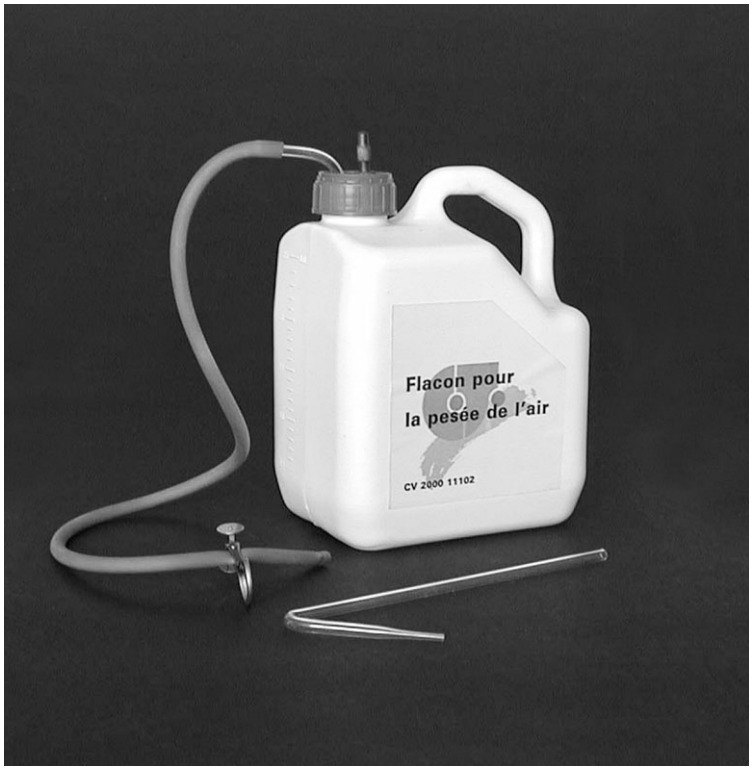
Flacon pour la pesée de l’air

CV 2000 11102



Mode d’emploi

Centre technique et pédagogique
de l’Enseignement de la Communauté française

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DE L'AIR *

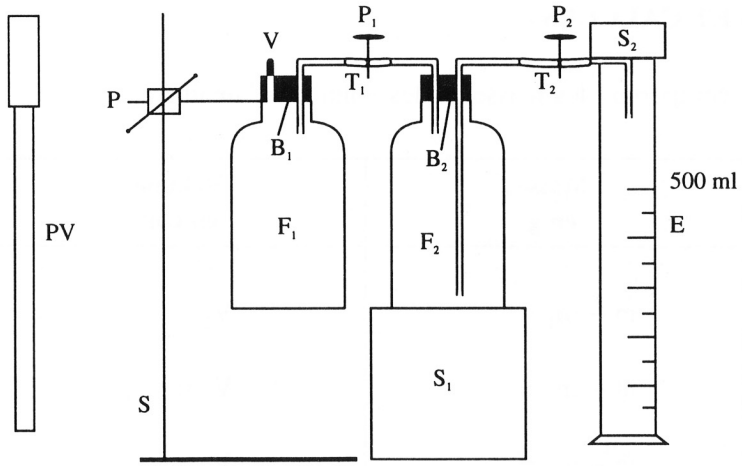
MANIPULATION 1

1. PRINCIPE DE LA MANIPULATION

On pèse un récipient après y avoir introduit de l'air sous pression. On libère ensuite de petites fractions successives d'air. L'air libéré provoque le déplacement de l'eau colorée contenue dans un deuxième récipient. On mesure chaque fois le volume d'eau déplacée. Celui-ci correspond au volume d'air libéré. On pèse le récipient après chaque libération d'air.
Une étude graphique des résultats obtenus permet de vérifier si une quantité déterminée d'air a une masse.

2. MATÉRIEL

- Une balance (précision: 0,01 g) avec, si nécessaire, une boîte de masses marquées
- Une pompe à vélo
- Un thermomètre (graduation: 1°C)
- Un baromètre
- Du papier millimétrique
- Un flacon F_1 en matière plastique (environ 1 litre) comportant:
  - un bouchon en caoutchouc B_1 maintenu fermement
  - une valve de chambre à air de vélo V
  - un type de dégagement T_1
  - une pince de Mohr P_1
- Un flacon F_2 rempli d'eau colorée
- Une éprouvette graduée E de 500 ml
- Un tube de dégagement T_2
- Une pince de Mohr P_2
- Deux socles S_1 et S_2
- Un statif S
- Une pince et noix P
- Une pompe de vélo PV



* Source: *Relations massiques et volumétriques*, Centre technique de l'Enseignement de l'État, 1981.

3. MODE OPÉRATOIRE

1. Remplir le flacon F_2 et le tube T_2 d'eau colorée. Fermer la pince P_2 . Introduire l'extrémité du tube T_2 dans l'éprouvette graduée E. Placer un petit socle sur l'extrémité du tube T_2 et sur l'orifice de l'éprouvette graduée E afin de maintenir convenablement en place le tube T_2 .
2. Enlever le capuchon de la valve V, dévisser la soupape et visser la pompe de vélo sur la valve. Placer la pince de Mohr P_1 de telle sorte qu'elle serre convenablement le tube T_1 .
3. Introduire de l'air dans le flacon F_1 en pompant lentement une quinzaine de coups. Dévisser la pompe, revisser la soupape et replacer le capuchon de la valve V.
4. Peser le flacon F_1 muni de sa valve V, du tube T_1 et de la pince de Mohr P_1 . Noter la masse obtenue (m).
5. Maintenir le flacon F_1 verticalement à l'aide de la pince P attachée au statif S. Introduire de 1 centimètre environ le tube T_1 dans l'extrémité libre du petit tube coudé du flacon F_2 . Desserrer la pince de Mohr P_2 .
6. Tout en appuyant fermement d'une main sur le bouchon B_2 , libérer un peu d'air en agissant très prudemment pendant une fraction de seconde sur la pince de Mohr P_1 . Attendre que cesse le déplacement d'eau provoquée par la libération de l'air. Provoquer ainsi un déplacement d'eau de 50 à 80 ml. Noter le volume d'eau déplacée (V_1). Libérer le tube T_1 de l'extrémité du petit tube coudé du flacon F_2 . Repeser le flacon F_1 muni de sa valve V, du tube T_1 et de la pince de Mohr P_1 . Noter la masse obtenue (m_1).
7. Recommencer plusieurs fois les opérations décrites aux points 5 et 6. Il n'est plus nécessaire de desserrer la pince de Mohr P_2 puisque celle-ci l'a été précédemment. Noter chaque fois le volume d'eau déplacée (V_2 , V_3 ,...) ainsi que la masse obtenue (m_2 , m_3 ,...). Arrêter la manipulation lorsque l'eau dépasse la graduation 500 ml de l'éprouvette graduée.

Remarques

- Le fond de beaucoup de flacons en matière plastique se bombe sous l'effet d'une pression intérieure. Afin de permettre de maintenir le flacon F_1 debout sur le plateau de la balance, on le munira d'un anneau en liège ou d'une matière plastique facile à façonner.
- Eau colorée: pour colorer l'eau, on peut y ajouter, par exemple, quelques grains de permanganate de potassium ou du bleu de méthylène.

4. GRAPHIQUES ET CALCULS

Réaliser un tableau comportant les masses et les volumes d'air libéré.

Masse en g	**Volume en cm^3**
$m - m_1$ = ...	V_1 = ...
$m - m_2$ = ...	V_2 = ...
$m - m_3$ = ...	V_3 = ...
etc.	

Sur papier millimétrique, établir le graphique de la masse d'air libéré en fonction du volume correspondant. Déterminer la pente de la droite obtenue. Cette pente donne la masse volumique de l'air au moment de l'expérience (μ_{air}).

Exprimer cette masse volumique en $\frac{kg}{m^3}$ et en $\frac{g}{dm^3}$.

La masse volumique d'un gaz dépend de la température et de la pression auxquelles il est soumis. Connaissant la masse volumique μ_{CN} de l'air dans les «conditions normales» (T_0 = 273 K et p_0 = 1013 mbar), on peut aussi *calculer* la valeur de la masse volumique de l'air dans les conditions de température et de pression du moment (μ). Pour la calculer, on repérera la température absolue T du local et on mesurera la pression atmosphérique p à l'aide d'un baromètre (un baromètre d'appartement peut être utilisé à condition qu'il ait été étalonné).

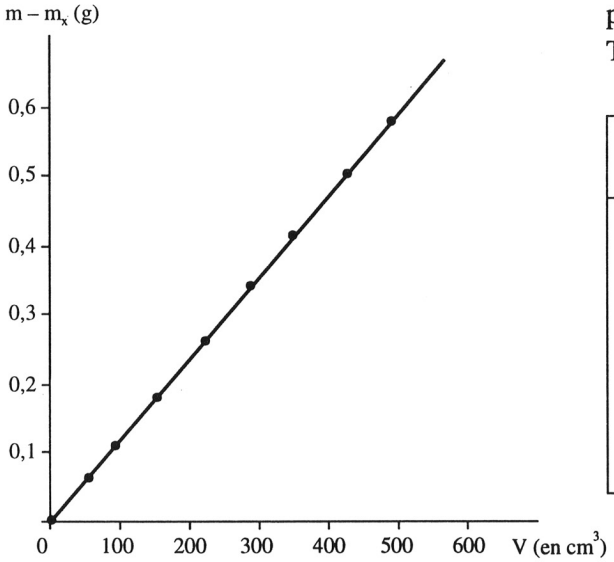
On utilisera la formule suivante:

$$\mu = \mu_{CN} \times \frac{273}{T} \times \frac{p}{1013} = 1{,}293 \times 1{,}293 \times \frac{273}{T} \times \frac{p}{1013}$$

La température absolue s'exprimera en kelvins (K), la pression en millibar et la masse volumique en $\frac{kg}{m^3}$ ou en $\frac{g}{dm^3}$.

5. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Exemple de résultat obtenu:



p = 1012 mbar
T = 291 K

Masse en g	Volume en cm³
$m - m_1 = 0{,}05$	$V_1 = 64$
$m - m_2 = 0{,}10$	$V_2 = 104$
$m - m_3 = 0{,}17$	$V_3 = 154$
$m - m_4 = 0{,}26$	$V_4 = 215$
$m - m_5 = 0{,}35$	$V_5 = 288$
$m - m_6 = 0{,}42$	$V_6 = 337$
$m - m_7 = 0{,}51$	$V_7 = 411$
$m - m_8 = 0{,}58$	$V_8 = 479$

pente : $\mu_{air} = 1{,}233 \ \frac{g}{dm^3}$

Masse volumique *calculée*: $\mu = 1{,}293 \times \frac{273}{291} \times \frac{1012}{1013} = 1{,}212 \ \frac{g}{dm^3}$

6. QUESTIONS DE RÉFLEXION (auxquelles l'élève est invité à répondre avant de manipuler)

1. *Pourquoi les bouchons B_1 et B_2 doivent-ils être maintenus fermement et pourquoi faut-il placer un socle sur l'extrémité du tube T_2 pendant la manipulation?*

   Les bouchons B_1 et B_2 et le tube T_2 doivent être maintenus fermement afin de ne pas «sauter» de leur emplacement en cours d'expérience sous l'effet de la pression régnant dans l'appareil.

2. *Comment vérifier si le flacon F_1 muni de sa valve V, du tube T_1 et de la pince de Mohr P_1 est bien étanche?*

   Pour vérifier l'étanchéité du flacon F_1 muni de sa valve V, du tube T_1 et de la pince de Mohr P_1, il suffit de peser l'ensemble après y avoir introduit de l'air sous pression à l'aide de la pompe de vélo et de le repeser après quelques minutes. Un manque d'étanchéité se remarquera par une perte de masse.

7. QUESTIONS DE RÉFLEXION (auxquelles l'élève est invité à répondre après la manipulation)

1. *En quelles unités s'exprime la masse volumique d'une substance dans le système international d'unités?*

   La masse volumique d'une substance s'exprime en $\frac{kg}{m^3}$ dans le système international d'unités. On peut aussi l'exprimer en $\frac{g}{dm^3}$.

2. *Définir la masse volumique d'une substance.*

   La masse volumique d'une substance est la masse de l'unité de volume de cette substance: $\mu = \frac{m}{V}$.

3. *Calculer le pourcentage d'écart entre la valeur de la masse volumique de l'air trouvée expérimentalement et la valeur réelle calculée:*

$$\% \text{ d'écart} = \frac{(\mu_{air} - \mu)}{\mu} \times 100$$

μ_{air} = masse volumique trouvée expérimentalement
μ = masse volumique calculée

Exemple de calcul du pourcentage d'écart:

$$\% \text{ d'écart} = \frac{(1{,}233 - 1{,}212)}{1{,}212} \times 100 = 1{,}7$$

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DE L'AIR *

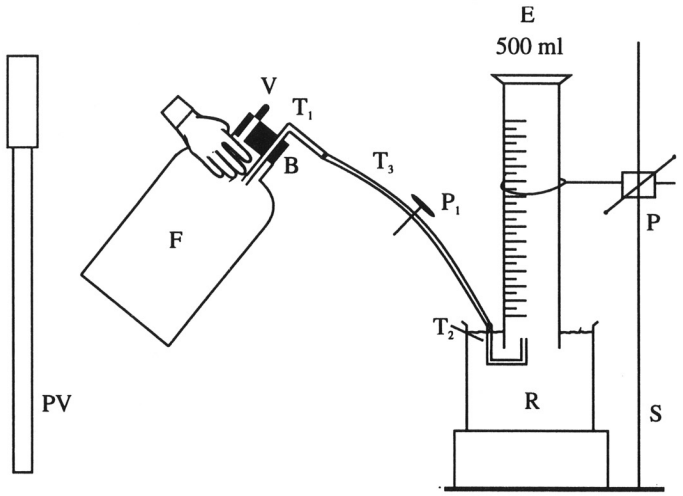
MANIPULATION 2

1. PRINCIPE

Par la mesure de la masse et du volume d'une quantité d'air déterminée, on peut, par calcul, déterminer la masse volumique de l'air ramenée aux «conditions normales» de température et de pression (T_0 = 273 K et p_0 = 1013 mbar).

2. MATÉRIEL

- Une balance (précision: 0,01 g) avec, si nécessaire, une boîte de masses marquées
- Un thermomètre (graduation: 1°C)
- Un baromètre
- Un flacon F en matière plastique (environ 1 litre) comportant:
  - un bouchon en caoutchouc B
  - une valve de chambre à air de vélo V
  - un tube de verre coudé T_1
  - un tube en matière plastique ou en caoutchouc T_3
  - une pince de Mohr P_1
- Un tube de verre coudé amovible T_2
- Un grand récipient R
- Une éprouvette graduée E de 500 ml
- Un bouchon pouvant obturer l'éprouvette E
- Un statif S
- Une pince et une noix P
- Une pompe de vélo PV



3. MODE OPÉRATOIRE

1. Verser de l'eau dans le récipient R jusqu'à 5 à 6 cm du bord.
2. Remplir d'eau l'éprouvette graduée E, y enfoncer lentement un bouchon (opérer au-dessus d'un évier) et la retourner sur le récipient R. En plongeant la main dans ce récipient, enlever le bouchon obturant l'éprouvette graduée. Maintenir celle-ci verticalement à l'aide de la pince P attachée au statif S.
3. Enlever le capuchon de la valve V, dévisser la soupape et visser la pompe de vélo sur la valve. Placer la pince de Mohr P_1 de telle sorte qu'elle serre convenablement le tube T_3.
4. Introduire de l'air dans le flacon F en pompant lentement une quinzaine de coups. Dévisser la pompe, revisser la soupape et replacer le capuchon de la valve V.

---

* Source: *Relations massiques et volumétriques*, Centre technique de l'Enseignement de l'État, 1981.

5. Peser le flacon muni de sa valve V, des tubes T_1 et T_3 ainsi que la pince de Mohr P_1. Noter la masse obtenue (m_1).
6. Introduire de 1 centimètre environ le tube T_2 dans l'extrémité libre du tube T_3. Tenir le flacon F par le goulot afin de ne pas l'échauffer.
7. Tout en maintenant le flacon F d'une main, placer l'extrémité du tube T_2 sous l'ouverture de l'éprouvette graduée E.
8. En agissant avec prudence sur la pince de Mohr P_1, libérer 450 à 480 cm^3 d'air qui seront ainsi recueillis dans l'éprouvette graduée E.
9. Détacher le tube T_2 et peser le flacon muni de sa valve V, des tubes T_1 et T_3 ainsi que de la pince Mohr P_1. Noter la masse ainsi obtenue (m_2).
10. Descendre l'éprouvette graduée E jusqu'à ce que les niveaux de l'eau dans le récipient R et dans l'éprouvette graduée E soient identiques.
11. Noter le volume d'air recueilli et la température de l'eau contenue dans le récipient R: on considérera qu'elle correspond à la température de l'air dans l'éprouvette E. Repérer la valeur de la pression atmosphérique du moment et rechercher dans la table (voir page 7) la pression de vapeur saturante de l'eau à la température de l'expérience.

Remarques

- Le fond de beaucoup de flacons en matière plastique se bombe sous l'effet de la pression intérieure. Afin de maintenir le flacon F debout sur le plateau de la balance, on le munira d'un anneau en liège ou d'une matière plastique facile à façonner.
- Pour vérifier l'étanchéité du flacon F muni de sa valve V, des tubes T_1 et T_3 et de la pince Mohr P_1, il suffit de peser l'ensemble après y avoir introduit de l'air sous pression à l'aide de la pompe de vélo et de le repeser après quelques minutes. Un manque d'étanchéité se remarquera par une perte de masse.
- La pression atmosphérique peut être repérée sur un baromètre à condition que celui-ci ait été étalonné.
- Pour améliorer la précision de la manipulation, on peut éventuellement étalonner l'éprouvette graduée de 500 ml par pesée d'eau.

4. CALCULS

1. Déterminer la masse (m) d'air introduite dans l'éprouvette graduée E:

$$m = m_1 - m_2$$

2. Ramener le volume d'air mesuré (V) aux conditions normales de température et de pression (V_{CN}) en tenant compte de la pression atmosphérique du moment (p) exprimée en millibars, de la température absolue à laquelle se trouve l'air (T_{air}) et de la pression de vapeur saturante de l'eau p_{eau} à cette température):

$$V_{CN} = V \times \frac{273}{T_{air}} \times \frac{p - p_{eau}}{1013}$$

3. Calculer la masse volumique de l'air, ramenée aux conditions normales de température et de pression (μ_{CN}):

$$\mu_{CN} = \frac{m}{V_{CN}}$$

Exprimer le résultat en $\frac{kg}{m^3}$ et en $\frac{g}{dm^3}$.

5. PRESSION DE VALEUR SATURANTE DE L'EAU

t en °C	p_{eau} en mbar	t en °C	p_{eau} en mbar
16	18,1	21	24,9
17	19,3	22	26,4
18	20,7	23	28,1
19	22,0	24	29,9
20	23,3	25	31,7

6. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Exemple de résultat obtenu:

$m_1 = 146{,}16$ g

$m_2 = 145{,}58$ g

$m = m_1 - m_2 = 0{,}55 \text{ g} = 5{,}5 \,.\, 10^{-4}$ kg

$V = 479 \text{ cm}^3 = 4{,}79 \,.\, 10^{-4} \text{ m}^3$

$T_{air} = 293$ K

$p = 1005$ mbar

$p_{eau} = 23{,}3$ mbar

$$V_{CN} = 4{,}79 \times 10^{-4} \,.\, \frac{273}{293} \times \frac{1005 - 23{,}3}{1013} = 4{,}33 \,.\, 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\mu_{CN} = \frac{5{,}5 \,.\, 10^{-4}}{4{,}33 \,.\, 10^{-4}} = 1{,}27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1{,}27 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

7. QUESTIONS DE RÉFLEXION (auxquelles l'élève est invité à répondre avant de manipuler)

1. *Définir la masse volumique d'une substance. En quelles unités s'exprime-t-elle dans le système international d'unités?*

   La masse volumique d'une substance est la masse de l'unité de volume de cette substance: $\mu = \frac{m}{V}$.
   Elle s'exprime en $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dans le système international d'unités.

2. *Comment évolue la masse volumique d'un gaz si la température augmente et si la pression augmente?*

   La masse volumique d'un gaz est inversement proportionnelle à la température absolue et directement proportionnelle à la pression.

8. QUESTIONS DE RÉFLEXION (auxquelles l'élève est invité à répondre après de manipuler)

1. *Calculer le pourcentage d'écart entre la valeur de la masse volumique de l'air μ_{CN} calculée au départ des résultats expérimentaux et la valeur indiquée dans les tables scientifiques, en se basant d'abord sur le résultat obtenu puis sur la moyenne des résultats des différentes équipes de la classe qui ont réalisé la manipulation:*

   $$\% \text{ d'écart} = \frac{(\mu_{CN} - 1{,}293)}{1{,}293} \times 100$$

   Exemple de calcul de pourcentage d'écart:

   $$\mu_{CN} = 1{,}27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

   $$\% \text{ d'écart} = \frac{(1{,}27 - 1{,}293)}{1{,}293} = -1{,}8$$

2. *Pourquoi faut-il enlever le tube T_2 pour effectuer les pesées?*

   Le tube T_2 se mouille pendant la manipulation. On l'enlève pour effectuer les pesées puisque l'eau qu'il retient fausserait celles-ci.