

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

**Σύστημα** είναι το μέρος του υλικού κόσμου που μελετάμε.

**Περιβάλλον** είναι το υπόλοιπο μέρος του υλικού κόσμου, το οποίο βρίσκεται εκτός του συστήματος.

Το σύστημα περιορίζεται συνήθως από τα τοιχώματά του, τα οποία το διαχωρίζουν από το περιβάλλον.

Σε μια χημική αντίδραση, το σύστημα είναι τα αντιδρώντα και προϊόντα της αντίδρασης.

**Θερμότητα** είναι η ενέργεια που ανταλλάσσεται μεταξύ συστήματος και περιβάλλοντος λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.

**Θερμοκρασία** είναι το μέτρο κίνησης των δομικών μονάδων της ύλης.

### Μονάδες θερμότητας

Η θερμότητα, ως μορφή ενέργειας, εκφράζεται με τις εξής μονάδες:

- Joule: η θεμελιώδης μονάδα στο S.I.
- cal ή μικρή θερμίδα: το 1 cal ορίζεται ως το ποσό θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1 g H<sub>2</sub>O κατά 1 °C (από τους 14,5 °C στους 15,5 °C). Χρησιμοποιείται επίσης το 1 kcal ή μεγάλη θερμίδα (1 kcal = 1000 cal).

Ισχύει: **1 cal = 4,184 J**

## ΕΝΘΑΛΠΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ένα χημικό σύστημα περικλείει ενέργεια η οποία ονομάζεται **εσωτερική ενέργεια (E)**. Η εσωτερική ενέργεια είναι η ολική ενέργεια του συστήματος και περιλαμβάνει την **κινητική ενέργεια** όλων των σωματιδίων (ατόμων, ιόντων και μορίων) και τη **δυναμική ενέργεια** που οφείλεται στις δυνάμεις των χημικών δεσμών μεταξύ των σωματιδίων του συστήματος.

**Ενθαλπία** ονομάζεται η ολική ενέργεια ενός συστήματος όταν το σύστημα βρίσκεται υπό σταθερή πίεση.

Η ενθαλπία ενός συστήματος είναι ίση με το άθροισμα των ενθαλπιών των συστατικών του συστήματος. Για παράδειγμα, αν το σύστημα αποτελείται από τις ουσίες A και B, η ενθαλπία του είναι:

$$H_{\text{συστήματος}} = H_A + H_B$$

**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Στην πράξη δε γίνεται να μετρήσουμε την ενθαλπία ενός συστήματος. Αυτό που υπολογίζουμε είναι η μεταβολή της ενθαλπίας ΔH.

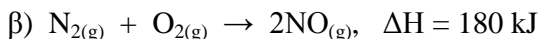
## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

1. Η ενθαλπία είναι συνάρτηση κατάστασης του συστήματος (**καταστατική ιδιότητα**). Καταστατική ιδιότητα ενός συστήματος είναι το μέγεθος εκείνο το οποίο σε καθορισμένη κατάσταση του συστήματος έχει καθορισμένη τιμή, ανεξάρτητα με τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα έφτασε στην κατάσταση αυτή.
2. Η ενθαλπία εξαρτάται από την ποσότητα των ουσιών που αποτελούν το σύστημα. Για παράδειγμα, 2 mol CH<sub>4(g)</sub> έχουν διπλάσια ενθαλπία από 1 mol CH<sub>4(g)</sub> σε καθορισμένη κατάσταση.

## Ασκήσεις θεωρίας - ερωτήσεις κρίσεως

---

1. Να σχεδιάσετε τα διαγράμματα μεταβολής ενθαλπίας για τις παρακάτω αντιδράσεις:



Στη συνέχεια να συγκρίνετε και να σχολιάσετε τη σταθερότητα των αντιδρώντων και των προϊόντων σε κάθε αντίδραση.

2. Να συγκρίνετε την ενθαλπία των παρακάτω δύο αντιδράσεων, οι οποίες πραγματοποιούνται στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.



## Προβλήματα

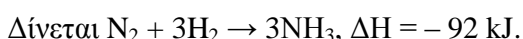
---

Για την επίλυση των παρακάτω προβλημάτων δίνονται:  $A_{r(C)} = 12$ ,  $A_{r(N)} = 14$ ,  $A_{r(H)} = 1$ ,  $A_{r(O)} = 16$ ,  $A_{r(Fe)} = 56$ ,  $A_{r(Ca)} = 40$ ,  $A_{r(S)} = 32$ ,  $A_{r(P)} = 31$ .

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1η

#### ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

3. 112 g  $N_2$  αντιδρούν πλήρως με  $H_2$  και σχηματίζουν  $NH_3$ . Να υπολογιστεί το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται και η ποσότητα της  $NH_3$  που σχηματίζεται.



(απ.: 136 g)

4. 5 L υδατικού διαλύματος  $HNO_3$  0,04 M εξουδετερώνονται πλήρως με υδατικό διάλυμα  $NaOH$  0,1 M. Να υπολογιστούν:

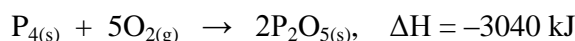
α) ο όγκος του διαλύματος  $NaOH$  που καταναλώθηκε,

β) το ποσό θερμότητας που εκλύεται κατά την εξουδετέρωση.



(απ.: 11,4 kJ)

5. Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση:



α) Ποια είναι η ενθαλπία σχηματισμού του  $P_2O_5$ ;

β) Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση 6,2 g  $P_4$ .

(απ.: 152 kJ)

6. 2 L υδατικού διαλύματος  $HNO_3$  0,05 M εξουδετερώνονται πλήρως με υδατικό διάλυμα  $NaOH$  0,2 M. Να υπολογιστούν:

α) Ο όγκος του διαλύματος NaOH που απαιτείται.

β) Το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται.

Δίνεται η εξίσωση:  $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta H = -57 \text{ kJ}$ .

(απ.: 500 mL, 5,7 kJ)

7. 4 L διαλύματος οξέος HA 0,1 M εξουδετερώνονται πλήρως με υδατικό διάλυμα NaOH 0,05 M, οπότε εκλύεται ποσό θερμότητας 18 kJ.

α) Ποιος όγκος διαλύματος NaOH καταναλώθηκε;

β) Ποια είναι η ενθαλπία της αντίδρασης:  $\text{HA} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaA} + \text{H}_2\text{O}$

γ) Να εξηγήσετε αν το οξύ HA είναι ισχυρό ή ασθενές.

Δίνεται η ενθαλπία εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση:  $\Delta H_n = -57 \text{ kJ/mol}$ .

(απ.:  $V_{\text{NaOH}} = 8 \text{ L}$ ,  $\Delta H = -45 \text{ kJ}$ )

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2η

#### ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΩΘΕΡΜΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΔΟΘΕΡΜΩΝ

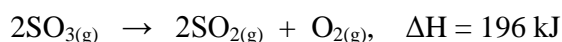
8. Να βρεθεί ο όγκος του μεθανίου, μετρημένος σε πίεση 2 atm και θερμοκρασία 27 °C, ο οποίος πρέπει να καεί, ώστε το ποσό θερμότητας που εκλύεται να χρησιμοποιηθεί για την πλήρη διάσπαση 200 g  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Δίνεται η εξίσωση καύσης  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta H = -890 \text{ kJ}$ .

(απ.: 4,92 L)

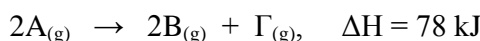
9. Σε κενό δοχείο όγκου 50 L εισάγεται  $\text{SO}_3(\text{g})$ , το οποίο ασκεί πίεση 4,1 atm στους 227 °C. Πόσα g  $\text{H}_2$  πρέπει να καούν, ώστε το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται από την καύση να χρησιμοποιηθεί για την πλήρη διάσπαση της ποσότητας του  $\text{SO}_3$  σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Δίνεται η ενθαλπία καύσης του  $\text{H}_2$ :  $\Delta H_c = -280 \text{ kJ/mol}$ .

(απ.: 3,5 g)

10. 4,8 g άνθρακα καίγονται πλήρως και το ποσό θερμότητας που εκλύεται χρησιμοποιείται για τη διάσπαση ορισμένης ποσότητας της ένωσης A σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Αν κατά την καύση υπάρχουν απώλειες θερμότητας 25%, να υπολογίσετε την ποσότητα της ένωσης A που διασπάται.

Δίνεται η εξίσωση:  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ,  $\Delta H = -390 \text{ kJ}$ .

(απ.: 3 mol)

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3η

#### ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

11. 3 g δείγματος άνθρακα καίγονται, οπότε ελευθερώνεται ποσό θερμότητας ίσο με 78 kJ. Να υπολογιστεί η % w/w περιεκτικότητα του δείγματος σε καθαρό άνθρακα, αν γνωρίζουμε ότι οι προσμίξεις του δείγματος δεν καίγονται.

Δίνεται η εξίσωση:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ,  $\Delta H = -390 \text{ kJ}$ .

(απ.: 80%)

12. 40 g δείγματος Fe αντιδρούν με υδρατμούς σύμφωνα με την εξίσωση:



Αν εκλύεται θερμότητα 30 kJ, να υπολογιστεί η καθαρότητα του δείγματος.

(απ.: 84%)

13. Σε 200 g δείγματος Fe επιδρά περίσσεια HCl. Το εκλυόμενο αέριο αντιδρά πλήρως με C οπότε παράγεται  $CH_4$  σε συνθήκες σταθερής πίεσης και θερμοκρασίας, ενώ εκλύονται 112,5 kJ. Ποια η καθαρότητα του Fe, αν η εξίσωση σχηματισμού του  $CH_4$  είναι  $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$ ,  $\Delta H = -75 \text{ kJ}$ ;

(απ.: 84%)

#### ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4η

#### ΕΝΑ ΑΝΤΙΔΡΩΝ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΕ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ

14. Σε δοχείο εισάγονται ορισμένες ποσότητες δύο ουσιών A και B, οπότε πραγματοποιείται η αντίδραση:  
 $2A + B \rightarrow 2\Gamma$ ,  $\Delta H = 200 \text{ kJ}$ .

Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που απορροφάται αν οι αρχικές ποσότητες των ουσιών είναι:

- α) 4 mol A και 3 mol B.
- β) 8 mol A και 3 mol B.
- γ) 5 mol A και 2,5 mol B.

15. Αέριο μίγμα που αποτελείται από 80 g  $H_2$  και 80 g  $O_2$ , αναφλέγεται και σχηματίζει νερό:



Να υπολογιστεί η μάζα του νερού που σχηματίζεται και το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται.

(απ.: q = 1430 kJ)

16. Ένα μίγμα  $H_2$  και  $O_2$  έχει όγκο 15,68 L, υπό STP. Με ανάφλεξη τα αέρια συστατικά του αντιδρούν και τα προϊόντα ψύχονται, ώστε να απομακρυνθούν οι υδρατμοί. Αν τελικά μένει αέριος όγκος 2,24 L, υπό STP, να υπολογιστούν:

- α) Η μεταβολή της ενθαλπίας του συστήματος κατά την καύση.
- β) Τα mol των συστατικών του μίγματος.

Δίνεται η εξίσωση:  $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ ,  $\Delta H = -286 \text{ kJ}$ .

[απ.: (α) -114,4 kJ, (β) δύο περιπτώσεις: 0,5 - 0,2 mol ή 0,4 - 0,3 για  $H_2 - O_2$  αντίστοιχα]

17. 2,24 L  $N_2$ , υπό STP, φέρονται σε αντίδραση με 0,8 g  $H_2$  προς παραγωγή αμμωνίας. Να υπολογίσετε τη μεταβολή της ενθαλπίας κατά την πραγματοποιούμενη αντίδραση.

Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση:  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ ,  $\Delta H = -92 \text{ kJ}$

(απ.: -4,6 kJ)

18. Σε 400 mL διαλύματος HCl 0,15 M προσθέτουμε ορισμένο όγκο διαλύματος NaOH 0,5 M, οπότε προκύπτει διάλυμα A και ελευθερώνεται ποσό θερμότητας ίσο με 2,85 kJ. Να υπολογιστούν:

- α) ο όγκος του διαλύματος NaOH που προσθέσαμε,
- β) οι συγκεντρώσεις των σωμάτων που περιέχονται στο διάλυμα A.

Δίνεται η εξίσωση:  $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ ,  $\Delta H = -57 \text{ kJ}$ .

(απ.:  $V_{NaOH} = 100 \text{ mL}$ ,  $C_{HCl} = 0,02 \text{ M}$ )

**ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5η: ΜΙΓΜΑΤΑ ΟΥΣΙΩΝ**

**19.** Στην ίδια θερμοκρασία πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις:



α) Με ποια αναλογία mol πρέπει να περιέχονται τα B και Γ σε μίγμα τους, ώστε κατά την αντίδραση με περίσσεια του A να μην παρατηρείται θερμική μεταβολή;

β) Να βρεθεί η κατά βάρος σύσταση ενός άλλου μίγματος των B και Γ, μάζας 22,8 g, όταν η πλήρης αντίδρασή του με το σώμα A συνοδεύεται από αύξηση της ενθαλπίας του συστήματος κατά 1 kJ.

Δίνονται:  $M_{r(B)} = 40$ ,  $M_{r(\Gamma)} = 28$ .

[απ.: (α)  $n_B/n_\Gamma = 4$ , (β) 20 g B - 2,8 g Γ]

**20.** 12,8 g μίγματος CO και CH<sub>4</sub> καίγεται πλήρως με περίσσεια O<sub>2</sub>. Αν η συνολική μεταβολή της ενθαλπίας υπολογίζεται - 202,2 kJ, να βρείτε την κατά βάρος σύσταση του μίγματος. Δίνονται οι θερμοχημικές αντιδράσεις:



(απ.: 11,2 g - 1,6 g)

**21.** Αέριο μίγμα, που αποτελείται από CO και H<sub>2</sub>, έχει όγκο 6,72 L, μετρημένο σε STP. Κατά την πλήρη καύση του μίγματος ελευθερώνεται ποσό θερμότητας ίσο με 85 kJ. Να υπολογιστούν:

α) οι μάζες των συστατικών του μίγματος,

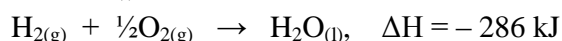
β) η % v/v σύσταση του μίγματος,

γ) ο όγκος του O<sub>2</sub>, μετρημένος σε STP, που καταναλώθηκε για την καύση του μίγματος.

Δίνονται οι εξισώσεις:  $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$ ,  $\Delta H_c = -280 \text{ kJ}$  και  $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ ,  $\Delta H_c = -285 \text{ kJ}$ .

(απ.: 33,3% CO - 66,7% H<sub>2</sub>)

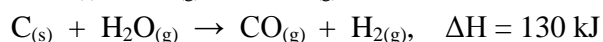
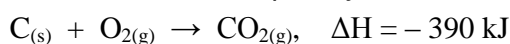
**22.** Αέριο μίγμα H<sub>2</sub> και O<sub>2</sub> έχει όγκο 22,4 L, μετρημένο σε STP. Το μίγμα αναφλέγεται, οπότε σε κατάλληλες συνθήκες σχηματίζεται H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub> σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Μετά την αντίδραση παραμένει αέριο όγκου 5,6 L, μετρημένου σε STP. Να υπολογιστούν το ποσό θερμότητας που ελευθερώθηκε κατά την καύση, καθώς και η σύσταση του αρχικού μίγματος H<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>.

[απ.: Δύο περιπτώσεις: (α) 0,5 - 0,5 mol, (β) 0,75 mol H<sub>2</sub> - 0,25 mol O<sub>2</sub>]

**23.** Σε δοχείο που περιέχει περίσσεια άνθρακα διαβιβάζεται αέριο μίγμα O<sub>2</sub> και υδρατμών, όγκου 8,96 L, μετρημένου σε STP, οπότε πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις:



α) Ποια πρέπει να είναι η % v/v σύσταση του αρχικού μίγματος, ώστε κατά την αντίδραση του μίγματος με τον C να μην παρατηρείται θερμική μεταβολή;

β) Αν τελικά ελευθερώνεται ποσό θερμότητας ίσο με 52 kJ, να υπολογιστεί η σύσταση του αρχικού μίγματος σε mol.

[απ.: (α) 25% O<sub>2</sub> - 75% H<sub>2</sub>O<sub>(g)</sub>, (β) 0,2 - 0,2 mol]