

# Νόμοι Θερμοχημείας

**SOS: Ο νόμος  
(ή αρχή)  
Lavoisier-  
Laplace**

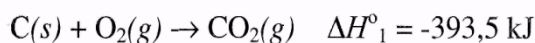
## 1<sup>η</sup> διατύπωση:

Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τη σύνθεση 1 mol μιας χημικής ένωσης από τα συστατικά της στοιχεία είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας, το οποίο απορροφάται ή εκλύεται κατά τη διάσπαση 1 mol της ίδιας χημικής ένωσης στα συστατικά της στοιχεία.

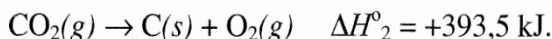
## 2<sup>η</sup> διατύπωση:

Αν κατά το σχηματισμό 1 mol μιας ουσίας παρατηρείται μεταβολή ενθαλπίας  $\Delta H_1$ , κατά τη διάσπαση 1 mol της ίδιας ουσίας στα στοιχεία της παρατηρείται  $\Delta H_2 = -\Delta H_1$

Δηλαδή αν:



τότε:



## Παρατηρήσεις!!

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι αν μας είναι γνωστή η τιμή  $\Delta H_1$  μιας αντίδρασης, τότε μπορούμε να προβλέψουμε την τιμή  $\Delta H_2$  και της αντίστροφης αντίδρασης ( $\Delta H_2 = -\Delta H_1$ ).

**SOS: Ποιας  
αρχής είναι  
συνέπεια  
ονόμος (ή  
αρχή)  
Lavoisier-  
Laplace;**

Της Αρχής Διατήρησης της Ενέργειας

**SOS: Ο νόμος  
του Hess (Ες).**

Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται σε μία χημική αντίδραση είναι το ίδιο, είτε η αντίδραση πραγματοποιείται σε ένα είτε σε περισσότερα στάδια.

**Ερμηνεία του  
νόμου του  
Hess με ένα**

Για παράδειγμα η αντίδραση:



Μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε δύο στάδια:

<b>παράδειγμα</b>	$\text{C(γραφίτης)} + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -110,5 \text{ kJ}$ $\text{CO}(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -283,0 \text{ kJ}$ <p>Με την πρόσθεση των ενδιάμεσων αυτών αντιδράσεων προκύπτει η συνολική αντίδραση και το άθροισμα των ποσών θερμότητας των αντιδράσεων αυτών ισούται με το ποσό της θερμότητας που εκλύεται συνολικά.</p> <p>Δηλαδή ισχύει: <math>\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2</math></p>
<b>SOS: Τι εκφράζει ο νόμος του Hess;</b>	<p>Ο νόμος του Hess, είναι άμεση συνέπεια του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου και αποτελεί τη βάση πολλών θερμοχημικών υπολογισμών.</p>
<b>Η χρησιμότητα του νόμου του Hess</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Η μεγάλη του πρακτική σημασία έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπει την αλγεβρική πρόσθεση και αφαίρεση των θερμοχημικών εξισώσεων.</li> <li>▶ Έτσι, μπορούν να υπολογιστούν έμμεσα, μέσω <i>θερμοχημικών κύκλων</i>, οι θερμότητες πολλών αντιδράσεων, των οποίων ο άμεσος προσδιορισμός είναι δύσκολος (π. χ. αργές, με μικρή απόδοση ή θερμοδυναμικά αδύνατες αντιδράσεις).</li> <li>▶ Για παράδειγμα οι τιμές ενθαλπίας σχηματισμού πολλών ενώσεων μπορούν να υπολογιστούν έμμεσα, μέσω του νόμου του Hess και των αντίστοιχων τιμών ενθαλπίας καύσης (στοιχείων και ενώσεων), που προσδιορίζονται πειραματικά με θερμιδόμετρο.</li> </ul>
<b>Το αξίωμα της τελικής και της αρχικής κατάστασης.</b>	<p>Το ποσό της θερμότητας, που εκλύεται ή απορροφάται κατά τη μετάβαση ενός χημικού συστήματος από μια καθορισμένη αρχική σε μια επίσης καθορισμένη τελική κατάσταση, είναι ανεξάρτητο από τα ενδιάμεσα στάδια, με τα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η μεταβολή.</p>
<b>sos Πως σχετίζεται με το νόμο του Hess;</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Το αξίωμα της αρχικής και τελικής κατάσταση είναι η γενίκευση τον νόμου του Hess.</li> <li>▶ Με τη γενίκευση αυτή είναι δυνατό να διευρύνουμε τους θερμοχημικούς υπολογισμούς, ώστε στις μεταβολές να μπορούν να συμπεριληφθούν πλην των χημικών αντιδράσεων και φυσικές μεταβολές π.χ. μεταβολές φυσικών καταστάσεων.</li> </ul>

### Στο Φροντιστήριο:

#### Ερωτήσεις:

2-37. Σχολικού βιβλίου: 29/71, 30/71, 31/71, 33/71, 35,36/71, 40,41/73, 32,33/71

#### Προβλήματα:

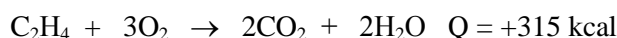
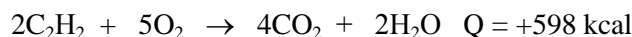
2-38. Σχολικού βιβλίου: 30/71, 31/71, 33/71, 35,36/71, 40,41/73, 32,33/71

2-39. Οι θερμότητες εξουδετέρωσης των οξέων HA και HB είναι 13,35 και 13,7 kcal/mol, αντίστοιχα. Να υπολογίσετε τη θερμότητα της αντίδρασης:  $\text{NaA(aq)} + \text{HB(aq)} \rightarrow \text{HA(aq)} + \text{NaB(aq)}$  [0,35kcal]

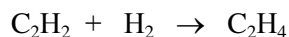
#### Στο Σπίτι:

#### Προβλήματα:

2-40. Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:

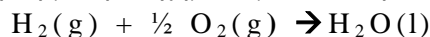


Να βρεθεί η θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση:

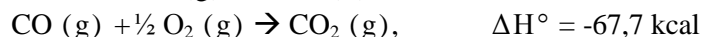
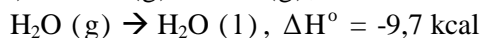
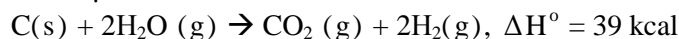


[ +53 kcal ]

2-41. Να υπολογιστεί η θερμότητα σχηματισμού του νερού συμφωνά με τη χημική εξίσωση:



και με βάση τα παρακάτω δεδομένα:



[ -77,5 5kcal/mol ]

2-42. Με βάση τις ενθαλπίες καύσης  $\Delta H_c^\circ$  του C (γραφίτης) = -97,3 kcal/mol, του  $\text{H}_2(\text{g})$  = -68,4 kcal/mol, του αιθινίου,  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$  = -310 kcal/mol και του αιθανίου,  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$  = -370,5 kcal/mol, να υπολογίσετε:

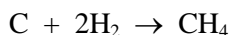
α) τη θερμότητα σχηματισμού του αιθινίου,

β) τη θερμότητα σχηματισμού του αιθανίου και

γ) τη θερμότητα της αντίδρασης αναγωγής του αιθινίου σε αιθάνιο.

[ α)  $\Delta H^\circ = 47 \text{ kcal/mol}$ , β)  $\Delta H^\circ = -29,3 \text{ kcal/mol}$ , γ)  $\Delta H^\circ = -76,3 \text{ kcal/mol}$ , ]

2-43. Υπολογίστε την θερμότητα που ελκύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση:



από τα παρακάτω δεδομένα:

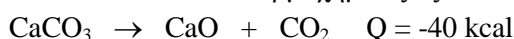
i. 4 g C με καύση δίνουν 131 kJ

ii. 4 g  $\text{H}_2$  με καύση δίνουν 578 kJ

iii. 4 g  $\text{CH}_4$  με καύση δίνουν 221,75 kJ

[Απάντηση: +84kJ ]

2-44. Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις :



Πόσα g C πρέπει να καούν ώστε το ποσό της θερμότητας που θα ελευθερωθεί να είναι ικανό να διασπάσει 4,7 kg  $\text{CaCO}_3$  ;

[ 240 g ]

- 2-45. Όταν καίγονται 1,2g C εκλύονται 9 kcal θερμότητα. Όταν καίγονται 5,6 L H<sub>2</sub> (σε STP) εκλύονται 17,5 kcal θερμότητα. Όταν καίγονται 8g προπινίου (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>) εκλύονται 91 kcal θερμότητα. Να βρεθεί η θερμότητα σχηματισμού του C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>. [Απάντηση: 45 kcal/mol]

## Συνδυαστικές ασκήσεις

- 2-46. Κατά το σχηματισμό 4 mol CO(g) από τα στοιχεία του, σε πρότυπες συνθήκες, εκλύονται 444 KJ.

α. Να υπολογιστεί η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού του CO(g).

β. Να σχεδιαστεί ο θερμοχημικός κύκλος της καύσης του C<sub>(s)</sub> σε δύο στάδια, (πρώτα προς CO(g) και το CO(g) στη συνέχεια προς CO<sub>2</sub>(g)).

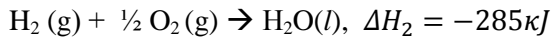
γ. Να υπολογιστεί η πρότυπη ενθαλπία καύσης (ΔH°) του CO(g) σε CO<sub>2</sub>(g)

Δίνεται η πρότυπη ενθαλπία καύσης του C<sub>(s)</sub>:

$$(\Delta H_c^\circ) = -400 \text{ KJ/mol}$$

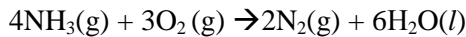
$$\alpha) -111 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \gamma) -289 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

- 2-47. Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



A. Να υπολογίσετε την ενθαλπία σχηματισμού της αέριας NH<sub>3</sub>.

B. Να υπολογίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης:



Γ. Αέριο μίγμα που περιέχει 12 mol NH<sub>3</sub> και 6 mol O<sub>2</sub> αντιδρά προς σχηματισμό N<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση. Όλες οι ενθαλπίες των αντιδράσεων αναφέρονται στις ίδιες συνθήκες.

$$\alpha) -45 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \beta) -1500 \text{ kJ}, \gamma) 3060 \text{ kJ}$$

- 2-48. Δίνονται:

$$\Delta H_c^\circ (\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})) = -2100 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2(\text{g})) = -394 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})) = -122 \text{ kJ/mol}$$

α) Να γραφούν οι αντίστοιχες θερμοχημικές εξισώσεις

β) Σε θερμιδόμετρο τύπου βόμβας, περιέχονται 1.500g νερού θερμοκρασίας 20°C. Στο θερμιδόμετρο εισάγονται και καίγονται πλήρως 1,32g προπινίου (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(g)). Να υπολογιστεί η τελική θερμοκρασία του νερού

γ) Να υπολογιστεί η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού του νερού (H<sub>2</sub>O(l))

δ) Στο δοχείο εισάγεται ορισμένος όγκος αερίου υδρογόνου, μετρημένος σε πρότυπες συνθήκες (stp), και περίσσεια οξυγόνου. Το μίγμα αναφλέγεται, οπότε εκλύονται 85,5KJ μετρημένα σε πρότυπη κατάσταση. Να υπολογιστεί ο όγκος του αερίου υδρογόνου που αντέδρασε, μετρημένος σε πρότυπες συνθήκες (stp).

Δίνονται: Η ειδική θερμότητα του νερού  $c = 4,2 \text{ KJ} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$ .

Η θερμοχωρητικότητα του θερμιδόμετρου θεωρείται αμελητέα.

Οι σχετικές ατομικές μάζες: Ar(C) = 12, Ar(H) = 1

$$\beta) 30^\circ \text{C}, \gamma) -260 \text{ kJ/mol}, \delta) 7,168 \text{ L}$$