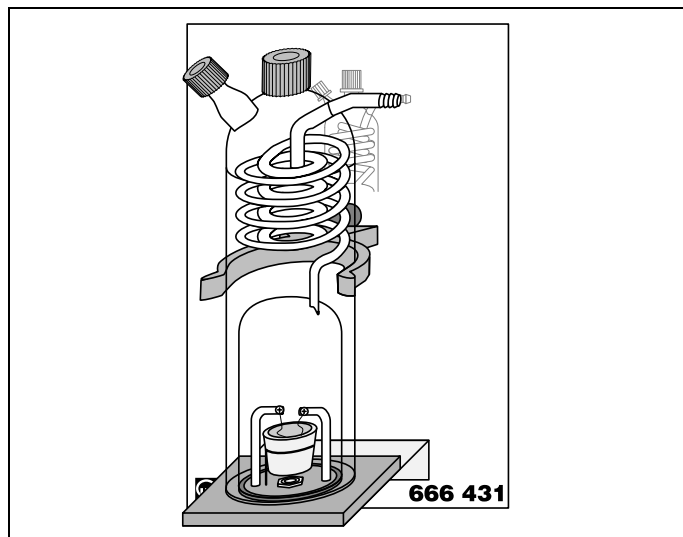


9/93-Se-



Mode d'emploi
Instrucciones de servicio

666 431
667 323

Calorimètre pour la mesure de l'enthalpie de réaction des corps liquides et solides
Calorímetro para la medición de la entalpía de reacción de líquidos y sólidos

Fig. 1
Calorimètre pour la mesure de l'enthalpie de réaction des corps liquides et solides.
Calorímetro para la medición de la entalpía de reacción de líquidos y sólidos

1 Description

Le verre est le principal matériau de construction utilisé afin de permettre à l'expérimentateur d'observer le montage expérimental (fig. 1) et l'évolution de la réaction. Le calorimètre proprement dit est constitué de deux parties:

1. le récipient en verre et
2. le socle

Le récipient en verre ① (fig. 2), rempli de liquide pour calorimètre (en principe du H₂O, mais aussi par ex. de l'éthanol) sert à relever la chaleur de combustion de corps solides et liquides. Il entoure entièrement la chambre de combustion, latéralement et sur le dessus. Les gaz chauds dégagés à la combustion sont transmis par un filament en verre ③ double puis à nouveau évacués ⑥ par une tubulure (vissée par un raccord GL 14) après avoir cédé leur énergie au corps en verre et au liquide contenu. Un agitateur en forme de palette ⑤ entraîné par un mélangeur ou agité manuellement garantit l'homogénéité du liquide du calorimètre. Il est très facile de remplacer l'agitateur en verre ⑤ qui fait partie du calorimètre par un petit mélangeur (666 820); l'appareil est ainsi plus facile à manipuler et bien plus léger.

La mesure de la température s'effectue à l'aide d'un thermomètre de précision ④ ou d'un thermocouple approprié (ne sont pas inclus au matériel livré; n de cat. recommandé: 666 176, thermomètre de précision, -10 à + 50 °C: 1/10 ou thermomètre numérique 666 210 ou 666 402 (version CPS) avec sonde de température à résistance CTN 666 212).

Le socle ② sert à la fixation du calorimètre et du creuset à combustion. Il comprend une plaque double sans amiante raccordée au matériel support à l'aide d'un anneau de fixation ⑧. La partie supérieure s'insère dans la chambre à combustion du récipient en verre ①, celle-ci étant ainsi parfaitement isolée de l'extérieur par un joint en caoutchouc cellulaire ⑨. Un peu de graisse de silicone appliquée sur ce joint en caoutchouc cellulaire évite tout échange de gaz entre la chambre de conditionnement et l'atmosphère extérieure en cas de fortes variations de la pression. Le creuset à combustion ⑩ dans lequel est pesé le matériau à brûler (solides tels que: du soufre, du carbone [charbon actif] etc. ou des liquides tels que: des alcools, du

1 Descripción

Para hacer más visible el montaje experimental, así como el desarrollo de la reacción, el equipo se ha construido con la mayor cantidad posible de vidrio. El calorímetro propiamente dicho consta de dos partes:

1. El recipiente de vidrio y
2. la placa base

El recipiente de vidrio ① (fig. 2) lleno con líquido calorimétrico -en general se usa H₂O, aunque se puede usar también etanol- sirve para captar el calor generado por la combustión de líquidos y sólidos, y cubre completamente la cámara de combustión por arriba y lateralmente.

Los gases calientes de la combustión pasan a través de una espiral doble de vidrio ③, allí transfieren su energía al ambiente (cuerpo de vidrio y baño líquido), salen a través de una boquilla ⑥ (atornillada mediante una unión GL-14).

Un agitador en forma de espátula ⑤ procura que el líquido calorimétrico tenga una mezcla uniforme. El agitador se puede mover manualmente o mediante un mecanismo. El agitador de vidrio ⑤ perteneciente al calorímetro se puede reemplazar muy fácilmente por un pequeño mecanismo completo de agitación (666 820), su manipulación es mucho más sencilla y el peso del montaje experimental disminuye considerablemente.

La temperatura se mide con un termómetro de precisión ④ o mediante un termoelemento adecuado (no se incluyen en el volumen de suministro, se recomienda el No. Cat. 666 716 -termómetro de precisión, -10 °C...+50 °C : 1/10- o el medidor de temperatura 666 210 ó 666 452)

La placa base ② sirve de soporte del calorímetro y del crisol de combustión, y consta de una placa libre de asbesto, la cual está fija a una anilla de sujeción para fijar el montaje a una varilla de soporte. La parte superior de la placa base penetra en la cámara de combustión del recipiente de vidrio. Mediante una junta de esponja de goma ⑨ se aísla herméticamente la cámara de combustión del exterior. Aplicando un poco de aceite de silicona sobre dicha junta, se evita el intercambio gaseoso entre el volumen interior y el ambiente, si se producen grandes fluctuaciones de presión. El crisol de combustión ⑩, en el cual se pesan el material de combustión (sólidos como azufre o car-

fuel etc.) est placé dans l'étrier métallique ⑪. L'allumage est électrique. Deux filaments chauffants ⑫ sont disponibles. Ils sont faciles à fixer et à changer étant donné qu'ils sont reliés aux supports d'électrodes ⑬ par deux vis. Les deux supports d'électrodes traversent le socle et sont pourvus en leur extrémité inférieure d'une douille de 4 mm ⑭.

La source de courant utilisée devrait être une alimentation en courant alternatif de tension variable (par ex. l'alimentation pour expériences de démonstration 667 826).

L'idéal n'est pas que la combustion ait lieu dans l'air mais plutôt dans de l'oxygène; l'alimentation en oxygène est réalisée par une petite tuyère au centre de la plaque, le transfert se termine à l'extérieur dans une tubulure ⑮ pour tuyaux de 8 mm de diamètre intérieur.

2 Montage expérimental

Le montage expérimental est réalisé soit à partir des modules du système de plaques pour la chimie (CPS) dans le cas du calorimètre (666 431) soit à l'aide du matériel support (calorimètre 667 323, nomenclature des composants à la fin de ce mode d'emploi). Dans le dernier cas, monter le socle ② du calorimètre au milieu d'un rail de base (666 603) (env. 15 cm au-dessus du bord de la table).

Fixer deux flacons laveurs couplés de part et d'autre du calorimètre. Une conduite part d'une bouteille d'oxygène ⑱ à manodétendeur pour se rendre au flacon laveur de gauche ⑯ le plus à l'extérieur. Ce flacon laveur reste vide, remplir le flacon d'à côté ⑰ d'acide sulfurique (H_2SO_4 concentré) jusqu'à un niveau d'env. 3 cm pour la dessiccation et la mesure du débit. Relier la sortie du flacon laveur à la tubulure ⑮ du socle ②. Relier la tubulure ⑥ dévissée du récipient en verre au premier flacon laveur ⑲ en aval à l'aide d'un petit bout de tuyau; ce flacon reste vide lui aussi (flacon de sécurité). Remplir d'absorbant (de préférence du KOH ou du NaOH pour l'absorption du CO_2 ou du SO_2 généré) le flacon laveur ⑳ d'à côté, le gaz qui s'échappe est évacué par la hotte.

Dévisser le filament chauffant ⑫, remplir le creuset ⑩ avec le matériau de combustion. Peser le creuset et le matériau de combustion, avant et après la combustion afin de définir la quantité de matériau brûlée.

Accrocher le creuset et le matériau de combustion dans le support ⑪, immerger le filament chauffant ⑫ dans le matériau de combustion et le visser aux supports d'électrodes. Lorsqu'il s'agit de milieux liquides, le filament chauffant devra rester au-dessus de la surface; l'énergie émise par le filament chauffant suffit en principe pour enflammer les liquides, cela minimise les pertes par évaporation.

Relier les supports d'électrodes à l'alimentation ⑳, brancher le voltmètre et l'ampèremètre. Peser le récipient en verre ① vide (avec l'agitateur ⑤ mais sans thermomètre ④), le remplir ensuite de liquide pour calorimètre (de l'eau par exemple) et le peser à nouveau. Finalement, le mettre sur le socle ② et l'isoler. Insérer le thermomètre, relier l'agitateur ⑤ à un mélangeur. Une fois la tubulure ⑥ vissée au récipient en verre ①, alimenter le calorimètre en oxygène. C'est au nombre de bulles dans les flacons laveurs avant et après le calorimètre que l'on peut vérifier si le système est étanche ou non. Bien mélanger le liquide du calorimètre pour une bonne correction de la température (agiter pendant env. 5 min.) avant de pouvoir relever la température initiale.

La variation de la température peut aussi être relevée par un thermomètre raccordé à un enregistreur. D'autre part, la saisie et l'exploitation de cette variation de température peuvent également être réalisées par un ordinateur et une interface CASSY.

bón activado, o líquidos como alcoholes, fuel-oil, etc), se apoya en un estribo metálico circular ⑪. La ignición se produce eléctricamente mediante dos diferentes filamentos incandescentes en espiral ⑫. La fijación y el reemplazo de los filamentos se realiza muy sencillamente, pues éstos se fijan a los portaelectrodos ⑬ a través de dos tornillos. Los dos portaelectrodos atraviesan la placa base y poseen en sus extremos inferiores sendas hembrillas de 4 mm ⑭.

Como fuente de corriente se debe emplear una fuente variable de alimentación de tensión alterna (p. ej. la fuente de alimentación para demostraciones 667 826). Para lograr una mejor combustión, ésta no ocurre en el aire, sino en una atmósfera de oxígeno. Para la entrada del oxígeno se utiliza una pequeña ubicada en la mitad de la placa base, cuyo extremo exterior posee una boquilla ⑮ para tubos flexibles de 8 mm de diámetro interno.

2 Montaje experimental

Para el montaje experimental se tiene dos opciones: con el Sistema de Paneles de Química (CPS) para el calorímetro 66 431, o con material de soporte para el calorímetro 667 323 (al final de las presentes instrucciones se tiene una lista con el equipo requerido para cada montaje). En el último caso, la placa base ② se fija en el medio de un riel largo de soporte (666 603), a unos 15 cm sobre el borde de la mesa.

A ambos lados se colocan dos frascos lavadores conectados entre sí. Mediante una manguera se une una botella de oxígeno ⑱ y el frasco lavador del extremo izquierdo ⑯. Este último permanece vacío. El otro frasco lavador ⑰ se llena hasta una altura de 3 cm con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), para efectos de secado y de medición del flujo de gas. La salida del frasco lavador se une con la boquilla ⑮ de la placa base ②: la boquilla ⑥ desatornillada del recipiente de vidrio se une, mediante una manguera corta, con el primero de los siguientes frascos lavadores ⑲, el cual también permanece vacío (frasco de seguridad). El siguiente frasco lavador ⑳ se llena con solución absorbente (las más adecuados son KOH o NaOH para absorción del CO_2 o del SO_2 producidos). El gas que se escapa se conduce al extractor.

El filamento espiral incandescente ⑫ se desatornilla; el crisol ⑩ se llena con material combustible y se pesa. Trascorrida la combustión se efectúa una nueva pesada para determinar la masa del material quemado.

El crisol con el material combustible se suspende en el estribo de soporte ⑪, el filamento espiral incandescente ⑫ se introduce en el material combustible, y se atornilla al portaelectrodos. En el caso de líquidos, el filamento deberá permanecer sobre la superficie del líquido, pues la energía radiada por el filamento es suficiente para causar la combustión de los líquidos, y de este modo las pérdidas por evaporación se reducen al mínimo.

Los portaelectrodos se conectan a la fuente de alimentación ⑳, también se deberían conectar voltmetros y amperímetros. El recipiente de vidrio ① se pesa vacío (con el agitador ⑤, pero sin termómetro ④), luego se llena con el líquido calorimétrico -p. ej. agua-, y se pesa de nuevo; en seguida se deposita sobre la placa base ② y se hermetiza. Luego se introduce el termómetro, y el agitador ⑤ se conecta con su mecanismo. Tras atornillar la boquilla ⑥ al recipiente de vidrio ①, se hace pasar oxígeno a través del calorímetro. Por la cantidad de burbujas en los frascos lavadores se puede saber si el sistema está estanco. El líquido calorimétrico se mezcla bien para efectos de compensación de la temperatura (agitar unos 5 min), luego se puede leer la temperatura de salida. El comportamiento de la temperatura se puede observar más claramente si se emplea un medidor de temperatura conectado a un registrador. La variación de la temperatura también se puede registrar y evaluar mediante un ordenador y la interface CASSY.

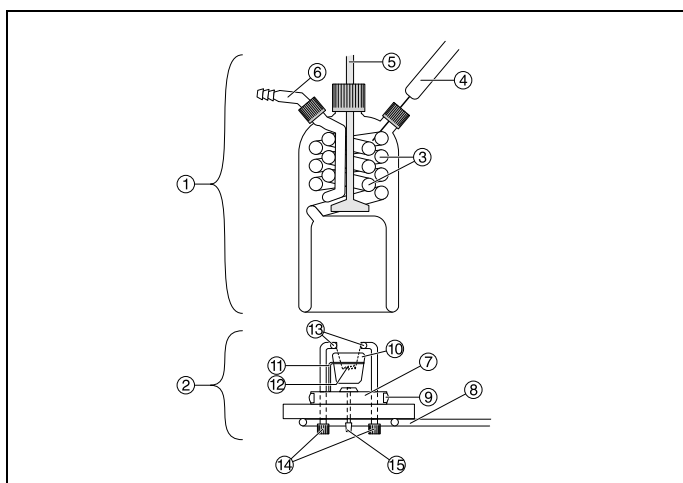
3 Réalisation de l'expérience

Bien rincer l'intérieur du calorimètre avec de l'oxygène. Régler ensuite le flux d'oxygène de façon à ce qu'il se forme environ 2 à 4 bulles par seconde dans le flacon laveur en amont.

Le matériau de combustion est emflammé électriquement; il faut pour cela soigneusement relever le courant, la tension ainsi que la durée de l'allumage. Si on utilise l'alimentation pour expériences de démonstration (667 826) ainsi que le plus petit des deux filaments chauffants on aura à peu près les valeurs suivantes:

Tension: 9 V
 Intensité du courant: 5 A
 Temps: 5 à 10 s

Au début de la réaction, régler un flux d'oxygène assez important, au bout d'env. 30 s travailler avec un débit d'env. 2 bulles par seconde. Si c'est du soufre qui est brûlé, la bordure de flammes bleue est bien visible au-dessus du bord du creuset. Lorsqu'il s'agit de la combustion de carbone en grains le reflet de l'incandescence n'est visible que lorsque la pièce est dans l'obscurité. Interrompre la réaction au bout de 3 à 5 min. en coupant l'alimentation en oxygène. La température continue à augmenter pendant un certain temps, il faut encore agiter le liquide du calorimètre pendant env. 5 min. et c'est alors que la température pourra être relevée. Il est recommandé pour toutes les expériences de choisir des valeurs identiques du temps de réaction et du temps requis pour la correction de la température. La température pourra être relevée dès qu'elle aura cessé d'augmenter; séparer ensuite le récipient en verre du socle, enlever le filament chauffant et retirer le creuset en porcelaine de son support.



- ① Récipient en verre
- ② Socle
- ③ Filament en verre (échangeur thermique)
- ④ Thermomètre de précision
- ⑤ Agitateur
- ⑥ Tubulure (évacuation du gaz)
- ⑦ Anneau support
- ⑧ Joint en caoutchouc cellulaire
- ⑨ Creuset à combustion (en porcelaine)
- ⑩ Etrier métallique (élément pour fixation du creuset)
- ⑪ Filament incandescent
- ⑫ Support d'électrode
- ⑬ Raccord pour électrode (douille de 4 mm)
- ⑭ Tubulure (arrivée du gaz)

Après la combustion, il suffit de peser le creuset en porcelaine et son contenu pour déterminer la substance consommée.

L'énergie libérée est théoriquement entièrement délivrée au calorimètre. Il est relativement facile de calculer la capacité calorifique totale du calorimètre à partir du poids et des chaleurs spécifiques des matériaux utilisés. En réalité, il y aura toujours des fuites thermiques, c.-à-d. que le rendement du calorimètre est $\eta < 1$. Des fuites thermiques intempestives se manifestent

3 Procedimiento experimental

El volumen interno del recipiente de vidrio se "enjuaga" completamente con oxígeno. Luego se regula la corriente de oxígeno, de tal modo que en el primer frasco lavador se tengan entre dos y cuatro burbujas por segundo.

El material combustible se enciende eléctricamente. Se debe anotar el valor exacto de la corriente, de la tensión y la duración de la ignición. Cuando se emplea la fuente de alimentación de demostración (667 826) y el más pequeño de los dos filamentos espirales se obtienen aproximadamente los siguientes resultados:

Tensión: 9 V
 Corriente: 5 A
 Duración de la ignición: 5-10 segundos

Al comienzo de la reacción se tiene un flujo de oxígeno algo alto, transcurridos unos 30 segundos se puede operar con un flujo de 2 burbujas por segundo. En el caso de que se quemare azufre, por encima del canto del crisol se podrá observar claramente el borde azul de la llama. Si se emplean gránulos de carbón, el fenómeno de incandescencia se podrá observar sólo en la oscuridad. Luego de unos 3 a 5 minutos se debe interrumpir la reacción cerrando el flujo de oxígeno. Durante un tiempo se observará aún, un aumento de la temperatura; el líquido calorimétrico se deberá agitar todavía unos 5 minutos, y sólo entonces se podrá leer la temperatura final. Es recomendable elegir para todos los ensayos aproximadamente el mismo tiempo de reacción, así como el mismo tiempo para la compensación de la temperatura. Cuando la temperatura cesa de aumentar, se lee la temperatura final, se levanta el recipiente de la placa base, se desatornilla el filamento espiral, y el crisol de porcelana se retira de su soporte.

Fig. 2
 Coupe du calorimètre (667 323)
 corte a través del calorimètre (667 323)

- ① Recipiente de vidrio
- ② Placa base
- ③ Filamento en espiral (intercambiador de calor)
- ④ Termómetro de precisión
- ⑤ Agitador
- ⑥ Boquilla para manguera (salida del gas)
- ⑦ Anilla de soporte
- ⑧ Junta de caucho esponjoso
- ⑨ Crisol de porcelana
- ⑩ Estribo de metal (soporte del crisol)
- ⑪ Filamento espiral incandescente
- ⑫ Portaelectrodos
- ⑬ Terminal del electrodo (hembra de 4 mm)
- ⑭ Boquilla para manguera (entrada de gas)

Pesando el crisol de porcelana con su contenido, se determina la cantidad de material consumido en la reacción.

Teóricamente, la energía liberada en la reacción se transfiere completamente al líquido calorimétrico. A partir del peso del mismo y de su calor específico, se puede determinar fácilmente la capacidad térmica del calorimètre. Sin embargo, en la práctica, siempre se presenta pérdidas térmicas, es decir, el calorimètre posee un rendimiento $\eta < 1$. Se presentan pérdidas tér-

par ex. en cas d'échauffement du socle, de transfert imparfait de la chaleur du gaz de combustion sur le serpentin de l'échangeur thermique ainsi que lors du transfert de chaleur du calorimètre à l'extérieur (atmosphère, matériel support, etc.).

Le rendement, c.-à-d. le pouvoir calorifique, doit être déterminé au cours d'expériences d'étalonnage; il s'agit dans ce cas d'une constante spécifique au matériel.

4 Exemple d'expérience

Peser du carbone (en grains) dans un creuset de Gooch et placer le creuset dans l'étrier métallique ⑪. Immerger le filament chauffant dans le creuset de Gooch et le recouvrir de carbone jusqu'à ce que le serpentin métallique ne soit plus visible. Il faudra ensuite visser les extrémités du fil métallique aux supports d'électrodes.

Peser le récipient en verre vide du calorimètre, le remplir d'eau et le peser à nouveau. Placer ensuite le récipient en verre sur le socle, l'isoler pour qu'il soit étanche, bien mélanger le liquide. Veiller à ce que la distance entre l'agitateur et la bille du thermomètre soit assez grande; un intervalle de sécurité de 3 à 5 mm suffit en principe.

Brancher la bouteille d'oxygène ainsi que spécifié sur la fig. 3 et relever la température initiale au bout d'env. 5 min. (s'il s'agit d'une mesure manuelle). La combustion du matériau est lancée électriquement; relever également les valeurs du courant, de la tension et du temps. Au bout de 5 min., couper l'alimentation en oxygène, relever la température finale au bout de 5 autres minutes. Démontez le calorimètre, peser à nouveau le creuset contenant le carbone, relever la différence de poids obtenue pour une exploitation ultérieure.

5 Exploitation

Une fois l'expérience terminée, voici les données dont on dispose:

Creuset avec carbone avant la combustion:	22,74 g
Creuset avec carbone après la combustion:	22,40 g
Quantité de carbone brûlée:	0,34 g = 28,3 mMol
Température initiale:	294,4 K
Température finale:	297,1 K
Différence de température:	2,7 K
Poids du récipient du calorimètre m_c :	692,9 g
Poids de l'eau m_{H_2O} :	686,6 g
Energie d'allumage:	
Tension:	9 V
Intensité du courant:	5 A;
Temps:	8 s

micas incontrôlées, par exemple, debido al calentamiento de la placa base, por la transferencia incompleta de calor del gas de combustión a la espiral de intercambio térmico, así como por la transferencia de calor del calorímetro al ambiente (atmósfera, material de soporte, etc).

En un ensayo de calibración, se debe determinar previamente la capacidad térmica y el rendimiento del calorímetro, como resultado se obtendrá una constante propia del equipo experimental empleado.

4 Ejemplo de un ensayo

En un crisol de Gooch se pesa carbón granulado, y luego se coloca el crisol sobre el estribo metálico ⑪. El filamento espiral se introduce en el crisol de Gooch y se cubre con el carbón, de tal manera que la espiral de alambre no se vea. Los extremos del alambre se atornillan a los portaelectrodos.

El recipiente de vidrio del calorímetro se pesa vacío, se llena con agua y se pesa nuevamente. Luego se coloca el recipiente de vidrio sobre la placa base, se hermetiza, y se mezcla fuertemente el líquido. Por seguridad, el agitador y la esfera del termómetro deben estar separados una distancia de unos 3 a 5 mm.

La botella de oxígeno se conecta, como se muestra en la figura 3, y transcurridos unos 5 minutos se anota la temperatura de salida (en caso de que la medición sea manual). El material combustible se enciende eléctricamente y se anotan los valores de la corriente, la tensión y la duración de la ignición. Luego de unos 5 minutos se interrumpe el flujo de oxígeno, tras otros 5 minutos se lee la temperatura final; se desmonta el calorímetro y se pesa el crisol con el carbono y se anota la diferencia entre los pesos para la evaluación posterior.

5 Evaluación

Terminado el ensayo se tienen los siguientes datos:

Crisol con carbono antes del ensayo:	22,74 g
Crisol con carbono después del ensayo:	22,40 g
Cantidad de carbono quemado:	0,34 g = 28,3 mMol
Temperatura inicial:	294,4 K
Temperatura final:	297,1 K
Diferencia de temperatura:	2,7 K
Masa del recipiente calorimétrico m_c :	692,9 g
Masa de agua m_{H_2O} :	686,6 g
Energía de ignición	
Tensión:	9 V
Corriente:	5 A
Tiempo:	8 s

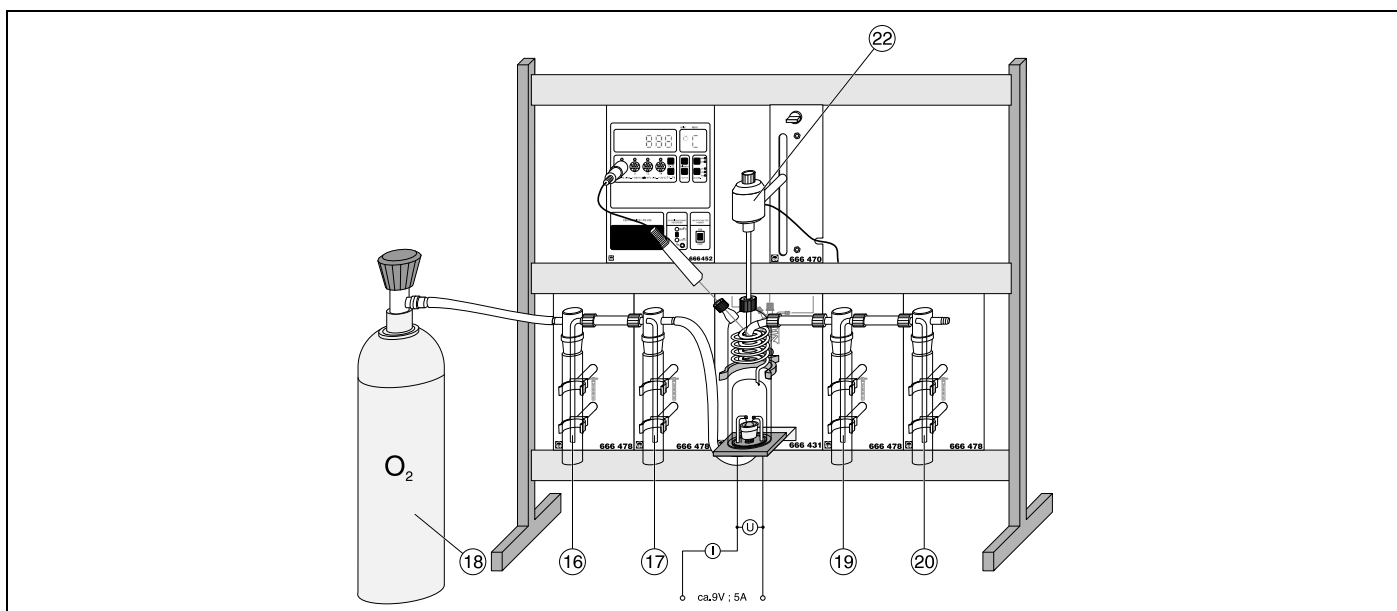


Fig. 3
Montage expérimental
Montaje experimental

- ①⑥ Flacon laveur (flacon laveur de sécurité)
- ①⑦ Flacon laveur
- ①⑧ Bouteille d'oxygène
- ①⑨ Flacon laveur (flacon laveur de sécurité)
- ①⑩ Flacon laveur (absorbant)
- ①⑪ Alimentation (0 à 40 V/10 A~)
- ①⑫ Mélangeur

- ①⑬ Frasco lavador (de seguridad)
- ①⑭ Frasco lavador
- ①⑮ Botella de oxígeno
- ①⑯ Frasco lavador (de seguridad)
- ①⑰ Frasco lavador (absorbente)
- ①⑱ Unidad de alimentación (0...40 V/10 A ~)
- ①⑲ Mecanismo agitador

On peut déduire des valeurs données:

Chaleur spécifique du verre:

$$C_k = 0,8 \text{ J/g} \cdot \text{K}$$

Chaleur spécifique de l'eau:

$$C = 4,185 \text{ J/g} \cdot \text{K}$$

L'énergie libérée se répartie sur le récipient (en verre) du calorimètre et dans le liquide du calorimètre suivant le pouvoir calorifique des deux éléments.

Selon la formule:

$$-\Delta H = \Delta T (m_k \cdot C_k + m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}})$$

on a pour la quantité de carbone convertie:

$$-\Delta H = 2,7 (554,3 + 2873,4) \text{ kJ}$$

$$-\Delta H = 9,255 \text{ kJ}$$

On déduit maintenant une énergie d'allumage de 360 J.

$$-\Delta H = 8,895 \text{ kJ}$$

A partir de 5 expériences d'étalonnage, un rendement de $\eta = 0,810$ a été déterminé pour ce calorimètre, c.-à-d. que l'enthalpie obtenue doit être multipliée par le facteur 1,23.

On a ainsi

$$-\Delta H_{\text{corr}} = 10,94 \text{ kJ}$$

comme énergie délivrée.

L'enthalpie de réaction est rapportée à 1 Mol pour l'obtention de valeurs toujours comparables. On calcule pour cela:

$$-\Delta H \cdot 0,0283 = 10,94 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = -386,6 \text{ kJ} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

La valeur théorique est

$$-94,05 \text{ kcal} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

ou plus exactement:

$$-393,6 \text{ kJ} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

Cette valeur est un résultat remarquable pour un dispositif de démonstration de construction aussi simple. Pour une évaluation exacte de l'écart de -1,8 %, il faut en effet considérer 2 sources d'erreur principales:

De las tablas de valores se tiene:

Calor específico del vidrio:

$$C_K = 0,8 \text{ J/g} \cdot \text{K}$$

Calor específico del agua:

$$C = 4,185 \text{ J/g} \cdot \text{K}$$

La energía liberada en la reacción se reparte entre el recipiente de vidrio y el agua, de acuerdo con sus capacidades calorimétricas.

Según la fórmula:

$$-\Delta H = \Delta T (m_K \cdot C_K + m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}})$$

Para la cantidad de carbono que intervino en la reacción se tiene:

$$-\Delta H = 2,7 (554,3 + 2873,4) \text{ kJ}$$

$$-\Delta H = 9,255 \text{ kJ}$$

se debe descontar una energía de ignición de 360 J.

$$-\Delta H = 8,895 \text{ kJ}$$

Se realizaron 5 ensayos de calibración, de los que se obtuvo un rendimiento para el calorímetro $\eta = 0,810$. Esto significa que la entalpía obtenida inicialmente en el ensayo se debe multiplicar por 1,23, con lo que se obtiene una energía liberada

$$-\Delta H_{\text{corr}} = 10,94 \text{ kJ}$$

La entalpía de la reacción se debe referir a 1 Mol para tener resultados fácilmente comparables. Para ello se hace la conversión:

$$-\Delta H \cdot 0,0283 = 10,94 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = -386 \text{ kJ} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

El valor indicado en la literatura es:

$$-94,05 \text{ kcal} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

o más exactamente:

$$-393,6 \text{ kJ} \cdot \text{Mol}^{-1}$$

El valor obtenido en el experimento es una aproximación muy buena para un equipo experimental tan sencillo. Al evaluar exactamente el error obtenido de -1,8% se deben tener en cuenta dos fuentes de error:

1. Le relevé de la température s'effectue seulement avec une précision de $\pm 0,1$ K ce qui signifie que pour une hausse de la température de $\sim 2,5$ K, il n'est pas rare qu'il y ait une erreur de ± 4 %.
2. Les valeurs numériques à la base du calcul ne peuvent en partie être déterminées qu'à 1 %, l'exactitude du résultat total ne peut donc pas être supérieure à ± 1 %.

6 Liste du matériel

6.1 Version CPS

1	Calorimètre CPS pour les corps solides	666 431
2	Laveurs de gaz CPS	666 430
1	Support avec noix, réglable en hauteur	666 470
1	Pince universelle	666 555
1	Petit mélangeur	666 820
1	Thermomètre numérique CPS	666 452
1	Sonde de température CTN	666 212
1	Raccord en verre, 2 GL 18	667 312
1	Tuyau en silicone, 1 m	667 194
4	Pinces en plastique pour assemblage RN 29/32	665 392
1	Alimentation pour expériences de démonstration	667 826
1	Multimètre numérique pour expériences de démonstration	666 453
3	Câbles d'expérience, 50 cm de long, jeu de 2 câbles	501 45
1	Cartouche de gaz, O ₂ , contenu géométrique, 10 l	661 011
1	Manodétendeur pour O ₂ pour 661 011	661 016
1	Balance électronique à plusieurs plages, avec interface de données, 3100 g/0,1 g	667 789
1	Cadre profilé C 100	666 428

6.2 Version sur matériel support

1	Calorimètre	667 323
1	Rail de base	666 603
11	Noix universelles	666 615
4	Tiges supports, 5 cm	666 605
1	Tige support, 75 cm	666 608
5	Pinces universelles	666 555
1	Pince universelle	301 72
4	Flacons laveurs de gaz	664 800
2	Embouts pour tube en verre	664 805
1	Embout pour tube en verre	664 806
1	Embout de sécurité	664 808
4	Pinces pour assemblage RN	665 392
2	Tuyaux en silicone	667 194
1	Alimentation pour expériences de démonstration	667 826
1	Câble d'expérience	501 46
2	Câbles d'expérience	501 45
1	Petit mélangeur	666 820
1	Bouteille de gaz, oxygène	661 011
1	Manodétendeur, oxygène	661 016
1	Thermomètre numérique	666 210
1	Sonde de température CTN	666 212
1	Multimètre numérique	667 908
1	Balance électronique, 3100 : 0,01g	667 789

- 1 La lectura de la temperatura se realiza con una precisión de $\pm 0,1$ K, lo que significa que para un aumento de temperatura de $\sim 2,5$ K ya se tiene un error del ± 4 %
- 2 Los valores empleados para el cálculo se determinan con una precisión de sólo un 1%, con lo cual el resultado total no puede tener una precisión mayor al ± 1 %.

6 Lista de equipo

6.1 En versión CPS

1	Calorímetro CPS para sólidos	666 431
2	Lavadores de gas CPS	666 430
1	Soporte con mordaza, de altura ajustable	666 470
1	Pinza universal	666 555
1	Mecanismo agitador pequeño	666 820
1	Termómetro digital CPS	666 452
1	Sonda de temperatura NTC	666 212
1	Unión de vidrio, 2 GL 18	667 312
1	Manguera de silicona, 1 m	667 194
4	Abrazaderas de plástico, NS 29/32	665 392
1	Fuente de alimentación para demostraciones	667 826
1	Multímetro digital para demostraciones	666 453
3	Cables de experimentación, 50 cm, juegos de 2 piezas	501 45
1	Botella de O ₂ , volumen geométrico 10 l	661 011
1	Válvula reductora de presión para O ₂ para 661 011	661 016
1	Balanza electrónica multirango, incluye interface de datos, 3100 g/0,01 g	667 789
1	Bastidor perfilado C 100	666 428

6.2 Versión con material de soporte

1	Calorímetro	667 323
1	Rail de soporte	666 603
11	Manguito universal	666 615
4	Tubo de soporte, 5 cm	666 605
1	Tubo de soporte, 75 cm	666 608
5	Pinzas universales	666 555
1	Pinza universal	301 72
4	Frascos lavadores de gas	664 800
2	Pieza tubular insertable de vidrio	664 805
1	Pieza tubular insertable de vidrio	664 806
1	Pieza tubular insertable de seguridad	664 808
4	Abrazaderas	665 392
2	Mangueras de silicona	667 194
1	Fuente de alimentación para demostración	667 826
1	Cable de experimentación	501 46
2	Cables de experimentación	501 45
1	Mecanismo agitador pequeño	666 820
1	Botella de oxígeno	661 011
1	Válvula reductora de presión para oxígeno	661 016
1	Termómetro digital	666 210
1	Sonda de temperatura NTC	666 212
1	Multímetro digital	667 908
1	Balanza electrónica, 3100 g : 0,01 g	667 789