

## Χημεία Β' Λυκείου

### Καύση

**Καύση** μιας ουσίας (ανόργανης ή οργανικής) είναι η **αντίδραση** αυτής με **O<sub>2</sub>**, όταν συνοδεύεται από παραγωγή φωτός και θερμότητας (εξώθερμη αντίδραση).

**Καύσιμα** ονομάζονται τα υλικά που όταν καίγονται αποδίδουν σημαντικά και εκμεταλλεύσιμα ποσά θερμότητας. Τα καύσιμα που παίρνουμε έτοιμα από τη φύση λέγονται **φυσικά** (π.χ. γαιάνθρακας, ξύλα, φυσικό αέριο κ.ά.) ενώ αυτά που παρασκευάζουμε με κατάλληλες διεργασίες από φυσικές πρώτες ύλες ονομάζονται **τεχνητά** (π.χ. κωκ, βενζίνη, πετρέλαιο diesel, οινόπνευμα, υγραέριο, αέριο νάφθας κ.ά.).

#### Καύση του άνθρακα (C):

$C + O_2 \rightarrow CO_2$  πλήρης (ή τέλεια) καύση

$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$  ατελής καύση

#### Καύση του υδρογόνου (H<sub>2</sub>):

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$

Επομένως, κατά την **πλήρη καύση μιας οργανικής ένωσης**, που περιέχει C, H ή και O, θα παράγονται πάντα αέριο **CO<sub>2</sub>** και **H<sub>2</sub>O** (υδρατμοί).

Από εδώ και στο εξής θα θεωρούμε ότι η καύση είναι πάντα πλήρης, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά.

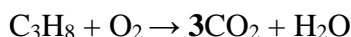
#### Εύρεση των συντελεστών σε μία χημική εξίσωση καύσης

1. Μετράμε τα άτομα C της ένωσης που καίγεται και βάζουμε τον κατάλληλο συντελεστή στο CO<sub>2</sub>.
2. Μετράμε τα άτομα H της ένωσης που καίγεται και βάζουμε τον κατάλληλο συντελεστή στο H<sub>2</sub>O.
3. Μετράμε το συνολικό αριθμό ατόμων O στα προϊόντα και βάζουμε τον κατάλληλο συντελεστή στο O<sub>2</sub>. Αν η ένωση που καίγεται περιέχει και άτομα O, τότε αυτά αφαιρούνται από το συνολικό αριθμό ατόμων O των προϊόντων και μετά βάζουμε τον κατάλληλο συντελεστή στο O<sub>2</sub>.

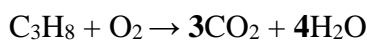
Δηλαδή, σε μία καύση ισοσταθμίζουμε τα άτομα κατά τη σειρά: **C → H → O**

Για παράδειγμα, η χημική εξίσωση πλήρους καύσης του προπανίου (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ισοσταθμίζεται ως εξής:

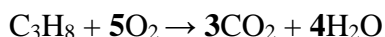
1. Μετράμε τα άτομα C του C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> και βάζουμε συντελεστή στο CO<sub>2</sub>:



2. Μετράμε τα άτομα H του C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> και βάζουμε συντελεστή στο H<sub>2</sub>O:



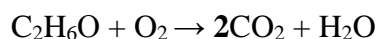
3. Τέλος, μετράμε τα συνολικά άτομα O στα προϊόντα και βάζουμε συντελεστή στο O<sub>2</sub>:



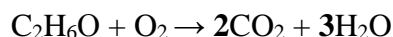
## Χημεία Β' Λυκείου

Ενώ η χημική εξίσωση της καύσης της αιθανόλης (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) ισοσταθμίζεται ως εξής:

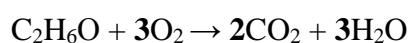
1. Μετράμε τα άτομα C της C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O και βάζουμε συντελεστή στο CO<sub>2</sub>:



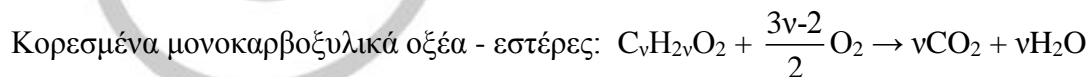
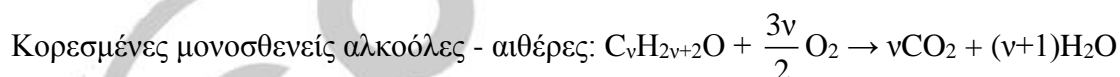
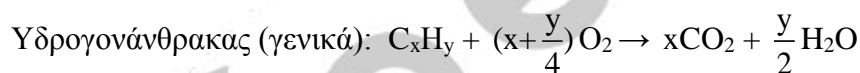
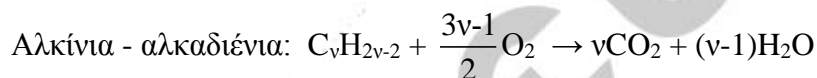
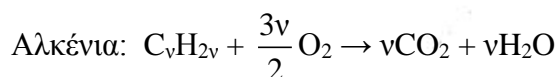
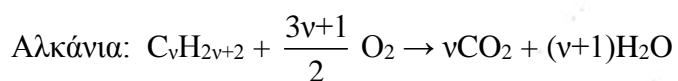
2. Μετράμε τα άτομα H της C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O και βάζουμε συντελεστή στο H<sub>2</sub>O:



3. Τέλος, μετράμε τα συνολικά άτομα O στα προϊόντα, αφαιρούμε το 1 άτομο O της C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (δηλ. 7-1 = 6) και βάζουμε συντελεστή στο O<sub>2</sub>:



### Παραδείγματα αντιδράσεων πλήρους καύσης οργανικών ενώσεων



### Καύση με ατμοσφαιρικό αέρα

Για να γίνει μία καύση απαραίτητη είναι η παρουσία οξυγόνου. Επομένως μία καύση μπορεί να γίνει είτε με καθαρό οξυγόνο (O<sub>2</sub>), είτε με **αέρα**, του οποίου η σύσταση θεωρούμε πως είναι **80% v/v N<sub>2</sub> - 20% v/v O<sub>2</sub>**. Έτσι, μπορούν να προκύψουν διάφορες σχέσεις που συνδέουν τους όγκους των O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> και αέρα:

$$V_{\text{O}_2} = \frac{1}{5} V_{\text{αέρα}} \quad V_{\text{N}_2} = \frac{4}{5} V_{\text{αέρα}} \quad V_{\text{N}_2} = 4 V_{\text{O}_2}$$

## Χημεία Β' Λυκείου

▪ Όταν γίνεται καύση με αέρα, στα προϊόντα της καύσης υπάρχει και το  $N_2$  του αέρα που παραμένει ποιοτικά και ποσοτικά αμετάβλητο, αφού, στις συνθήκες μιας απλής καύσης, θεωρούμε ότι δεν καίγεται.

Σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, π.χ. στους κινητήρες των αυτοκινήτων, το  $N_2$  ενώνεται με το  $O_2$  και δίνει σε μικρές ποσότητες οξειδία του αζώτου ( $NO$ ,  $NO_2$  κ.ά.).

### Καυσαέρια

Καυσαέρια ονομάζονται **όλα τα αέρια προϊόντα μίας καύσης**. Στην περίπτωση καύσης μιας οργανικής ένωσης - που περιέχει C, H ή και O - στα καυσαέρια περιλαμβάνονται:

- $CO_2$
- $H_2O$  (υδρατμοί)
- $O_2$  (αν περισσεύει, δηλαδή αν δεν καταναλώθηκε ολόκληρη η ποσότητά του στην καύση. Αν η καύση γίνεται με την απαιτούμενη ποσότητα  $O_2$  ή αέρα, δεν υπάρχει περίσσεια  $O_2$ )
- $N_2$  (στην περίπτωση που η καύση γίνει με αέρα)

Από τα καυσαέρια, το  $H_2O$  και το  $CO_2$  μπορούν να δεσμευτούν ως εξής:

- $H_2O$  (υδρατμοί): συγκρατείται από **αφυδατικά μέσα** (υγροσκοπικές ουσίες) όπως είναι, για παράδειγμα, το πυκνό  $H_2SO_4$  ή κάποια άνυδρα άλατα (π.χ.  $CaCl_2$ ,  $CuSO_4$ ) των οποίων αυξάνει το βάρος. Αλλιώς, γίνεται **ψύξη των καυσαερίων**, οπότε το  $H_2O$  από υδρατμός μετατρέπεται σε υγρό και δε συμμετέχει πλέον στα καυσαέρια.
- $CO_2$ : συγκρατείται σε διαλύματα βάσεων, π.χ.  $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $Ca(OH)_2$ , των οποίων αυξάνει το βάρος.

### Παρατήρηση

Στις ασκήσεις που περιλαμβάνουν αντιδράσεις καύσεις εργαζόμαστε γενικά με **αναλογίες mol** (στοιχειομετρικοί υπολογισμοί). Εδώ υπενθυμίζουμε δύο βασικές σχέσεις που συνδέουν τον αριθμό mol (**n**), τη μάζα (**m**), τη σχετική μοριακή μάζα ( **$M_r$** ) και τον όγκο (**V**) ενός αερίου σε πρότυπες συνθήκες (STP):

$$\boxed{n = \frac{m}{M_r}} \quad \text{και} \quad \boxed{n = \frac{V}{22,4}} \quad \text{που ισχύει μόνο για αέρια σε STP}$$

Στην περίπτωση που στην εκφώνηση μιας άσκησης αναφέρεται ότι “*οι όγκοι μετρήθηκαν στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης*”, τότε μπορούμε να δουλέψουμε με **αναλογίες όγκων** (π.χ. L, mL). Αυτό ισχύει διότι όταν η πίεση και η θερμοκρασία είναι σταθερές, ο αριθμός mol και ο όγκος είναι ανάλογες ποσότητες. Οπότε οι αναλογίες mol, που δείχνουν οι συντελεστές της χημικής εξίσωσης, είναι και αναλογίες όγκων.

Χημεία Β' Λυκείου

**Ενδεικτικά παραδείγματα ασκήσεων καύσης**

**1.** 20 g προπινίου ( $C_3H_4$ ) καίγονται πλήρως με αέρα (20% v/v  $O_2$ ).

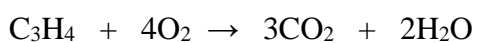
α. Πόσα g  $CO_2$  και πόσα L υδρατμών, μετρημένα σε STP, παράγονται;

β. Ποιος όγκος αέρα, μετρημένος σε STP, απαιτείται για την καύση;

Λύση

α.  $M_r(C_3H_4) = 3 \cdot 12 + 1 \cdot 4 = 40$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ mol } C_3H_4$$



Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης βρίσκουμε:

$$x = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ mol } O_2, \quad y = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ mol } CO_2 \quad \text{και} \quad \omega = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ mol } H_2O$$

$$M_r(CO_2) = 1 \cdot 12 + 2 \cdot 16 = 44$$

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n \cdot M_r = 1,5 \cdot 44 = 66 \text{ g } CO_2$$

$$n = \frac{V}{22,4} \Rightarrow V = n \cdot 22,4 = 1 \cdot 22,4 = 22,4 \text{ L } H_2O \text{ σε STP}$$

β.  $V_{O_2} = 2 \cdot 22,4 = 44,8 \text{ L σε STP}$

$$V_{\text{αέρα}} = 5 \cdot V_{O_2} = 5 \cdot 44,8 = 224 \text{ L σε STP}$$

**2.** 2 L βουτανίου ( $C_4H_{10}$ ) αναμιγνύονται με 80 L αέρα (80% v/v  $N_2$  - 20% v/v  $O_2$ ) και το μίγμα αναφλέγεται. Να υπολογιστεί η κατ' όγκο σύσταση των καυσαερίων

α. πριν την ψύξη τους και

β. μετά την ψύξη τους.

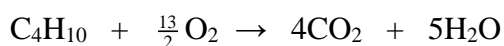
Όλοι οι όγκοι αναφέρονται στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.

Λύση

α. Υπολογίζουμε τους αρχικούς όγκους του  $O_2$  και του  $N_2$ :

$$V_{O_2} = \frac{1}{5} V_{\text{αέρα}} = \frac{1}{5} 80 \text{ L} = 16 \text{ L} \quad \text{και} \quad V_{N_2} = \frac{4}{5} V_{\text{αέρα}} = \frac{4}{5} 80 \text{ L} = 64 \text{ L}$$

Γράφουμε τη χημική εξίσωση της καύσης και δουλεύουμε με αναλογίες όγκων:



Επομένως, η κατ' όγκο σύσταση των καυσαερίων πριν την ψύξη τους είναι:

$CO_2$ : 8 L

$H_2O$ : 10 L (υδρατμοί)

$O_2$ : 16 L (αρχική ποσότητα) - 13 L (ποσότητα που αντέδρασε) = 3 L (περίσσεια)

$N_2$ : 64 L

Χημεία Β' Λυκείου

β. Μετά την ψύξη των καυσαερίων, οι υδρατμοί γίνονται υγρό νερό. Επομένως το H<sub>2</sub>O δεν ανήκει πλέον στα καυσαέρια. Οπότε, η κατ' όγκο σύσταση των καυσαερίων μετά την ψύξη τους είναι:

CO<sub>2</sub>: 8 L

O<sub>2</sub>: 3 L (περίσσεια)

N<sub>2</sub>: 64 L

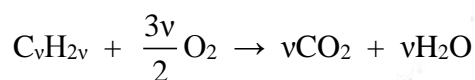
**3.** 4,48 L αερίου αλκενίου, μετρημένα σε STP, καίγονται πλήρως και παράγονται 10,8 g H<sub>2</sub>O. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος του αλκενίου.

Λύση

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{10,8}{18} = 0,6 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$n = \frac{V}{22,4} = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ mol αλκενίου (C}_v\text{H}_{2v}\text{)}$$



1 mol	v mol
0,2 mol	0,6 mol

$$0,2v = 0,6 \text{ ή } v = 3. \text{ Επομένως το αλκένιο έχει μοριακό τύπο C}_3\text{H}_6.$$

**4.** Ορισμένος όγκος αιθανίου (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) καίγεται πλήρως με την απαιτούμενη ποσότητα αέρα (80% v/v N<sub>2</sub> - 20% v/v O<sub>2</sub>). Αν παράγονται 20 ml διοξειδίου του άνθρακα να υπολογίσετε:

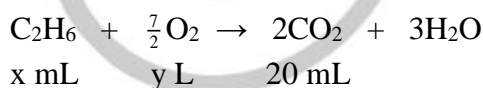
α. τον όγκο του αιθανίου που κάηκε και

β. τον όγκο του αζώτου στα καυσαέρια.

Όλοι οι όγκοι αναφέρονται στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.

Λύση

α. Γράφουμε τη χημική εξίσωση της καύσης και δουλεύουμε με αναλογίες όγκων:



Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης βρίσκουμε:

$$2x = 20 \Rightarrow x = 10 \text{ mL C}_2\text{H}_6$$

β. Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης βρίσκουμε επίσης:

$$2y = \frac{7}{2} \cdot 20 \Rightarrow y = 35 \text{ mL O}_2$$

$$\text{Ισχύει ότι } V_{\text{N}_2} = 4 V_{\text{O}_2} \Rightarrow V_{\text{N}_2} = 4 \cdot 35 \text{ mL} = 140 \text{ mL}$$

Επιμέλεια: Παναγιώτης Θεοδώρου  
Χημικός