les positions des différents cavaliers et m_i leur masse.

Dans cette expérience : $m_1 = 5,000$ [g] ; $m_2 = 0,500$ [g] ; $m_3 = 0,050$ [g] ; $V \cdot d = 50,00$ [cm⁴].
Justifiez cette formule dans la théorie.

Répétez les manipulations pour l'alcool (éthanol C_2H_5OH) et le sulfate de cuivre mis à disposition, en n'oubliant pas de rincer et de sécher l'éprouvette et le plongeur entre chaque détermination de masse volumique. **Récupérez** l'alcool et le sulfate de cuivre !

III. Masse volumique de substances gazeuses.

Matériel à disposition

Un ballon de verre de volume V intérieur connu, une balance de précision, une pompe à vide.

Manipulations

Pour l'air ambiant.

- 1) Mesurez la masse $m_{\text{gaz}, 1}$ du ballon rempli d'air ambiant.
- 2) Videz l'air contenu dans le ballon de verre à l'aide de la pompe à vide. Mesurez précisément la masse m_{vide} du ballon vide de gaz.
- 3) Remplissez-le ensuite d'air ambiant, puis mesurez précisément la masse $m_{\text{gaz}, 2}$ du ballon. Vérifiez que vous obtenez la même valeur que lors de la première mesure. Si ce n'est pas le cas, recommencez depuis le début.

La masse volumique du gaz s'écrit :
$$\rho_{\text{gaz}} = \frac{m_{\text{gaz}} - m_{\text{vide}}}{V}$$

Rappelons que la masse volumique d'un gaz dépend fortement de la température et de la pression. En première approximation, la masse volumique d'un gaz est proportionnelle à la pression et inversement proportionnelle à la température exprimée en Kelvin.

Par exemple la variation relative de masse volumique d'un gaz entre 0 °C et 22 °C est de :

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{22^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}}{273^\circ\text{C}} = 8,1\% . \quad (0^\circ\text{C} \text{ est la condition normale de mesure de masse volumique d'un gaz.})$$

La masse volumique diminue de 8,1% pour une augmentation de température de 0°C à 22°C.

La pression varie en fonction de l'altitude comme : $P(h) = P_0 \cdot (1 - 2,26 \cdot 10^{-5} \cdot h)^{5,255}$.

P_0 = la pression au niveau de la mer = $1,013 \cdot 10^5$ [Pa].

h = l'altitude en mètres.

L'altitude du collège Claparède est de : $h \approx 420$ [m], donc

$$P_{\text{Claparède}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ [Pa]} \cdot (1 - 2,26 \cdot 10^{-5} \cdot 420)^{5,255} = \underline{\underline{1,013 \cdot 10^5 \text{ [Pa]} \cdot 95,11\% .}}$$

La pression diminue de 4,9% par rapport au niveau de la mer, donc la masse volumique diminue de 4,9% par rapport à celle mesurée au niveau de la mer à 0°C, qui est celle fournie dans la table CRM.

Lisez l'avertissement des tables générales (page 161) de la table CRM pour déterminer la valeur officielle de la masse volumique de l'air à Genève, dans les laboratoires chauffés à environ 22 °C. Ceci peut être préparé à l'avance !