

Chaleur

Changement d'état physique d'un corps
Chaleur de fusion et chaleur d'évaporation

LD
Fiches d'expériences
de physique

P2.4.1.1

Détermination de la chaleur massique d'évaporation de l'eau

Objectifs expérimentaux

- Mesure de la température du mélange ϑ_M d'eau froide et de vapeur d'eau.
- Calcul de la chaleur massique d'évaporation de l'eau.

Notions de base

En général, si on chauffe une substance à pression constante, sa température augmente. Si toutefois une transition de phase a lieu dans la substance, la température n'augmente pas malgré l'apport de chaleur puisque cette chaleur est utilisée pour passer d'une phase à l'autre. Dès que le passage d'une phase à une autre est achevé, la température augmente à nouveau avec un apport de chaleur supplémentaire. Un exemple bien connu pour un tel changement d'état physique est celui de l'évaporation de l'eau. La quantité de chaleur requise par unité de masse est caractérisée de chaleur massique d'évaporation Q_V .

Dans l'expérience, pour déterminer la chaleur massique d'évaporation Q_V de l'eau, on fait passer de la vapeur d'eau pure dans un calorimètre, portant ainsi de l'eau froide à la température de mélange ϑ_m . La vapeur d'eau se condense en eau du fait de la chaleur d'évaporation cédée. Cette eau est refroidie à la température de mélange. On mesure en outre la température initiale ϑ_2 et la masse m_2 de l'eau froide ainsi que la masse m_1 de l'eau condensée et on calcule la chaleur d'évaporation comme suit:

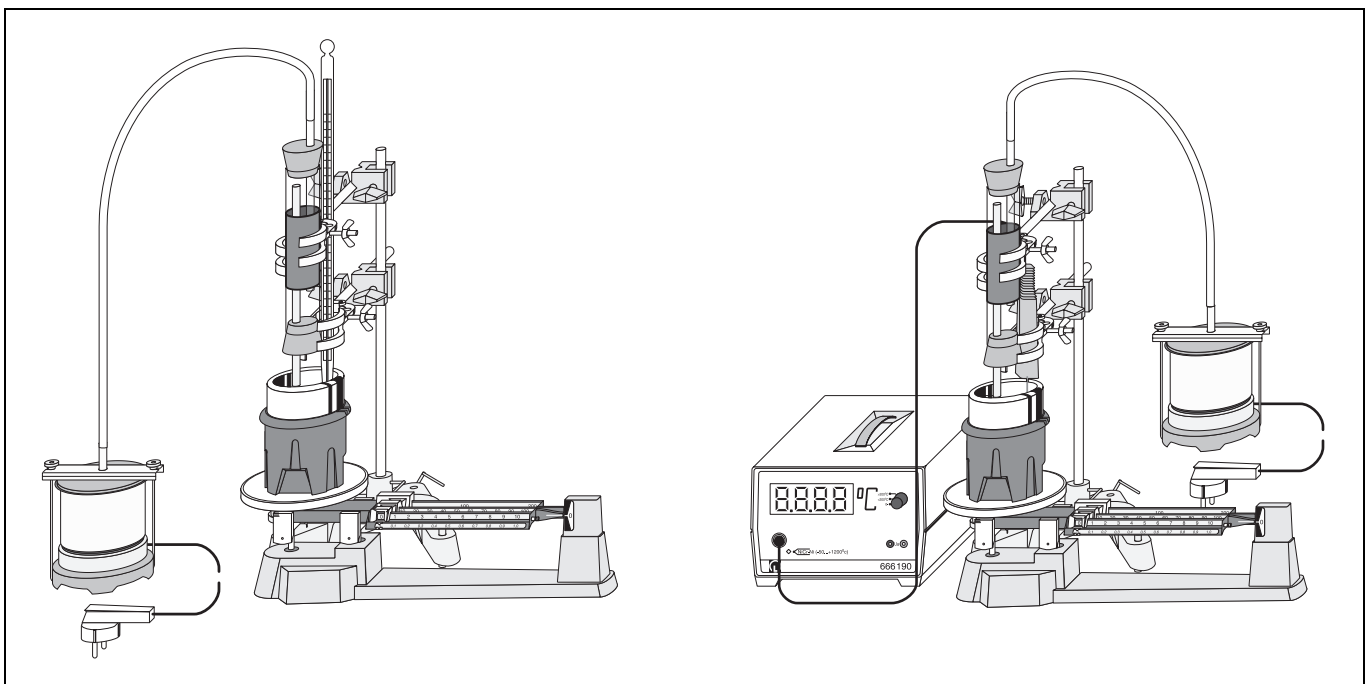
La quantité de chaleur cédée par la vapeur d'eau se compose de la quantité de chaleur

$$\Delta Q_1 = c \cdot m_1 \cdot (100^\circ\text{C} - \vartheta_M) \quad (I),$$

c : chaleur massique de l'eau

cédée par l'eau condensée au refroidissement de $\vartheta_1 \approx 100^\circ\text{C}$ à la température ϑ_M , et de la quantité de chaleur ΔQ_2 qui est libérée lors de la condensation de la vapeur d'eau en eau.

Fig. 1 Montage expérimental pour la détermination de la chaleur massique d'évaporation de l'eau
à gauche: mesure de la température avec le thermocouple
à droite: mesure de la température avec le thermocouple



Matériel

1 vase de Dewar	386 48
1 balance d'enseignement et de laboratoire 610 Tara, 610 g	315 23
1 thermomètre, -10° à $+110^{\circ}\text{C}$	382 34
ou	
1 sonde de température NiCr-Ni	666 193
1 thermomètre numérique	666 190
1 générateur de vapeur, 550 W/230 V	303 28
1 piège à eau	384 17
1 tuyau en silicone, \varnothing int. $7 \times 1,5$ mm, 1 m	667 194
1 bécher, 400 ml, forme basse, verre trempé	664 104
1 pied en V, petit modèle	300 02
1 tige, 47 cm	300 42
2 noix Leybold	301 01
2 pinces universelles, 0 ... 80 mm \varnothing	666 555

En supplément:

Eau distillée.

Cette dernière quantité de chaleur correspond à la chaleur qui devrait être délivrée à l'eau de température $\vartheta_1 \approx 100^{\circ}\text{C}$ afin qu'elle s'évapore à nouveau; on a donc

$$\Delta Q_2 = m_1 \cdot Q_V \quad (\text{II})$$

Par le passage de la vapeur d'eau, la quantité de chaleur

$$\Delta Q_3 = c \cdot m_2(\vartheta_M - \vartheta_2) \quad (\text{III})$$

est délivrée à l'eau froide. Le calorimètre absorbe lui aussi simultanément de la chaleur. On peut calculer cette quantité de chaleur étant donné que l'équivalent en eau m_K du calorimètre est connu:

$$\Delta Q_4 = c \cdot m_K(\vartheta_M - \vartheta_2) \text{ avec } m_K = 20 \text{ g} \quad (\text{IV})$$

La chaleur cédée $\Delta Q_1 + \Delta Q_2$ et la chaleur absorbée $\Delta Q_3 + \Delta Q_4$ coïncident, d'où

$$\frac{Q_V}{c} = \frac{(m_2 + m_K)}{m_1} \cdot (\vartheta_M - \vartheta_2) - (100^{\circ}\text{C} - \vartheta_M) \quad (\text{V})$$

Montage

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 1. Le vase de Dewar est situé sur la balance d'enseignement et de laboratoire pendant toute la durée de l'expérience.

- Fixer le thermomètre ou la sonde de température NiCr-Ni.
- Remplir le générateur de vapeur avec de l'eau distillée jusqu'à une hauteur d'env. 2 cm, mettre le couvercle et fermer soigneusement le dispositif de serrage.
- Déplacer le tube d'admission de la vapeur du piège à eau de manière à avoir une distance assez grande par rapport au bouchon inférieur; déplacer le tube d'évacuation de la vapeur quasiment jusqu'au bouchon en caoutchouc supérieur.
- Utiliser le tuyau en silicone pour relier le tube d'évacuation de la vapeur du générateur de vapeur au tube d'admission de la vapeur du piège à eau et attendre encore avant d'attacher le piège à eau.

Réalisation**Remplissage avec de l'eau froide:**

- Relever la masse à vide du vase de Dewar.
- Verser environ 150 g d'eau distillée et déterminer la masse m_2 ainsi que la température ϑ_2 .
- Attacher le piège à eau de manière à ce que le tube d'évacuation de la vapeur soit à environ 1 cm au-dessus du milieu du fond du vase de Dewar; si besoin est, rallonger le tube avec un petit morceau de tuyau en silicone
- Déterminer une nouvelle fois la masse totale du dispositif.

Introduction de la vapeur d'eau:

- Placer le piège à eau dans le bécher et s'assurer que les tuyaux en silicone sont bien en place.
- Brancher le générateur de vapeur à la tension secteur et attendre l'évacuation de la vapeur d'eau.
- Réattacher le piège à eau au-dessus du vase de Dewar et observer l'augmentation de la masse globale ainsi que l'élévation de la température du mélange.
- Après une augmentation de la masse globale d'env. 20 g, mettre le générateur de vapeur hors service et déterminer rapidement la température de mélange ϑ_M .

Exemple de mesure

Masse m_2 de l'eau froide:	153,8 g
Température ϑ_2 de l'eau froide:	28,1 °C
Masse apparente après immersion du piège à eau:	154,3 g
Masse après introduction de la vapeur d'eau:	174,0 g
Température du mélange ϑ_M de l'eau échauffée:	88,3 °C

Exploitation et résultat

$$m_1 = 174,0 \text{ g} - 154,3 \text{ g} = 19,7 \text{ g}$$

$$m_2 = 153,8 \text{ g}$$

$$\vartheta_M = 88,3^{\circ}\text{C}$$

$$\vartheta_2 = 28,1^{\circ}\text{C}$$

Equivalent en eau du vase de Dewar: $m_K = 20 \text{ g}$

$$\text{Chaleur massique de l'eau: } c = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

L'insertion des valeurs dans l'équation (V) donne:

$$\frac{Q_V}{c} = 520 \text{ K} \text{ et } Q_V = 2,18 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Valeur littéraire:

$$Q_V = 2,257 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$