

Mesure de la densité des liquides avec la balance à un bras selon le principe de *Mohr-Westphal*

Objectifs expérimentaux

- Détermination de la densité de l'eau pure et vérification de la précision de mesure de la balance à un bras.
- Détermination de la densité de solutions d'eau et d'éthanol en fonction de la concentration en volume de l'éthanol.

Notions de base

La densité d'un liquide peut être déterminée très exactement à l'aide de la balance à un bras selon le principe de *Mohr-Westphal*:

Un corps descendant subit une poussée verticale orientée vers le haut lors de son immersion dans le liquide, ceci lui faisant apparemment perdre du poids. D'après sa valeur, la poussée verticale correspond au poids du liquide refoulé par le corps descendant et est donc proportionnelle à la densité du liquide. La perte de poids apparente est compensée sur le fléau par des curseurs. La densité du liquide est donnée directement par la position des curseurs. Pour la température de référence $\vartheta = 20\text{ °C}$, il est ainsi possible de déterminer des densités de liquides entre $0,8\text{ g cm}^{-3}$ et $1,1\text{ g cm}^{-3}$ avec une précision de $\Delta\rho = 0,0003\text{ g cm}^{-3}$. En dehors de ce domaine, l'affichage de la balance doit être corrigé, étant donné que la poussée aérostatique et les gouttes de liquide sur le fil du corps descendant interviennent dans la mesure.

Dans l'expérience, on étudie le mélange de deux liquides de différentes densités ρ_1 et ρ_2 . Voici les réflexions faites pour la densité ρ du mélange (mieux: de la solution):

D'après les volumes partiels V_1 et V_2 , on calcule pour les masses partielles

$$m_1 = \rho_1 \cdot V_1 \text{ et } m_2 = \rho_2 \cdot V_2 \quad (\text{I}).$$

La masse totale de la solution est sûrement égale à la somme des masses partielles, d'où

$$m = \rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2 \quad (\text{II})$$

Pour une solution idéale, les volumes partiels s'additionnent pour former le volume total

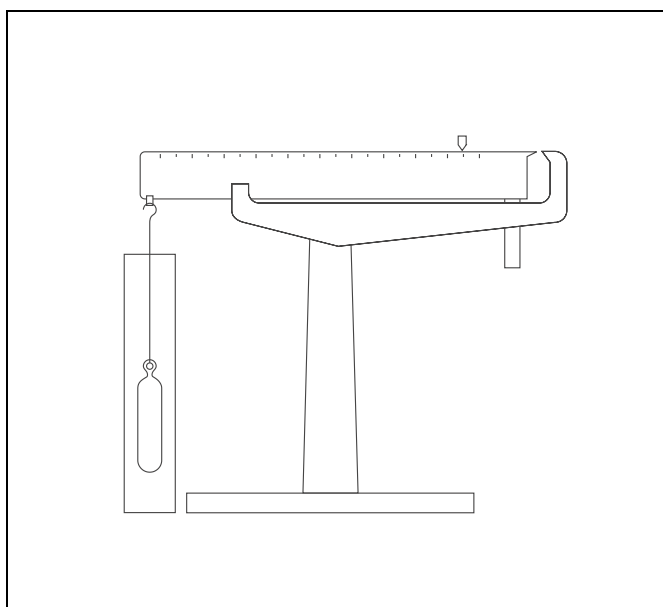
$$V = V_1 + V_2 \quad (\text{III}).$$

Il s'ensuit

$$\rho = \rho_1 \cdot \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V_1 + V_2}\right) \quad (\text{IV}),$$

c.-à-d. que la densité de la solution idéale dépend linéairement de la concentration en volume

$$c = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \quad (\text{V}).$$



Matériel

- 1 balance à un bras (Mohr-Westphal) 316 07
- 2 éprouvettes graduées, 100 ml:1 665 754
- 1 éthanol, dénaturé, 1 l 671 972

Supplément nécessaire:

eau distillée ou déminéralisée

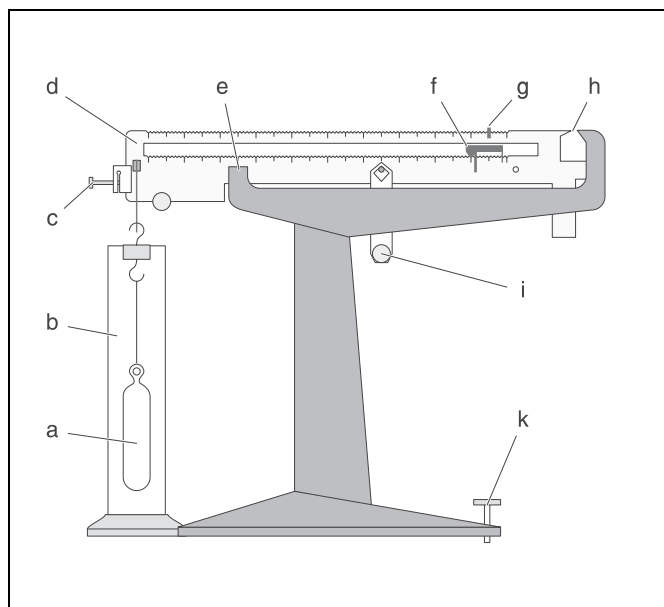
Montage

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 1.

- Mettre le fléau avec l'index incliné vers le bas dans le support et l'installer dans l'appui central.
- Nettoyer le corps descendant et l'accrocher dans l'attache de suspension.
- Amener le curseur 1 dans l'encoche «0,00», le curseur 2 dans l'encoche «0,0000» et accrocher la masse suspendue.
- Régler le zéro en faisant tourner la vis de l'embase, si besoin est, réajuster la tige compensatrice jusqu'à ce que les deux index soient face à face, au même niveau.

Fig. 1 Montage expérimental avec la balance à un bras selon le principe de *Mohr-Westphal*

- a Corps descendant
- b Verre pour immersion du corps
- c Tige compensatrice
- d Fléau
- e Appui central
- f Curseur 1
- g Curseur 2
- h Index
- i Masse suspendue
- k Vis de l'embase



Réalisation

N.B.:

Une immersion incomplète du corps descendant dans le liquide étudié, le frottement du corps descendant sur la paroi du verre pour immersion, des bulles d'air sur le corps descendant et des gouttes de liquide sur l'attache de suspension du corps descendant risquent de fausser le résultat de la mesure.

a) Mesure de la densité de l'eau pure:

- Décrocher le corps descendant du fléau et verser 90 ml d'eau pure dans le verre pour immersion.
- Ternir le corps descendant par l'attache, l'immerger dans le liquide étudié, l'amener sous le fléau avec le verre pour immersion et l'accrocher dans l'attache de suspension.
- Accrocher le thermomètre dans le verre pour immersion du corps.
- Déplacer les deux curseurs jusqu'à ce qu'ils soient tous les deux exactement face à face, au même niveau.
- Relever et noter la densité donnée par la somme des deux valeurs de graduation.

b) Mesure de la densité de solutions d'eau et d'éthanol:

- Recommencer la mesure avec de l'éthanol pur puis avec des solutions d'eau et d'éthanol.
- Pour ce faire, chaque fois bien nettoyer le corps descendant et le verre pour immersion du corps, puis verser env. 90 ml de liquide étudié dans le verre pour immersion.
- Relever la densité donnée par la somme des deux valeurs de graduation et la noter avec la concentration en volume c de l'éthanol.

Pour préparer une solution d'eau et d'éthanol avec une concentration en volume c souhaitée de l'éthanol, il est judicieux de procéder comme suit:

- Remplir d'éthanol le bécher gradué 1 jusqu'au volume $V_1 = c \cdot 100\text{ml}$.
- Remplir d'eau le bécher gradué 2 jusqu'au volume $V_2 = (1 - c) \cdot 100\text{ml}$.
- Prudemment mélanger les deux liquides dans un bécher gradué et verser ensuite environ 90 ml de la solution dans le verre pour immersion du corps de la balance à un bras.

Exemple de mesure

a) Mesure de la densité de l'eau pure:

$\vartheta = 22\text{ °C}$
 $\rho = 0,9975\text{ g cm}^{-3}$

b) Mesure de la densité de solutions d'eau et d'éthanol:

Tab. 1: Résultats de mesure pour la densité ρ en fonction de la concentration en volume c de l'éthanol

c	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$	c	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$
1,0	0,7885	0,5	0,9242
0,9	0,8243	0,4	0,9429
0,8	0,8517	0,3	0,9595
0,7	0,8793	0,2	0,9724
0,6	0,9019	0,1	0,9835

Exploitation et résultat

a) Mesure de la densité de l'eau pure:

Le tab. 2 donne comme valeur littéraire la valeur $\rho = 0,9978 \text{ g cm}^{-3}$ pour la densité de l'eau pure avec $\vartheta = 22 \text{ °C}$.

Le résultat de mesure $\rho = 0,9975 \text{ g cm}^{-3}$ coïncide avec cette valeur dans le cadre de la précision de mesure.

Tab. 2: Valeurs littéraires pour la densité ρ de l'eau pure en fonction de la température ϑ :

ϑ	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$	ϑ	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$
15 °C	0,999099	23 °C	0,997540
16 °C	0,998943	24 °C	0,997299
17 °C	0,998775	25 °C	0,997047
18 °C	0,998596	26 °C	0,996785
19 °C	0,998406	27 °C	0,996515
20 °C	0,998205	28 °C	0,996235
21 °C	0,997994	29 °C	0,995946
22 °C	0,997772	30 °C	0,995649

b) Mesure de la densité de solutions d'eau et d'éthanol:

Dans la fig. 2, les résultats de mesure sont représentés par des cercles pour la densité ρ . Ils sont nettement au-dessus de la ligne en pointillé qui restitue le rapport linéaire attendu conformément à l'équation (IV).

L'alcool et l'eau forment une solution réelle pour laquelle il survient une contraction de volume et dont le volume V est moins important que calculé selon (III).

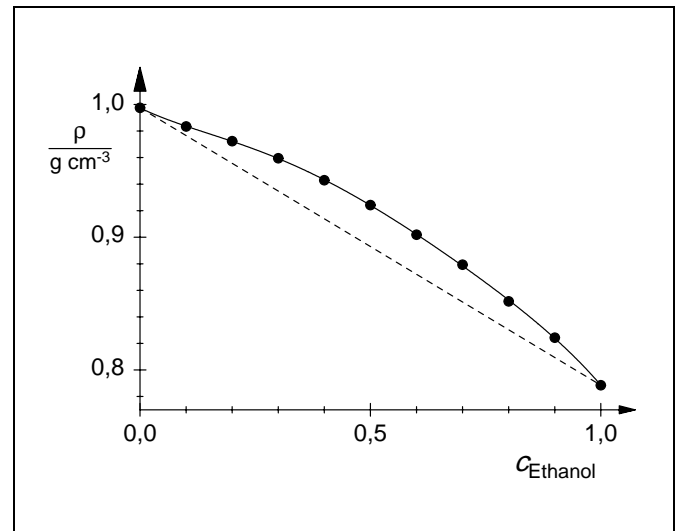


Fig. 2 Densité d'une solution d'eau et d'éthanol en fonction de la concentration en volume de l'éthanol

Information supplémentaire

La consommation globale d'éthanol est nettement réduite si on dédouble les concentrations de manière appropriée dans une série de mesures en mélangeant 50 ml d'une solution avec 50 ml d'eau pure.

Les dilutions suivantes sont possibles:

$$\begin{aligned}
 c = 1 &\rightarrow c = 0,5; \\
 c = 0,8 &\rightarrow c = 0,4 \rightarrow c = 0,2 \rightarrow c = 0,1 \\
 c = 0,6 &\rightarrow c = 0,3
 \end{aligned}$$

Ici, la contraction de volume dans la solution n'est pas prise en compte pour le calcul de la concentration.