

## 25. Investigació de l'entalpia de combustió de diversos alcohols

### Objectius




- Trobar el valor del canvi d'entalpia en la combustió d'una sèrie d'alcohols.
- Comprovar de quina manera es poden avaluar experimentalment les energies d'enllaç.

### Introducció

La variació d'entalpia en cremar un alcohol es determina experimentalment, transferint l'energia alliberada en la combustió a una massa d'aigua.

Com que els dispositius que podem fer servir en el laboratori són molt senzills, els errors els minimitzarem trobant primer quanta energia necessita el nostre muntatge per augmentar la seva temperatura en un grau quan cremem una quantitat determinada d'etanol. Després, amb el mateix muntatge, es cremen altres alcohols de manera que mesurant simplement l'augment de temperatura del dispositiu, podrem calcular l'energia alliberada en la combustió de cada alcohol.

### Material i Equipament

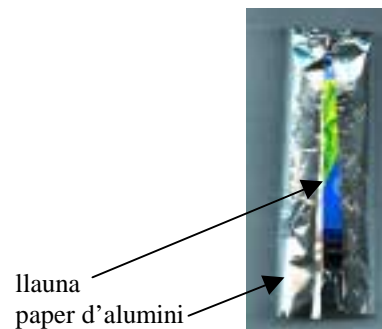
Equipament	Reactius i altres materials
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llàntries d'alcohol (4). Cada una conté un dels alcohols següents:               <ul style="list-style-type: none"> <li>etanol</li> <li>1-propanol</li> <li>1-butanol</li> <li>1-pentanol</li> </ul> </li> <li>- Llauna de begudes buida</li> <li>- Paper d'alumini, filferro prim i, opcionalment, tela gruixuda de llana de vidre</li> <li>- Suport per aguantar la llauna</li> <li>- Termòmetre 0-110°C, sensibilitat 0,5°C</li> <li>- Proveta de 250 cm<sup>3</sup></li> <li>- Alicates per treballar amb el filferro</li> <li>- Balança de sensibilitat mínima 0,1 g</li> </ul>	<p>Etanol </p> <p>1-propanol</p> <p>1-butanol </p> <p>1-pentanol</p> <p><b>PRECAUCIÓ: Ulleres de seguretat. La llana de vidre pot causar al·lèrgies. Usa guants de treball per manipular-la.</b></p> 

## Procediment

### Muntatge i execució de l'experiència

**1.** Construeix el teu "calorímetre" de la següent manera:

- Embolica una llauna amb paper d'alumini, millor que hi posis triple capa, deixa unes faldilles que sobresurtin per la part inferior uns 3 centímetres. Això evitarà que les flames desbordin per l'exterior de la llauna quan cremis un alcohol. Fes servir un filferro prim per lligar el paper d'alumini a la llauna.
- Si, a més, tens tela de llana de vidre, fes-ne servir per envoltar el paper d'alumini per tal de fer un bon aïllament. Lliga-la també amb filferro prim.

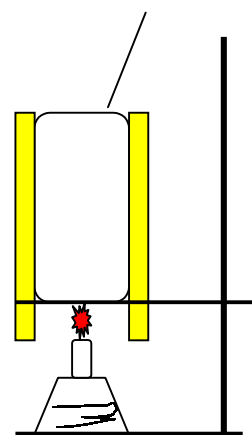


**2.** Amb la proveta, mesura 250 cm<sup>3</sup> d'aigua i posa'ls dins la llauna.

**3.** Agafa la llàntia que conté etanol i pesa-la. Pren nota del pes.

**4.** Posa el termòmetre dins la llauna i usant-lo com a agitador, vés remenant l'aigua mentre esperes fins que s'estabilitzi la lectura del termòmetre. Apunta la temperatura inicial de l'aigua.

**5.** Col·loca la llàntia amb etanol sota el calorímetre, encén-la i vigila el termòmetre. Quan vegi's que ha pujat uns 10°C. Apaga la llàntia, amb el seu tap. Amb el termòmetre com a agitador, remena l'aigua fins que la temperatura ja no pugi més. Anota ara la temperatura final de l'aigua.



**6.** Pesa la llàntia que conté l'etanol una altra vegada. Anota el seu pes. L'entalpia de combustió de l'etanol en condicions estàndard és de  $\Delta H^0 = -1367 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Amb les dades que has recollit has de calcular l'energia que s'ha de transferir al calorímetre perquè la seva temperatura augmenti en 1°C. A aquest valor l'anomenarem *factor de calibració del calorímetre, C*.

Si disposes de temps, es convenient que repeteixis tots els passos una altra vegada i que agafis els valors mitjans.

**7.** Agafa una altra llàntia que contingui un alcohol diferent de l'etanol i repeteix els passos i mesures **3** a **5**. Pesa, en acabar, la llàntia, recordant de tapar-la, per evitar que l'alcohol s'evapori quan no està encesa la llàntia.

Si la temperatura de l'aigua ha pujat per sobre del 50°C, convé que canviïs l'aigua del calorímetre. Anota els resultats en una taula de dades.

**8.** Repeteix els passos **3**, **4**, **5** i **7** amb altres alcohols, en el cas que així ho indiqui el teu professor, en cas contrari, consulta les dades obtingudes per altres grups i copia-les en la teva taula de dades.

**9.** En acabar l'experiment torna les llànties d'alcohol al lloc on t'indiqui el professor.

**Adquisició i enregistrament de les dades**

Les dades les pots anar recollint en unes taules com les següents:

**Llàntia amb etanol**

massa final de la llàntia / g , $m_f =$
massa inicial de la llàntia / g , $m_i =$
$m_f - m_i$
quantitat d'etanol cremat / mol , $n = \frac{\quad}{46} =$
Energia transferida al calorímetre / kJ , $\Delta H = 1367 \text{ kJ} \times n =$

temp. final aigua / K, $t_f =$
temp. inicial aigua / K, $t_i =$
$\Delta T / K =$

Factor de calibració del calorímetre / $\text{kJ K}^{-1}$ , $C = \frac{\Delta H}{\Delta T} =$
---

**Llànties amb els altres alcohols**

Alcohol	Etanol	1-propanol	1-butanol	1-pentanol
massa molar, M	46			
$\Delta T$ del calorímetre				
$m_f - m_i$				
mols cremats, $n = \frac{\quad}{M}$				
Energia transferida / kJ, $\Delta H = C \times \Delta T$				
Entalpia de combustió / $\text{kJ mol}^{-1}$ , $\Delta H^\circ_c = \frac{\Delta H}{n}$	- 1367			

**Anàlisi de les dades**

1. Compara les dades que has calculat amb els valors de les entalpies de combustió de les taules de dades. Pots calcular l'error que dona aquest mètode respecte dels valors de les taules de dades?

Quines millores suggereixes a l'experiment?

2. Les molècules de 1-pentanol difereixen de les de 1-butanol en un grup  $-\text{CH}_2-$  de més. El mateix passa entre les molècules de 1-butanol i les de 1-propanol i entre aquestes i les d'etanol.

Representa en un gràfic el nombre d'àtoms de carboni de cada alcohol enfront dels valors de les entalpies de combustió.

La forma del gràfic t'ha d'indicar que hi ha una progressió en els valors d'aquestes entalpies. Quina és aquesta pauta?

En cas que no ho vegis clar pots fer el següent:

Calcula quines diferències hi ha entre les entalpies de combustió de cada alcohol respecte de l'anterior amb un grup  $-\text{CH}_2-$  de menys. Usa la següent taula per posar els valors de les entalpies de combustió :

Alcohol	$\Delta H^{\circ}_c / \text{kJ mol}^{-1}$	Diferència entre dos valors consecutius / $\text{kJ mol}^{-1}$
Metanol	-726	
Etanol	-1376	$\Delta H^{\circ}_c (\text{etanol}) - \Delta H^{\circ}_c (\text{metanol}) =$
1-propanol	-2021	$\Delta H^{\circ}_c (1\text{-propanol}) - \Delta H^{\circ}_c (\text{etanol}) =$
1-butanol	-2675	$\Delta H^{\circ}_c (1\text{-butanol}) - \Delta H^{\circ}_c (1\text{-propanol}) =$
1-pentanol	-3328	$\Delta H^{\circ}_c (1\text{-pentanol}) - \Delta H^{\circ}_c (1\text{-butanol}) =$
1-hexanol	-3983	$\Delta H^{\circ}_c (1\text{-hexanol}) - \Delta H^{\circ}_c (1\text{-pentanol}) =$
1-heptanol	-4637	$\Delta H^{\circ}_c (1\text{-heptanol}) - \Delta H^{\circ}_c (1\text{-hexanol}) =$

3. Calcula la mitjana de les diferències. Explica ara quina és la pauta de progressió en els valors d'aquestes entalpies

4. Explica per què es convenient emprar el terme "valor mitjà" per a les entalpies d'enllaç entre dos àtoms.

5. Quina seria l'entalpia de combustió de l'1-octanol?

## Investigació de l'entalpia de combustió de diversos alcohols

### Material per al professorat

#### Orientacions didàctiques

##### Temporització

- 1 hora per a l'experimentació
- 1 hora per al qüestionari

##### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

##### Orientacions metodològiques

Si es fes el càlcul de la calor transferida a l'aigua per la fórmula  $E = m c_e \cdot \Delta t$ , els valors d'entalpies tindrien errors molt grans respecte als reals, a causa de les elevades pèrdues de calor que té el muntatge.

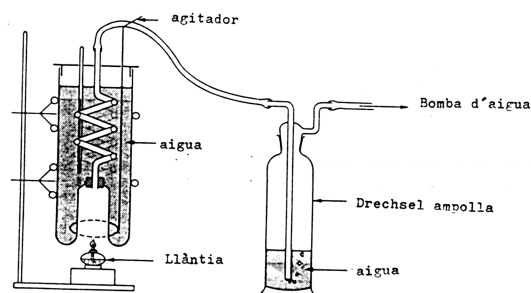
Per evitar-ho, en aquesta activitat, s'agafa com a referència un alcohol (l'etanol), del qual es coneix la seva entalpia de combustió i es calcula la quantitat d'energia necessària perquè el muntatge que utilitzem augmenti en  $1^\circ\text{C}$ . És a dir, definim una *constant del calorímetre*,  $K = \text{kJ}/^\circ\text{C}$

En cremar els altres alcohols, només hem de mesurar l'augment de temperatura, el qual multiplicat per la constant  $K$ , ens dona el canvi d'entalpia de combustió.

Al final d'aquest document trobareu un esquema de tots els passos i càlculs que es fan.

#### Orientacions tècniques

El projecte Nuffield de química avançada (1) i el projecte ILPAC (2), proposen aquesta mateixa activitat, però usant un calorímetre de flux continu: els gasos de la combustió circulen a través d'un serpentí, transferint la calor a la massa d'aigua, amb aquest muntatge, reduïm al mínim les pèrdues de calor a l'ambient. La construcció d'aquest calorímetre està explicada en el numero 6 de la revista *Alambique* (3).



El calorímetre de flux continu, descrit en el projecte ILPAC

(1) Nuffield Advanced Chemistry. Longman. Group. Burnt Hill. UK. 1978

(2) ILPAC. Jhon Murray. London. 1990. S'ha fet una *Traducció i adaptació al COU per la Comissió de Física i Química del Col·legi de Doctors i Llicenciats*. ("Grup Girona"). (Disponible en el Centre Didàctic del Col·legi de Llicenciats de Catalunya).

(3) J. Corominas. *Calorímetro para determinar entalpías de combustión*. Alambique, 6, 1995.

## Conclusions

### Resultats esperats i anàlisi de les dades

1. Els valors de les entalpies de combustió dels alcohols són:

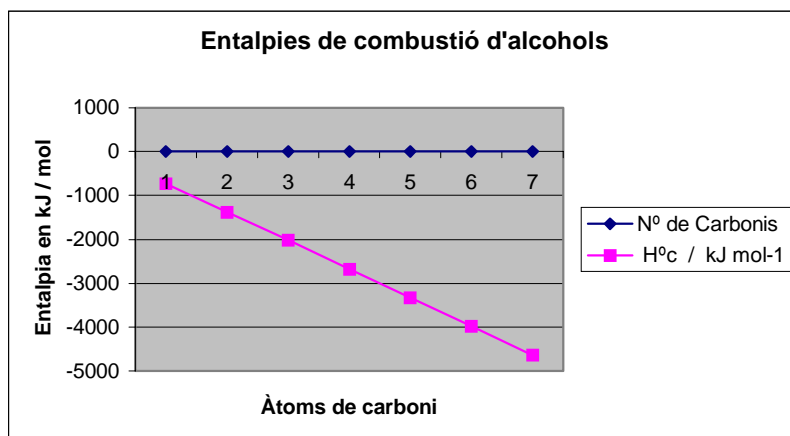
ALCOHOL	metanol	etanol	1-propanol	1-butanol	1-pentanol	1-hexanol	1-heptanol
$\Delta H_c^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$	-726	-1367	-2021	-2675	-3328	-3983	-4637

Els alumnes poden trobar valors amb un error relatiu igual o menor al 10%.

2. La representació gràfica donarà, aproximadament una recta.

Alcohol	$\Delta H_c^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$	Diferència entre dos valors consecutius / $\text{kJ mol}^{-1}$
Metanol	-726	
Etanol	-1376	$\Delta H_c^\circ(\text{etanol}) - \Delta H_c^\circ(\text{metanol}) = 650$
1-propanol	-2021	$\Delta H_c^\circ(1\text{-propanol}) - \Delta H_c^\circ(\text{etanol}) = 645$
1-butanol	-2675	$\Delta H_c^\circ(1\text{-butanol}) - \Delta H_c^\circ(1\text{-propanol}) = 654$
1-pentanol	-3328	$\Delta H_c^\circ(1\text{-pentanol}) - \Delta H_c^\circ(1\text{-butanol}) = 653$
1-hexanol	-3983	$\Delta H_c^\circ(1\text{-hexanol}) - \Delta H_c^\circ(1\text{-pentanol}) = 655$
1-heptanol	-4637	$\Delta H_c^\circ(1\text{-heptanol}) - \Delta H_c^\circ(1\text{-hexanol}) = 654$

3. Valor mitjà de les diferències =  $652 \text{ kJ mol}^{-1}$



Es pot fer observar als alumnes que la gràfica passa pel punt 0,0. Aquest punt correspondria a una molècula amb el grup  $-\text{OH}$  i sense cap àtom de carboni (és a dir, la molècula d'aigua, la qual ha de tenir zero d'entalpia de combustió).

4. Explica per què es convenient emprar el terme "valor mitjà" per a les entalpies d'enllaç entre dos àtoms.

Experimentalment les entalpies d'enllaç es calculen per enllaços entre àtoms d'un compost concret.

5. Quina seria l'entalpia de combustió de l'1-octanol?

$$\Delta H_c^\circ = -5294 \text{ kJ mol}^{-1}$$

### Criteris d'avaluació

Es pot valorar l'aproximació al valor tabulat en la determinació de les calors de combustió, la qual cosa indicaria un procediment acurat.

Es pot emprar també la següent plantilla on es van apuntant els passos procedimentals que és desitjable que els alumnes dominin:

<b>Pas del procediment</b>	<b>Acció</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>
1	Quan la llàntia d'alcohol està encesa, les flames queden ben dirigides al fons de la llauna?		
3	Manté la llàntia amb el seu tap per evitar l'evaporació de l'alcohol?		
4 i 5	Espera que el termòmetre s'estabilitzi per llegir les temperatures?		
	Fa més d'una mesura?		
SEGURETAT	Es posa les ulleres de seguretat?		
CÀLCULS	Fa els càlculs sense demanar ajut?		

## Esquema de treball

