

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑΣ

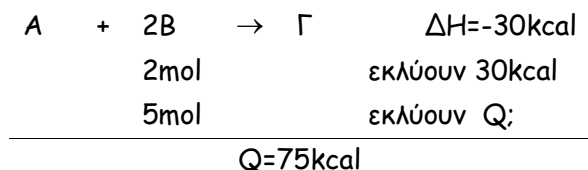
➡ 1^η κατηγορία :

Αναλογία ποσότητας αντιδρώντος ή προϊόντος με το ΔH, βάση της στοιχειομετρίας της αντίδρασης.

Παράδειγμα 1^ο :

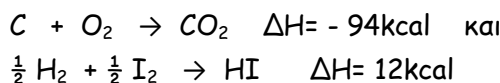
5mol του σώματος Β αντιδρούν με ορισμένη ποσότητα του σώματος Α σύμφωνα με την αντίδραση :
 $A + 2B \rightarrow \Gamma$ ΔH=-30kcal. Πόση θερμότητα εκλύεται ;

Λύση :



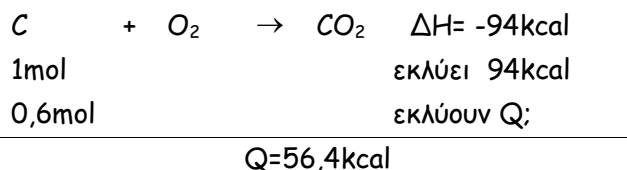
Παράδειγμα 2^ο :

7,2g C καίγονται πλήρως και η θερμότητα που ελευθερώνεται χρησιμοποιείται για τη μετατροπή μίγματος H₂ και I₂ σε HI. Πόσα g HI θα σχηματιστούν ; Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις σχηματισμού :

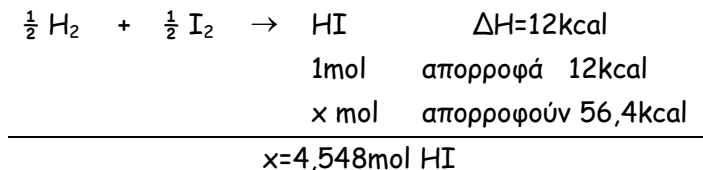


Λύση :

Βρίσκω τα mol του C που καίγονται : $n_C = \frac{m}{Ar} = \frac{7,2}{12} = 0,6\text{mol C}$



Η θερμότητα αυτή (56,4kcal) απορροφάται στη συνέχεια για το σχηματισμό ορισμένων g HI :



Τα mol του HI τα μετατρέπουμε σε g :

$$n_{HI} = \frac{m}{Mr} \Leftrightarrow m = n \cdot Mr \Rightarrow m = 4,548 \cdot 128 \Rightarrow m = 582,2\text{g HI}$$

Εφαρμογή 1η :

Η θερμοχημική εξίσωση σχηματισμού της NH₃ είναι: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ ΔH= - 22 kcal
 Να υπολογιστεί το ποσό θερμότητας που απορροφάται κατά τη διάσπαση 51g NH₃ στα συστατικά της.

Εφαρμογή 2η :

Μετά την καύση H₂ που περιέχεται σε φιάλη σε πίεση 8atm και θερμοκρασία 0°C ελευθερώνονται 7150kJ μετρημένα σε πρότυπη κατάσταση. Να βρεθεί ο όγκος του H₂ που κάηκε.

Δίνεται η θερμοχημική εξίσωση καύσης τους H₂: $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ ΔH= - 286kJ

✂ Εφαρμογή 3η :

Ορισμένη ποσότητα υγρής προπανόλης (C_3H_7OH) καίγεται πλήρως με O_2 , οπότε ελευθερώνονται 320kcal. Να υπολογιστούν :

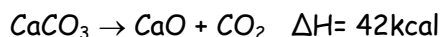
α. ο όγκος της υγρής προπανόλης

β. ο όγκος του O_2 που απαιτείται, μετρημένος σε stp.

Δίνονται για την προπανόλη : $\Delta H_{καύσης} = -480\text{kcal/mol}$ και πυκνότητα : 0,8g/ml.

✂ Εφαρμογή 4η :

Ποιος όγκος C_2H_2 μετρημένος σε stp, πρέπει να καεί, ώστε το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται να χρησιμοποιηθεί για τη διάσπαση 150g $CaCO_3$ σύμφωνα με την αντίδραση :



Δίνεται επίσης: $C_2H_2 + 5/2 O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O \quad \Delta H = -315\text{kcal/mol}$.

📁 Ασκήσεις σχολικού βιβλίου : 15, 18, 22

➡ 2^η κατηγορία :

Απώλειες Θερμότητας.

Σχόλιο : Όταν η άσκηση αναφέρει ότι υπάρχουν απώλειες (α%) κατά την παραγωγή θερμότητας, τότε η θερμότητα που απομένει είναι :

$$Q_{\text{τελικό}} = (100\% - \alpha\%) \cdot Q_{\text{παραγόμενο}}$$

Παράδειγμα 1^ο :

Το ποσό θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση 11,2lt CH_4 (μετρημένα σε stp) χρησιμοποιείται για τη σύνθεση NO από τα συστατικά του. Αν κατά την καύση υπάρχουν απώλειες θερμότητας 20%, να υπολογιστεί η ποσότητα του NO που σχηματίζεται.

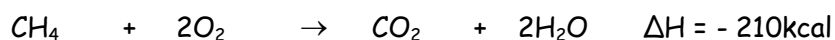
Δίνονται : $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad \Delta H = -210\text{kcal/mol}$ και



Λύση :

Αρχικά υπολογίζουμε πόσα mol είναι τα 11,2lt CH_4 που καίγονται : $n_{CH_4} = \frac{V}{22,4} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5\text{mol } CH_4$

Έπειτα υπολογίζουμε το ποσό θερμότητας που εκλύεται από την καύση του CH_4 :



1mol εκλύει 210kcal

0,5mol εκλύουν Q kcal

$$Q = 105\text{kcal}$$

Επειδή όμως χάνεται το 20% αυτής της θερμότητας που εκλύεται, τελικά απομένει σαν «χρήσιμη» θερμότητα το 80% των 105kcal, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην σύνθεση του NO.

$$Q_{\text{απορροφάται}} = 80\% \cdot Q_{\text{εκλύεται}} \Rightarrow Q_{\text{απορ.}} = 0,8 \cdot 105 \Rightarrow Q_{\text{απορ.}} = 84\text{kcal}$$

Έτσι τα 84kcal χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση του NO. Γράφουμε την αντίδραση σχηματισμού του NO και υπολογίζουμε την ποσότητα του NO που παράγεται :



2mol απορροφούν 42kcal

xmol απορροφούν 84kcal

$$x = 4\text{mol NO}$$

Δηλαδή : $n_{\text{NO}} = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n \cdot M_r \Rightarrow m = 4 \cdot 30 \Rightarrow m = 120 \text{g NO}$

Εφαρμογή 1^η :

Ποιος όγκος C_2H_2 , μετρημένος σε θερμοκρασία 27°C και πίεση 2atm , πρέπει να καεί ώστε το ποσό θερμότητας που εκλύεται να χρησιμοποιηθεί για τη σύνθεση 180g NO ; Κατά την καύση υπάρχουν απώλειες θερμότητας 10%. Δίνονται : $\text{C}_2\text{H}_2 + 5/2 \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = -315 \text{ kcal/mol}$ και $\frac{1}{2} \text{N}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} \quad \Delta H = 21 \text{ kcal/mol}$.

3^η κατηγορία :

Υπολογισμός της καθαρότητας ενός δείγματος. (υποκατηγορία της 1^{ης} κατηγορίας)

Σχόλιο : Καθαρότητα ενός δείγματος είναι η %κ.β. (ή %w/w) περιεκτικότητα του δείγματος αυτού σε καθαρό σώμα.

ΠΡΟΣΟΧΗ !!!

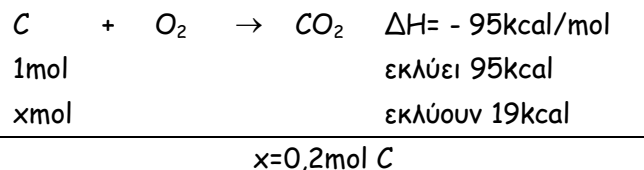
Όταν μια ποσότητα από ένα μη καθαρό σώμα (δείγμα) παίρνει μέρος σε μια αντίδραση, τότε στους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς θα χρησιμοποιούμε μόνο την ποσότητα του καθαρού σώματος που αντιδρά.

Παράδειγμα 1^ο :

3g δείγματος άνθρακα καίγονται, οπότε ελευθερώνονται 19kcal. Να υπολογιστεί η %w/w καθαρότητα του δείγματος άνθρακα. Οι προσμείξεις του δείγματος δεν καίγονται. Δίνεται: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad \Delta H = -95 \text{ kcal}$

Λύση :

Έστω $x \text{ mol}$ καθαρού C που περιέχονται στα 3g του δείγματος. Αυτά τα $x \text{ mol}$ του C είναι που καίγονται και εκλύουν τα 19kcal:



Άρα η ποσότητα του καθαρού C που καίγεται είναι : $n_{\text{C}} = \frac{m}{A_r} \Rightarrow m = n \cdot A_r \Rightarrow m = 0,2 \cdot 12 \Rightarrow m = 2,4 \text{g C}$

Επομένως : Στα 3g δείγματος περιέχονται 2,4g C (καθαρού)

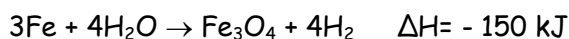
Στα 100g δείγματος περιέχονται $w \text{ g C}$

$$w = 80 \text{g C}$$

Δηλαδή, η καθαρότητα του δείγματος είναι 80% w/w.

Εφαρμογή 1^η :

40g δείγματος σιδήρου αντιδρούν με υδρατμούς σύμφωνα με την εξίσωση



Αν κατά την αντίδραση εκλύεται θερμότητα 30kJ, να υπολογιστούν :

α. η % w/w καθαρότητα του δείγματος

β. ο όγκος του παραγόμενου H_2 σε πίεση 4atm και θερμοκρασία 227°C .

➡ 4^η κατηγορία :

Υπολογισμός της θερμότητας με βάση το αντιδρών που **δεν** βρίσκεται σε περίσσεια (ή είναι σε έλλειμμα ή αντιδρά πλήρως).

Σχόλιο : αν δίνονται από την εκφώνηση οι αρχικές ποσότητες και των δύο αντιδρώντων, τότε ελέγχουμε πάντα αν ένα από τα δύο αντιδρώντα είναι σε περίσσεια και **υπολογίζουμε τη θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται με βάση το άλλο αντιδρών δηλ. αυτό που δεν είναι σε περίσσεια.**

Παράδειγμα 1° :

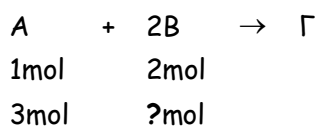
Έστω η θερμοχημική εξίσωση $A + 2B \rightarrow \Gamma \quad \Delta H = -30 \text{ kcal}$

Αν αρχικά αναμίξουμε 3mol A και 5mol B, πόση θερμότητα εκλύεται τελικά ;

Λύση :

❖ Εντοπίζουμε πρώτα ποιο αντιδρών είναι σε περίσσεια :

Έστω ότι το A που διαθέτω (3mol) αντιδρά πλήρως :

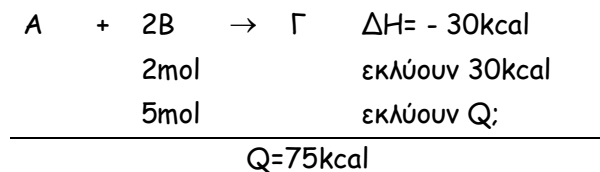


? = 6mol B χρειάζονται για να αντιδράσει πλήρως το A.

Όμως διαθέτουμε 5mol B δηλ. λιγότερα απ' όσα χρειάζονται.

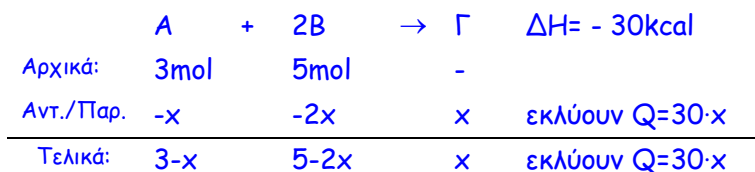
Άρα το B αντιδρά πλήρως (ή δεν είναι σε περίσσεια ή είναι σε έλλειμμα) ή με άλλα λόγια το A δεν αντιδρά πλήρως (ή το A είναι σε περίσσεια).

❖ Έτσι υπολογίζω τη θερμότητα που εκλύεται ως προς το B που διαθέτω (5mol) και το οποίο αντιδρά πλήρως :



❖ **Εναλλακτικά**, μπορούμε να δουλέψουμε με πινακάκι και αφού βρούμε (με τον έλεγχο περίσσειας) ποιο αντιδρών καταναλώνεται πλήρως, μηδενίζουμε την τελική του ποσότητα και βρίσκουμε το x.

Η θερμότητα που εκλύεται (ή απορροφάται) υπολογίζεται στοιχειομετρικά πολλαπλασιασμένη επί x. Δηλαδή:



Αφού το B καταναλώνεται πλήρως (το A είναι σε περίσσεια) θα ισχύει: $5-2x=0 \Rightarrow x=2,5 \text{ mol}$

Άρα η θερμότητα που εκλύεται θα ισούται με $Q = 30 \cdot 2,5 = 75 \text{ kcal}$.

❖ Επίσης χρησιμοποιώντας το πινακάκι μπορούμε να υπολογίσουμε και τη σύσταση (σε mol) του τελικού προϊόντος στο δοχείο.

Εδώ: τελικά $3-2,5 = 0,5 \text{ mol A}$ και $2,5 \text{ mol } \Gamma$.

🔪 Εφαρμογή 1η :

Να βρεθεί το ποσό θερμότητας που παράγεται κατά το σχηματισμό της NH_3 από τα συστατικά της, όταν αντιδράσουν 6mol N_2 και 9mol H_2 σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 \quad \Delta H = -100 \text{ kJ}$

Εφαρμογή 2η :

4g CH₄ και 80g O₂ αντιδρούν. Να βρεθεί η θερμότητα που εκλύεται κατά την καύση του CH₄ , αν δίνεται :
 $\Delta H_{\text{καύσης}}(\text{CH}_4) = -890 \text{ kJ/mol}$.

📁 Άσκηση σχολικού βιβλίου : 20

5^η κατηγορία :

Μίγμα δύο (συνήθως) σωμάτων που αντιδρούν μεταξύ τους. (υποπερίπτωση της 4^{ης} κατηγορίας)

Σχόλιο : Έστω μίγμα H₂ και O₂ που αντιδρούν μεταξύ τους: $\text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

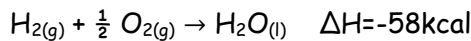
❖ Αν η άσκηση λέει ότι μετά την ανάφλεξη και ψύξη αέριου μίγματος H₂ και O₂ **δεν απομένει αέριος όγκος**, αυτό σημαίνει ότι το H₂ και το O₂ αντέδρασαν πλήρως, δηλαδή βρίσκονταν στο αρχικό μίγμα σε **στοιχειομετρική αναλογία**.

❖ Αν η άσκηση λέει ότι μετά την ανάφλεξη και ψύξη αέριου μίγματος H₂ και O₂ **απομένει αέριος όγκος**, αυτό σημαίνει ότι το H₂ και το O₂ δεν αντέδρασαν πλήρως, δηλαδή ένα από τα δύο συστατικά του αρχικού μίγματος, H₂ ή O₂, ήταν σε **περίσσεια**.

☞ **ΣΗΜΕΙΩΣΗ :** με την **ψύξη**, που ακολουθεί μετά την αντίδραση, υδροποιούνται κι άρα **απομακρύνονται οι υδρατμοί που έχουν παραχθεί**.

Παράδειγμα 1° :

Μίγμα H₂ και O₂ έχει όγκο 252lt που μετρήθηκε σε στρ. Το μίγμα αναφλέγεται οπότε πραγματοποιείται η καύση του H₂ σύμφωνα με την θερμοχημική εξίσωση:



Στη συνέχεια το προϊόν ψύχεται οπότε **δεν απομένει αέριος όγκος**.

Να υπολογιστεί το ποσό θερμότητας που ελευθερώθηκε κατά την ανάφλεξη.

Λύση :

Έστω x mol H₂ και y mol O₂ στο αρχικό μίγμα.

Από τον συνολικό όγκο του αρχικού μίγματος ισχύει :

$$n_{\text{ολικό}} = \frac{V_{\text{ολικό}}}{22,4} \Rightarrow x + y = \frac{252}{22,4} \Rightarrow x + y = 11,25 \text{ mol} \quad \textcircled{1}$$

Αφού δεν απομένει αέριο μετά την ψύξη οπότε και απομακρύνονται οι υδρατμοί, τα αρχικά mol H₂ και O₂

θα είναι σε στοιχειομετρική αναλογία : $\frac{x}{y} = \frac{1}{1/2} \Rightarrow \frac{x}{y} = 2 \Rightarrow x = 2y \quad \textcircled{2}$

Λύνοντας το σύστημα των δύο εξισώσεων ① και ② έχουμε :

$$x = 7,5 \text{ mol H}_2 \quad \text{και} \quad y = 3,75 \text{ mol O}_2$$

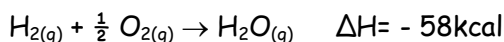
Τώρα η θερμότητα που εκλύεται με την καύση μπορεί να υπολογιστεί με βάση είτε το H₂ είτε το O₂ (αφού κανένα από τα δύο δεν είναι σε περίσσεια στο αρχικό μίγμα).

H ₂	+	$\frac{1}{2}$ O ₂	→	H ₂ O	ΔH = - 58 kcal/mol
1mol		1/2mol			εκλύει 58 kcal
7,5mol		3,75mol			εκλύουν Q

$$Q = 58 \cdot 7,5 = 435 \text{ kcal} \quad \text{ή} \quad 58 \cdot 3,75 \cdot 2 = 435 \text{ kcal}$$

Παράδειγμα 2° :

Αέριο μίγμα H₂ και O₂ έχει όγκο 78,4lt σε στρ. Το μίγμα αναφλέγεται οπότε σχηματίζονται υδρατμοί :



Μετά την ψύξη κι επομένως την απομάκρυνση των υδρατμών παραμένει αέριο όγκου 11,2lt σε stp. Να υπολογιστεί το ποσό θερμότητας που ελευθερώθηκε κατά την καύση.

Λύση :

Έστω x mol H_2 και y mol O_2 στο αρχικό μίγμα.

$$\text{Από τον συνολικό όγκο του αρχικού μίγματος ισχύει : } n_{\text{ολικα}} = \frac{V_{\text{ολικό}}}{22,4} \Rightarrow x + y = \frac{78,4}{22,4} \Rightarrow x + y = 3,5 \text{ mol} \quad \textcircled{1}$$

Αφού απομένει αέριο μετά την ψύξη και απομάκρυνση των υδρατμών, ή το H_2 ή το O_2 θα είναι σε περίσσεια στο αρχικό μίγμα :

Χρησιμοποιώντας πινακάκι με τα αρχικά mol, διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

1^η περίπτωση: ❖ Έστω ότι το H_2 που διαθέτω (x mol) αντιδρά πλήρως :

	H_2	+	$\frac{1}{2} O_2$	$\rightarrow$	H_2O	$\Delta H = -58 \text{ kcal/mol}$
Αρχικά:	$x \text{ mol}$		$y \text{ mol}$		-	
Αντ./Παρ.	$-x$		$-x/2$		x	εκλύουν $Q=58 \cdot x$
Τελικά:	0		$y-x/2$		x	εκλύουν $Q=58 \cdot x$

Κι αφού θα καταναλωθεί πλήρως το H_2 , το O_2 που θα περισσεύει θα ισούται με:

$$n_{\text{τελικά}} = \frac{V_{\text{τελικό}}}{22,4} \Rightarrow y - \frac{x}{2} = \frac{11,2}{22,4} \Rightarrow y - \frac{x}{2} = 0,5 \text{ mol } O_2 \quad \textcircled{2}$$

Λύνοντας το σύστημα των δύο εξισώσεων ① και ② έχουμε :

$$x = 2 \text{ mol } H_2 \quad \text{και} \quad y = 1,5 \text{ mol } O_2.$$

Πράγματι, οι λύσεις αυτές επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεσή μας ότι το H_2 αντιδρά πλήρως κι άρα το O_2 είναι σε περίσσεια.

➔ Έτσι υπολογίζω τη θερμότητα που εκλύεται (ως προς το H_2) : $Q = 58 \cdot x = 58 \cdot 2 = 116 \text{ kcal}$

2^η περίπτωση: ❖ Αν υποθέταμε ότι το O_2 που διαθέτω (y mol) αντιδρά πλήρως :

	H_2	+	$\frac{1}{2} O_2$	$\rightarrow$	H_2O	$\Delta H = -58 \text{ kcal/mol}$
Αρχικά:	$x \text{ mol}$		$y \text{ mol}$		-	
Αντ./Παρ.	$-2y$		$-y$		$2y$	εκλύουν $Q=58 \cdot 2y$
Τελικά:	$x-2y$		0		$2y$	εκλύουν $Q=58 \cdot 2y$

Κι αφού θα καταναλωθεί πλήρως το O_2 , το H_2 που θα περισσεύει θα ισούται με:

$$n_{\text{τελικά}} = \frac{V_{\text{τελικό}}}{22,4} \Rightarrow x - 2y = \frac{11,2}{22,4} \Rightarrow x - 2y = 0,5 \text{ mol } H_2 \quad \textcircled{3}$$

Λύνοντας το σύστημα των δύο εξισώσεων ① και ③ έχουμε :

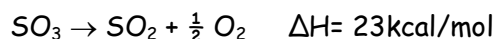
$$x = 2,5 \text{ mol } H_2 \quad \text{και} \quad y = 1 \text{ mol } O_2.$$

Πράγματι, οι λύσεις αυτές επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεσή μας ότι το O_2 αντιδρά κι άρα το H_2 είναι σε περίσσεια.

➔ Έτσι υπολογίζω τη θερμότητα που εκλύεται (ως προς το O_2) : $Q = 58 \cdot 2y = 58 \cdot 2 = 116 \text{ kcal}$

 **Εφαρμογή 1^η :**

Αέριο μίγμα H_2 και O_2 αναφλέγεται και μετά την απομάκρυνση των υδρατμών δεν απομένει αέριος όγκος. Το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται μπορεί να διασπάσει 160g SO_3 σύμφωνα με την αντίδραση :



Να υπολογιστεί ο όγκος του αρχικού μίγματος σε stp.

Δίνεται επίσης : $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \quad \Delta H = -57,5 \text{ kcal/mol.}$

 Εφαρμογή 2η :

Αέριο μίγμα H_2 και Cl_2 όγκου 11,2lt (σε stp) αντιδρούν σε κατάλληλες συνθήκες οπότε σχηματίζεται HCl και εκλύονται 8,8kcal. Να υπολογιστεί η σύσταση του αρχικού μίγματος σε mol.

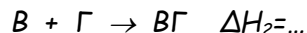
Δίνεται : $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} \quad \Delta H = -44 \text{ kcal.}$

➡ 6^η κατηγορία :

Μίγμα δύο ή περισσότερων σωμάτων που αντιδρούν με ένα κοινό τρίτο σώμα.

Σχόλιο : Έστω μίγμα σώματος A και σώματος B που αντιδρούν με ένα σώμα Γ .

❖ Θα εξετάζουμε χωριστά τις αντιδράσεις των συστατικών του μίγματος με το τρίτο σώμα. Π.χ. θα γράφουμε χωριστά τις θερμοχημικές εξισώσεις :



❖ Όταν ζητείται να υπολογίσουμε τη σύσταση του μίγματος, ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

1^{ov}: Θέτουμε αγνώστους $x, y, \dots$ τους αριθμούς mol των συστατικών του μίγματος.

Π.χ. έστω $x \text{ mol } A$ και $y \text{ mol } B$.

2^{ον}: Εκφράζουμε όλα τα δεδομένα της άσκησης σε συνάρτηση με τους αγνώστους αυτούς. Έτσι :

- Αν δίνεται η μάζα του μίγματος, έχουμε :

$$m_{O_2} = x \cdot MB_A + y \cdot MB_B$$

- Αν δίνεται ο όγκος του μίγματος, έχουμε :

$$P \cdot V_{o2} = (x + y) \cdot R \cdot T \quad \dot{q} \quad V_{o2} = (x + y) \cdot 22,4 \ell t \quad \sigma \varepsilon \text{ step}$$

3^{ον}: Δημιουργούμε κι άλλες εξισώσεις με τους αγνώστους $x, y, \dots$ χρησιμοποιώντας, συνήθως, τη συνολική θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση του μίγματος

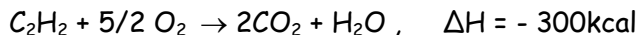
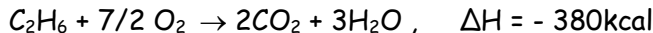
π.χ. $Q_{ολικό} = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_{ολικό} = x \cdot \Delta H_1 + y \cdot \Delta H_2$ (αλγεβρικό άθροισμα)

4^{ov}: Λύνουμε το σύστημα των εξισώσεων που προκύπτει.

Παράδειγμα 1^ο :

6,72lt (σε stp) αερίου μίγματος C_2H_6 και C_2H_2 καίγονται πλήρως με O_2 και παράγονται 98kcal.

Να βρεθούν : α) η γραμμομοριακή σύσταση του αρχικού μίγματος, β) η κατ' όγκο σύσταση του αρχικού αερίου μίγματος (σε lt). Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις καύσης:

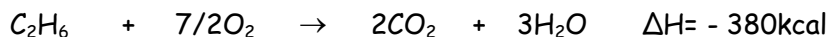


Λύση :

Έστω x mol C_2H_6 και y mol C_2H_2 στο αρχικό μίγμα που καίγεται.

Από τον όγκο του αρχικού μίγματος σε στρ ισχύει :

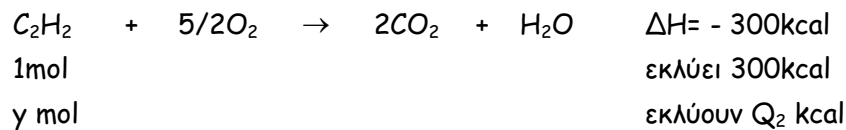
$$n_{o\lambda.} = \frac{V_{o\lambda.}}{22.4} \Rightarrow x + y = \frac{6,72}{22.4} \Rightarrow x + y = 0,3 \quad \textcircled{1}$$



1mol εκλύει 380kcal

x mol εκλύουν Q₁ kcal

$$Q_1 = 380 \cdot x$$



$$Q_2 = 300 \cdot \gamma$$

Από τη συνολική θερμότητα που εκλύει το μίγμα C_2H_6 και C_2H_2 κατά την καύση του ισχύει :

$$Q_{\text{ολικό}} = Q_1 + Q_2 \Rightarrow 98 = 380 \cdot x + 300 \cdot \gamma \quad \textcircled{2}$$

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων ① και ② έχουμε τις λύσεις : $x = 0,1\text{mol } C_2H_6$ και $\gamma = 0,2\text{mol } C_2H_2$

Όσο για την κ.ό. σύσταση του μίγματος (σε str) υπολογίζεται με βάση τον τύπο :

$$n = \frac{V}{22,4} \Rightarrow V = n \cdot 22,4 \quad \text{για κάθε συστατικό.}$$

Έτσι $V_1 = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24\text{lt } C_2H_6$ και $V_2 = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48\text{lt } C_2H_2$.

Εφαρμογή 1η :

5,12g λιγνίτη που περιέχει μόνο C και S καίγονται πλήρως, οπότε παράγονται 38,3kcal.

Να βρεθούν : α) η γραμμομοριακή σύσταση του λιγνίτη και β) η % w/w σύσταση του λιγνίτη σε C και S.

Δίνονται : $C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -94\text{kcal/mol}$ και

$S + O_2 \rightarrow SO_2 \quad \Delta H = -70\text{kcal/mol}$.

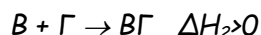
 Άσκηση σχολικού βιβλίου : 19

7^η κατηγορία :

Μίγμα κατά την αντίδραση του οποίου δεν παρατηρείται θερμική μεταβολή. (υποκατηγορία της 6^{ης} κατηγορίας)

Σχόλιο : Για να **μην παρατηρηθεί θερμική μεταβολή** κατά την αντίδραση του μίγματος πρέπει η θερμότητα που ελευθερώνεται από την αντίδραση του ενός συστατικού (Q_1 , εξώθερμη) να απορροφάται κατά την αντίδραση του άλλου συστατικού (Q_2 , ενδόθερμη). Δηλαδή το αλγεβρικό τους άθροισμα θα πρέπει να είναι μηδέν.

π.χ. : Έστω μίγμα x mol A και γ mol B του οποίου τα συστατικά αντιδρούν με το σώμα Γ.

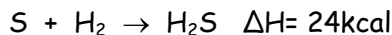
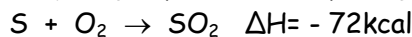


Για να μην παρατηρηθεί θερμική μεταβολή στο μίγμα θα πρέπει :

$$x \cdot \Delta H_1 + \gamma \cdot \Delta H_2 = 0 \quad (\text{αλγεβρικό άθροισμα}) \quad \text{ή} \quad |x \cdot \Delta H_1| = |\gamma \cdot \Delta H_2|$$

Παράδειγμα 1^ο :

Μίγμα H_2 και O_2 αντιδρά με S σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις :

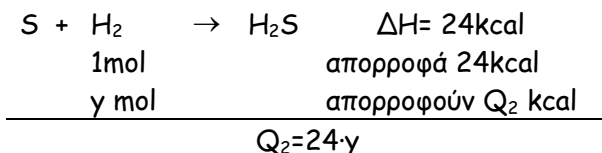
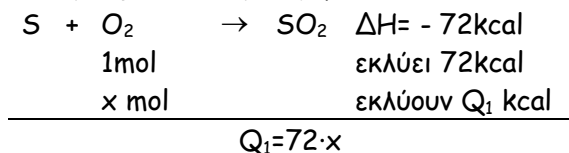


Να βρεθεί η αναλογία mol των συστατικών του μίγματος H_2 και O_2 , ώστε όταν το μίγμα αντιδράσει με το S ταυτόχρονα, να μην παρατηρηθεί θερμική μεταβολή.

Λύση :

Έστω x mol O_2 και γ mol H_2 στο αρχικό μίγμα που αντιδρά με το S.

Γράφουμε τις θερμοχημικές εξισώσεις από τις δεδομένες ΔH και κάνουμε στοιχειομετρικούς υπολογισμούς σε κάθε μια χωριστά:

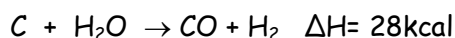
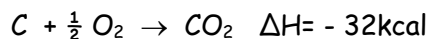


Για να μην παρατηρηθεί θερμική μεταβολή κατά την ταυτόχρονη αντίδραση των H_2 και O_2 με το S , πρέπει να ισχύει :

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow 72 \cdot x = 24 \cdot y \Rightarrow x/y = 24/72 \Rightarrow x/y = 1/3$$

Εφαρμογή 1^η :

Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις :



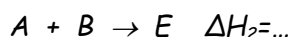
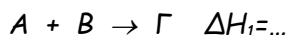
Ποια η αναλογία mol των συστατικών του μίγματος H_2O και O_2 , ώστε, όταν το μίγμα αντιδράσει με τον C , να μην παρατηρηθεί θερμική μεταβολή :

8^η κατηγορία :

Μίγμα διαφορετικών προϊόντων από τα ίδια αντιδρώντα
(σε δύο διαφορετικές αντιδράσεις που γίνονται ταυτόχρονα). (υποκατηγορία της 6^{ης} κατηγορίας)

Σχόλιο : Έστω μίγμα σώματος Γ και σώματος E που προκύπτουν από τα ίδια αντιδρώντα A και B .

❖ Θα εξετάσουμε χωριστά τις αντιδράσεις των συστατικών του μίγματος με το τρίτο σώμα. Π.χ. θα γράφουμε χωριστά τις θερμοχημικές εξισώσεις :



❖ Όταν ζητείται να υπολογίσουμε τη σύσταση του μίγματος προϊόντων, ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

1^{ον}: Θέτουμε αγνώστους $x, y, \dots$ τους αριθμούς mol των συστατικών του μίγματος, δηλαδή των διαφορετικών προϊόντων.

Π.χ. Έστω x mol Γ και y mol E .

2^{ον}: Εκφράζουμε όλα τα δεδομένα της άσκησης σε συνάρτηση με τους αγνώστους αυτούς. Έτσι :

• Αν δίνεται η μάζα του μίγματος προϊόντων, έχουμε :

$$m_{\text{ολ.}} = x \cdot MB_{\Gamma} + y \cdot MB_E$$

$$P \cdot V_{\text{ολ.}} = (x + y) \cdot R \cdot T \quad \text{ή} \quad V_{\text{ολ.}} = (x + y) \cdot 22,4 \text{ lt} \quad \text{σε stp}$$

• Αν δίνεται ο όγκος του μίγματος, έχουμε :

• Επίσης, μπορεί να δίνεται και η μάζα ή ο όγκος ενός από τα κοινά αντιδρώντα, οπότε ενεργούμε ανάλογα.

3^{ον}: Δημιουργούμε κι άλλες εξισώσεις με τους αγνώστους $x, y, \dots$ χρησιμοποιώντας, συνήθως, τη συνολική θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται κατά την αντίδραση του μίγματος

$$\text{π.χ. } Q_{\text{ολικό}} = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_{\text{ολικό}} = x \cdot \Delta H_1 + y \cdot \Delta H_2 \quad (\text{αλγεβρικό άθροισμα})$$

4^{ον}: Λύνουμε το σύστημα των εξισώσεων που προκύπτει.

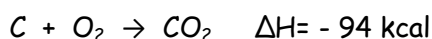
Παράδειγμα 1^ο :

3,6g άνθρακα καίγονται με O_2 , οπότε παράγεται αέριο μίγμα CO και CO_2 , ενώ ελευθερώνονται 14,6 kcal.

α. Να βρεθεί η γραμμομοριακή σύσταση του αερίου μίγματος των προϊόντων.

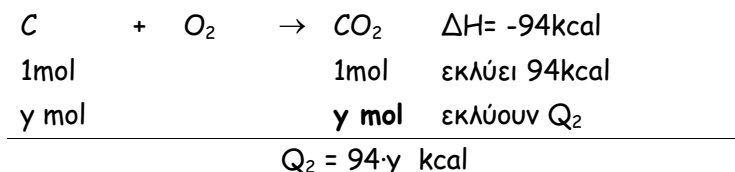
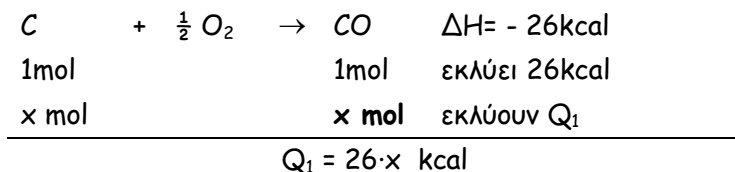
β. Να γραφτεί η συνολική θερμοχημική εξίσωση της αντίδρασης που γίνεται.

Δίνονται : $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO \quad \Delta H = -26 \text{ kcal}$ και



Λύση :

α. Έστω $x \text{ mol CO}$ και $y \text{ mol CO}_2$ που παράγονται κατά τις δύο ταυτόχρονες αντιδράσεις. Γράφουμε τις αντιδράσεις σχηματισμού του CO και του CO_2 (δηλαδή καύσεις του C με διαφορετικά προϊόντα) και κάνουμε στοιχειομετρικούς υπολογισμούς σε καθεμία με βάση τα δεδομένα της άσκησης :



Όμως, από τη συνολική μάζα του C που αντιδρά έχουμε :

$$\textcircled{1} \quad n_{\text{C(ολικό)}} = \frac{m_{\text{ολική}}}{Ar} \Rightarrow x + y = \frac{3,6}{12} \Rightarrow x + y = 0,3 \text{ mol}$$

Επίσης, από την συνολική θερμότητα που εκλύεται κατά την παραγωγή του μίγματος έχουμε :

$$Q_1 + Q_2 = Q_{\text{ολικό}} \Rightarrow 26 \cdot x + 94 \cdot y = 14,6 \text{ kcal} \quad \textcircled{2}$$

Λύνοντας το σύστημα των δύο εξισώσεων $\textcircled{1}$ και $\textcircled{2}$ έχουμε :

$$x = 0,2 \text{ mol CO} \quad \text{και} \quad y = 0,1 \text{ mol CO}_2$$

ΠΡΟΣΟΧΗ !!!

β. Για να γράψουμε την **συνολική θερμοχημική εξίσωση** καύσης του C , θα πρέπει:

➔ Αρχικά, να βρούμε την αναλογία mol με την οποία παράγονται τα δύο διαφορετικά προϊόντα:

Αυτό σημαίνει ότι στη συνολική εξίσωση θα εμφανίζεται το CO με συντελεστή 2 ενώ το CO_2 με συντελεστή 1.

$$\frac{n_{\text{CO}}}{n_{\text{CO}_2}} = \frac{x}{y} = \frac{0,2}{0,1} = \frac{2}{1}$$

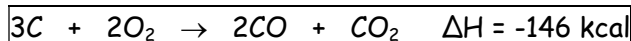
➔ Για το λόγο αυτό θα πολλαπλασιάσω την εξίσωση σχηματισμού του CO με το 2 :



ενώ θα πολλαπλασιάσω την εξίσωση σχηματισμού του CO_2 με το 1 :

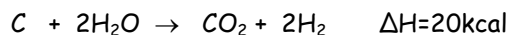
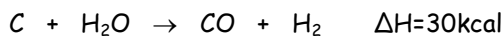


και θα τις προσθέσω κατά μέλη :



🚫 Εφαρμογή 1^η :

Δίνονται οι αντιδράσεις :



Το αέριο μίγμα που παράγεται έχει όγκο 17,92 lt σε stp. Στο μίγμα αυτό η αναλογία mol CO_2/H_2 είναι 2/5.

Να βρεθούν :

α. η μάζα του C που αντέδρασε

β. το ποσό θερμότητας που χρειάστηκε

γ. να γραφτεί η συνολική θερμοχημική εξίσωση.

➡ 9^η κατηγορία :

(Νόμος του Hess) : Συνδυασμός (αντιστροφή, πολλαπλασιασμός) γνωστών θερμοχημικών εξισώσεων, για τον υπολογισμό του ΔH μιας άγνωστης θερμοχημικής εξίσωσης.

Παράδειγμα 1^ο :

Να υπολογιστεί το ΔH της : $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$

Δίνονται: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \quad \Delta H = -71,3\text{kcal}$

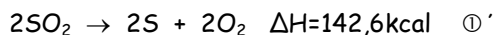
$\text{S} + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \quad \Delta H = -94,8\text{kcal}$.

Λύση :

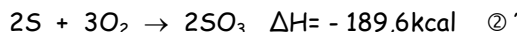
➔ Γράφουμε τις δεδομένες θερμοχημικές εξισώσεις :



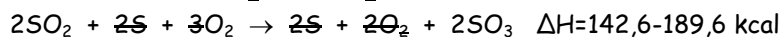
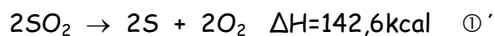
➔ Πολλαπλασιάζω την ① με το 2, για να εμφανιστεί το 2SO_2 και την αντιστρέφω για να εμφανιστεί στο 1^ο μέλος :



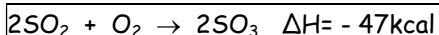
➔ Πολλαπλασιάζω την ② με το 2, για να εμφανιστεί το 2SO_3 στο 2^ο μέλος :



➔ Προσθέτω κατά μέλη τις διαμορφωμένες εξισώσεις ①' και ②', προσθέτοντας αλγεβρικά και τα ΔH τους :



➔ Τελικά :



✂ Εφαρμογή 1η :

Να υπολογιστεί το ΔH της : $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

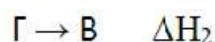
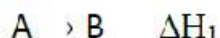
Δίνονται: $\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} \quad \Delta H = -26,5\text{kcal}$

$\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 \quad \Delta H = 17,9\text{kcal}$

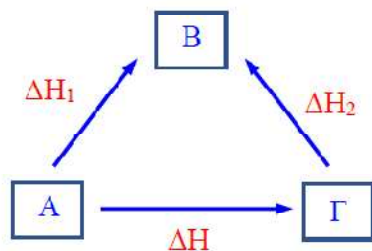
$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = -58\text{kcal}$

📁 Ασκήσεις σχολικού βιβλίου : 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36

Θερμοχημικός κύκλος. Αποτελεί οπτικοποίηση του νόμου του Hess με διαγράμματα στα οποία εμφανίζεται η αλληλουχία των αντιδράσεων που οδηγεί σε μία τελική (συνολική) αντίδραση. Έστω για παράδειγμα δύο θερμοχημικές εξισώσεις με κοινό ένα αντιδρών ή προϊόν και γνωστές τιμές των ενθαλπιών τους,



και ότι από αυτές θέλουμε να υπολογίσουμε την ενθαλπία της αντίδρασης: $\text{A} \rightarrow \Gamma$. Κατασκευάζουμε το διάγραμμα που ακολουθεί:

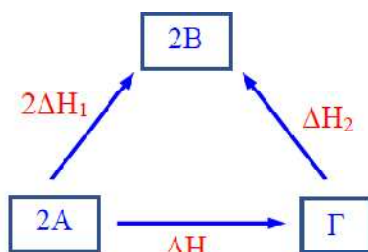


Από το παραπάνω διάγραμμα με εφαρμογή του νόμου του Hess (κάτι σαν την πρόσθεση διανυσμάτων) προκύπτει: $\Delta H + \Delta H_2 - \Delta H_1$ ή $\Delta H - \Delta H_1 - \Delta H_2$.

Στην περίπτωση που το κοινό συστατικό των δύο αντιδράσεων δεν έχει τον ίδιο συντελεστή πριν την κατασκευή του θερμοδυναμικού κύκλου μετασχηματίζουμε τις εξισώσεις ώστε να προκύψει ο ίδιος συντελεστής στις θερμοχημικές εξισώσεις. Έστω π.χ. οι θερμοχημικές εξισώσεις,



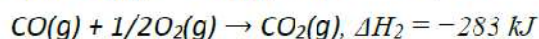
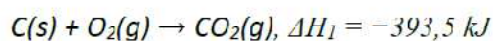
και θέλουμε να υπολογίσουμε την ενθαλπία της αντίδρασης: $2A \rightarrow \Gamma$.



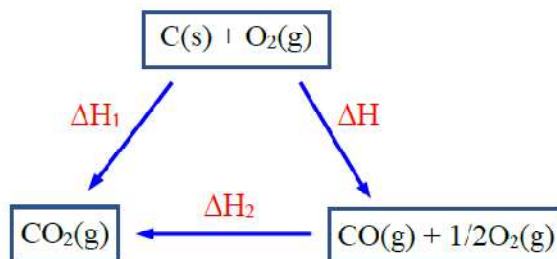
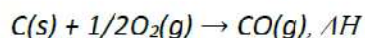
Ισχύει: $\Delta H + \Delta H_2 = 2\Delta H_1$, $\Delta H = 2\Delta H_1 - \Delta H_2$.

Εφαρμογή 4

Δίνονται οι θερμοχημικές εξισώσεις:



Να κατασκευαστεί ο θερμοχημικός κύκλος ώστε να προκύψει η ενθαλπία της αντίδρασης:



Από τον παραπάνω θερμοχημικό κύκλο προκύπτει: $\Delta H + \Delta H_2 = \Delta H_1$ ή $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2$
 $= -393,5 - (-283) = -110,5 \text{ kJ}$.