

ΑΡΧΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Χημική εξίσωση

Παρουσίαση 5

Καθ. Μ. Ταξιάρχου

Η χημική εξίσωση

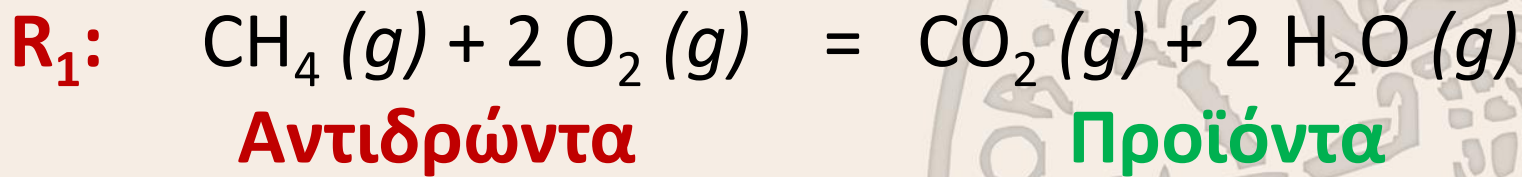
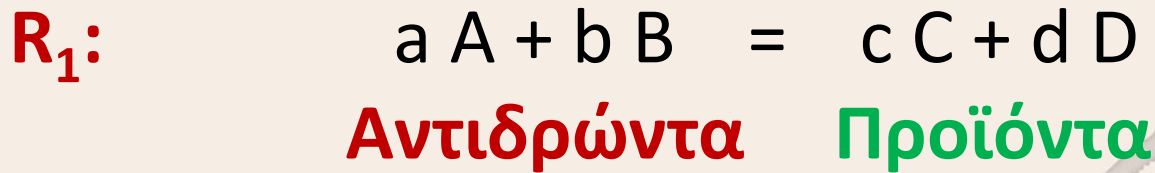
Σκοπός του κεφαλαίου είναι :

- Να γίνουν αντιληπτές οι **πληροφορίες που δίνει μια χημική εξίσωση**
- Να γράφονται χημικές εξισώσεις και να τοποθετούνται οι αντίστοιχοι **στοιχειομετρικοί συντελεστές**
- Να γίνονται υπολογισμοί των **ποσοτήτων των αντιδρώντων και των προϊόντων μιας χημικής αντίδρασης** με βάση τη στοιχειομετρία
- Να κατανοηθούν οι έννοιες: **αντιδρών σε περίσσεια**, **περιοριστικό αντιδρών**, **βαθμός μετατροπής αντιδρώντος**, **πρόοδος** και **απόδοση** χημικής αντίδρασης

Η χημική εξίσωση

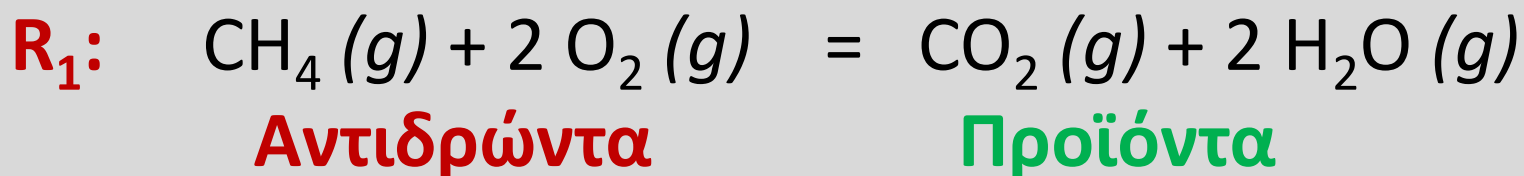
Τι είναι και τι πληροφορίες μπορούμε να
αντλήσουμε από μια
χημική εξίσωση?

Η χημική εξίσωση

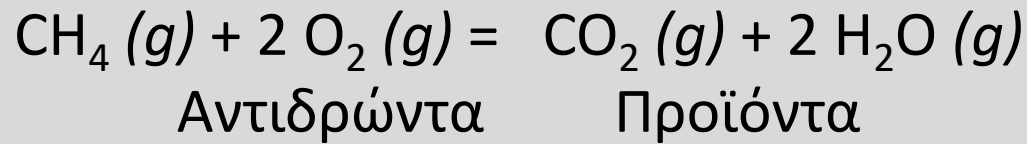


Η χημική εξίσωση

Όλες οι πληροφορίες, ποιοτικές και ποσοτικές, που πρέπει να είναι γνωστές, ώστε να είναι σαφώς καθορισμένη μια **χημική αντίδραση** αποτυπώνονται στη **χημική εξίσωση της αντίδρασης**.

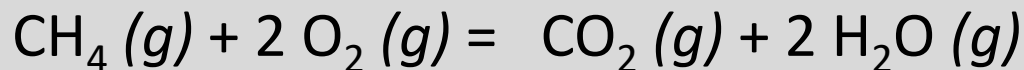


Η χημική εξίσωση



Αντιδρώντα	Προϊόντα

Η χημική εξίσωση

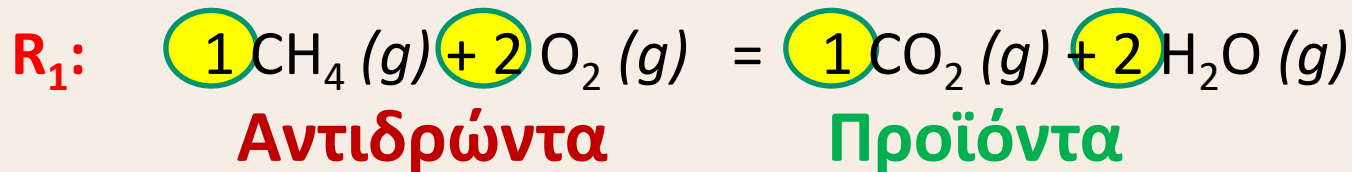


Αντιδρώντα

Προϊόντα

Αντιδρώντα	Προϊόντα
Αέριο Μεθάνιο αντιδρά με Αέριο Οξυγόνο	Παράγεται αέριο Διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί Νερού
1 μόριο $\text{CH}_4 (g)$ αντιδρά με 2 μόρια $\text{O}_2 (g)$	Παράγονται 1 μόριο $\text{CO}_2 (g)$ και 2 μόρια $\text{H}_2\text{O} (g)$
1 mol $\text{CH}_4 (g)$ αντιδρά με 2 mol $\text{O}_2 (g)$	Παράγονται 1 mol $\text{CO}_2 (g)$ και 2 mol $\text{H}_2\text{O} (g)$
16 g $\text{CH}_4 (g)$ αντιδρούν με 64 (2x32) g $\text{O}_2 (g)$	Παράγονται 44 g $\text{CO}_2 (g)$ και 36 (2x18) g $\text{H}_2\text{O} (g)$
22.4 L $\text{CH}_4 (g)$ αντιδρούν με 2 x 22.4 L $\text{O}_2 (g)$	Παράγονται 22.4 L $\text{CO}_2 (g)$ και 2 x 22.4 L $\text{H}_2\text{O} (g)$
80 g αντιδρώντων δίνουν	80 g προϊόντων

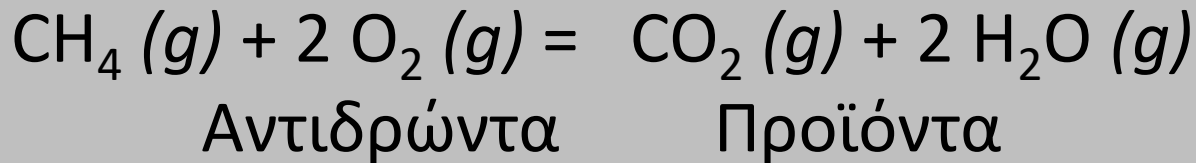
Η χημική εξίσωση



Οι αριθμητικοί συντελεστές της χημικής εξίσωσης ονομάζονται **στοιχειομετρικοί συντελεστές** και εκφράζουν την *αναλογία των γραμμομορίων* με την οποία συμμετέχουν τα αντιδρώντα και τα προϊόντα στη χημική αντίδραση.

Οι στοιχειομετρικοί συντελεστές της χημικής αντίδρασης δίνουν τη *δυνατότητα εκτέλεσης ποσοτικών υπολογισμών που αφορούν τα συστατικά που συμμετέχουν σε αυτήν.*

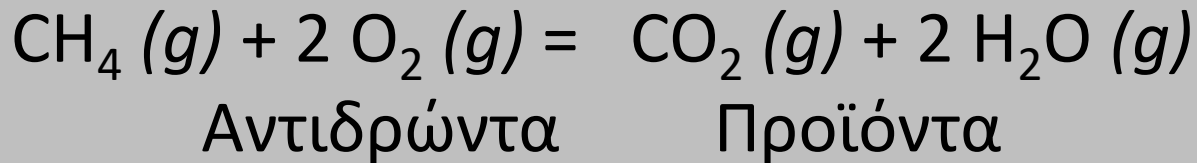
Η χημική εξίσωση



Αν δηλαδή στην παραπάνω εξίσωση καίγονταν πλήρως:

- 10 mol-CH₄ τότε αυτά θα αντιδρούσαν με
- ?? mol-O₂ και θα σχηματίζονταν
- ?? mol-CO₂ και
- ?? mol-H₂O

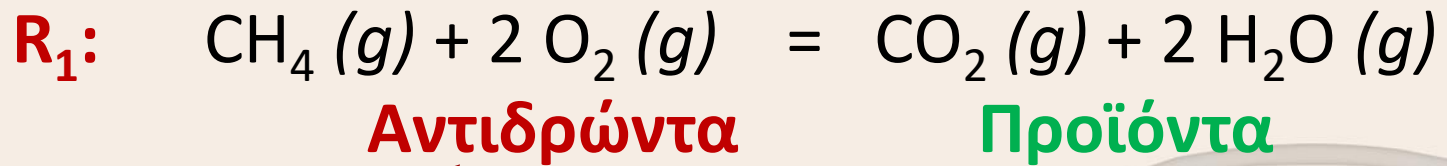
Η χημική εξίσωση



Αν δηλαδή στην παραπάνω εξίσωση καίγονταν πλήρως:

- 10 mol-CH₄ τότε αυτά θα αντιδρούσαν με
- 2x10 mol-O₂ και θα σχηματίζονταν
- 10 mol-CO₂ και
- 2x10 mol-H₂O

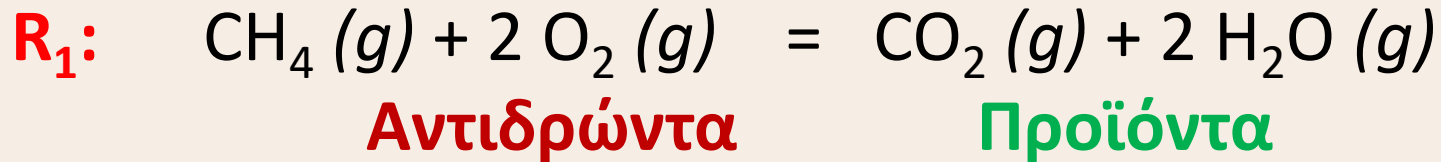
Η χημική εξίσωση



Καταναλώνονται
Consumed
cons

Παράγονται
Generated
gen

Η χημική εξίσωση



Καταναλώνονται
Consumed
cons

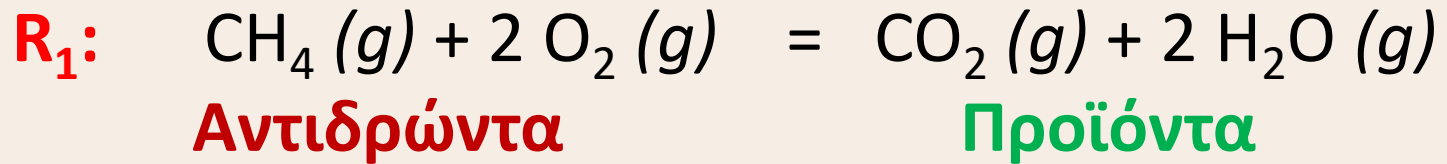
$$f_{consCH_4}$$

Ρυθμός κατανάλωσης CH₄

$$f_{consO_2}$$

Ρυθμός κατανάλωσης O_2

Η χημική εξίσωση



Παράγονται
Generated
gen

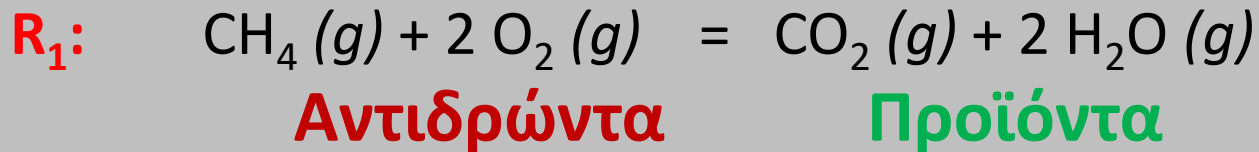
 f_{genCO2}

Ρυθμός παραγωγής CO₂

 f_{genH2O}

Ρυθμός παραγωγής H_2O

Η χημική εξίσωση



Η αναλογία των γραμμομορίων που καταναλώνεται το CH_4 και το O_2 και σχηματίζονται το CO_2 και το H_2O είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης.

Δηλαδή όσο διαρκεί η αντίδραση:

- *1 mol CH_4 θα αντιδρά με 2 mol O_2 και θα σχηματίζει*
- *1 mol CO_2 και 2 mol H_2O*

Προσδιορισμός στοιχειομετρικών συντελεστών

Πως μπορούμε να προσδιορίσουμε τους
στοιχειομετρικούς συντελεστές σε μια χημική
αντίδραση;

Προσδιορισμός στοιχειομετρικών συντελεστών

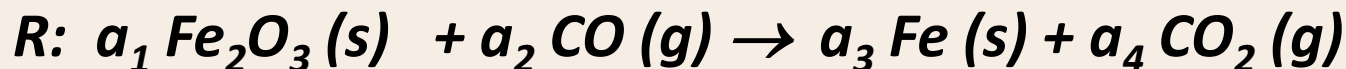
Η μεθοδολογία προσδιορισμού των στοιχειομετρικών συντελεστών στηρίζεται στη **αρχή διατήρησης της μάζας** σε μια χημική αντίδραση και συγκεκριμένα στη διαπίστωση ότι **η συνολική μάζα ενός χημικού στοιχείου στα αντιδρώντα είναι ίση με τη συνολική του μάζα στα προϊόντα της αντίδρασης.**



Δηλαδή, αν αθροίσουμε την ποσότητα ενός χημικού στοιχείου στα αντιδρώντα αυτή πρέπει να είναι ίση με την ποσότητα μάζας του χημικού στοιχείου στα προϊόντα.

Παράδειγμα 1

Να προσδιοριστούν οι στοιχειομετρικοί συντελεστές της αντίδρασης:



Ισοζύγιο Fe: $2 \times a_1 = a_3$

Ισοζύγιο O: $3 \times a_1 + a_2 = 2 \times a_4$

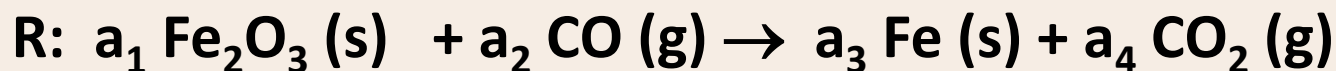
Ισοζύγιο C: $a_2 = a_4$

θέτοντας $a_1 = 1$, από την επίλυση του παραπάνω συστήματος προκύπτουν οι τιμές των υπολοίπων στοιχειομετρικών συντελεστών:

$$a_2 = a_4 = 3 \text{ και } a_3 = 2$$

Παράδειγμα 1

Να προσδιοριστούν οι στοιχειομετρικοί συντελεστές της αντίδρασης:

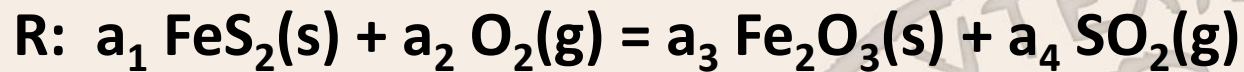


$$\alpha_2 = \alpha_4 = 3 \text{ και } \alpha_3 = 2$$



Παράδειγμα 2

Να προσδιοριστούν οι στοιχειομετρικοί συντελεστές της αντίδρασης οξείδωσης του σιδηροπυρίτη $\text{FeS}_2(\text{s})$:



Παράδειγμα 2

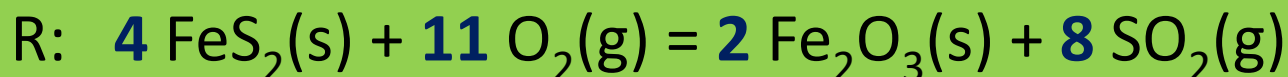
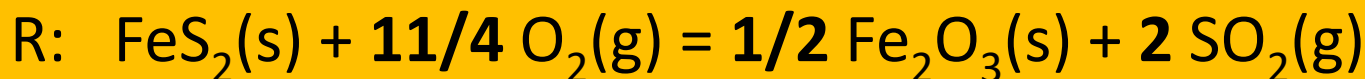
Ισοζύγιο Fe: $\alpha_1 = 2 \alpha_3$

Ισοζύγιο O: $2 \alpha_2 = 3 \alpha_3 + 2 \alpha_4$

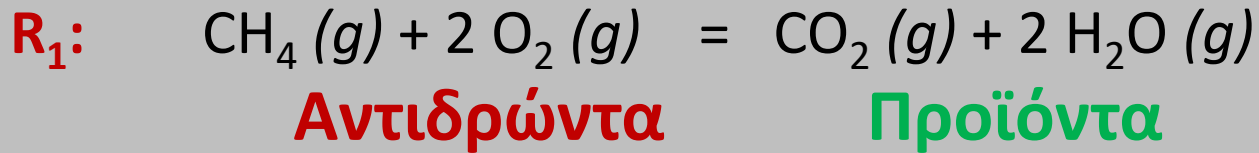
Ισοζύγιο S: $2 \alpha_1 = \alpha_4$

θέτοντας $\alpha_1 = 1$

$\alpha_3 = 1/2$ $\alpha_4 = 2$ και $\alpha_2 = 11/4$



Η χημική εξίσωση



Αν γραφτεί με μορφή εξίσωσης:

$$\frac{f_{\text{cons}} \text{CH}_4}{1} = \frac{f_{\text{cons}} \text{O}_2}{2} = \frac{f_{\text{gen}} \text{CO}_2}{1} = \frac{f_{\text{gen}} \text{H}_2\text{O}}{2}$$

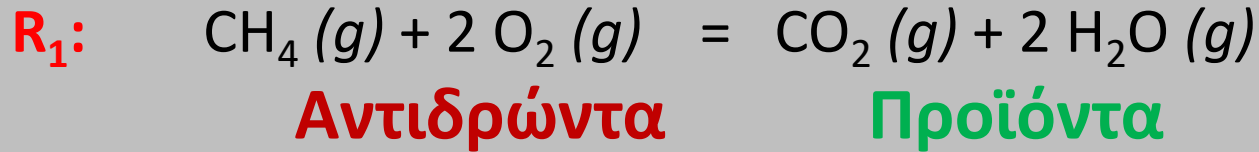
Όπου:

f_j ο αριθμός των γραμμομορίων του συστατικού j ,

cons τα συστατικά που καταναλώνονται (**consumed**)

gen τα συστατικά που παράγονται (**generated**) κατά τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης.

Η χημική εξίσωση



$$\frac{f_{\text{cons}} \text{CH}_4}{1} = \frac{f_{\text{cons}} \text{O}_2}{2} = \frac{f_{\text{gen}} \text{CO}_2}{1} = \frac{f_{\text{gen}} \text{H}_2\text{O}}{2}$$

- Τα mol του O_2 που καταναλώνονται είναι δύο φορές τα mol του CH_4
- Τα mol του CO_2 που παράγονται είναι μια φορά τα mol του CH_4
- Τα mol του H_2O που παράγονται είναι δύο φορές τα mol του CH_4

Παράδειγμα 3

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης πόση ποσότητα αζώτου, $N_2(g)$, και υδρογόνου, $H_2(g)$, πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να παραχθούν 100 m^3 αμμωνία, $NH_3(g)$.



- Συμπληρώστε τους **στοιχειομετρικούς συντελεστές** της αντίδρασης R_1
- Γράψτε τη **στοιχειομετρική αναλογία** κατανάλωσης αντιδρώντων και παραγωγής προϊόντων.

Παράδειγμα 3

Η στοιχειομετρική αναλογία που αντιδρούν το $N_2(g)$ και το $H_2(g)$ για το σχηματισμό $NH_3(g)$, είναι:

$$\frac{f_{\text{cons}} N_2}{1} = \frac{f_{\text{cons}} H_2}{3} = \frac{f_{\text{gen}} NH_3}{2}$$

Ποιόν από αυτούς τους όρους γνωρίζουμε?

Παράδειγμα 3

Η στοιχειομετρική αναλογία που αντιδρούν το $N_2(g)$ και το $H_2(g)$ για το σχηματισμό $NH_3(g)$, είναι:

$$\frac{f_{\text{cons}} N_2}{1} = \frac{f_{\text{cons}} H_2}{3} = \frac{f_{\text{gen}} NH_3}{2}$$

Ποιόν από αυτούς τους όρους γνωρίζουμε?

$$f_{\text{gen}} NH_3 = \frac{V_{\text{gen}} NH_3}{V_m} = \frac{100 \text{ m}^3}{22.40 \text{ m}^3/\text{kmol}} = 4.46 \text{ kmol } NH_3$$

Παράδειγμα 3

$$f_{consN_2} = \frac{1 \times f_{gen NH_3}}{2} = \frac{1 \times 4.46 \text{ kmol } NH_3}{2} = 2.23 \text{ kmol } N_2$$

$$f_{consH_2} = \frac{3 \times f_{gen NH_3}}{2} = \frac{3 \times 4.46 \text{ kmol } NH_3}{2} = 6.69 \text{ kmol } H_2$$

$$V_{consN_2} = V_m \times f_{consN_2} = 22.4 \frac{m^3}{kmol} \times 2.23 \text{ kmol } N_2 = 50.0 m^3 N_2$$

$$V_{consH_2} = V_m \times f_{consH_2} = 22.4 \frac{m^3}{kmol} \times 6.69 \text{ kmol } H_2 = 150 m^3 H_2$$

Παράδειγμα 3

$$mcons_{N_2} = MB_{N_2} \times fcons_{N_2} = 28.02 \frac{kg}{kmol} \times 2.23 kmol = 62.5 \text{ kg } N_2$$

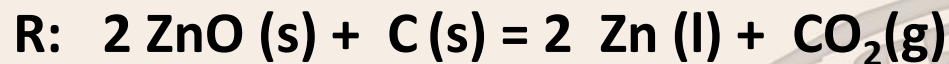
$$mcons_{H_2} = MB_{H_2} \times fcons_{H_2} = 2.02 \frac{kg}{kmol} \times 6.69 kmol = 13.4 \text{ kg } H_2$$

$$mgen_{NH_3} = MB_{NH_3} \times fcons_{NH_3} = 17.04 \frac{kg}{kmol} \times 4.46 kmol = 76.0 \text{ kg } NH_3$$

$$mcons_{N_2} + mcons_{H_2} = mgen_{NH_3}$$

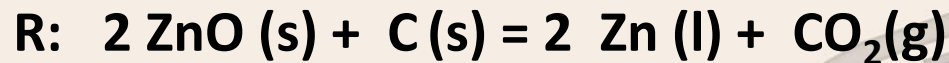
Παράδειγμα 4

Πόση ποσότητα οξειδίου του ψευδαργύρου πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να παράγουμε 1 t ψευδάργυρο, σύμφωνα με την στοιχειομετρία της αντίδρασης:



Παράδειγμα 4

Πόση ποσότητα οξειδίου του ψευδαργύρου πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να παράγουμε 1 t ψευδάργυρο, σύμφωνα με την στοιχειομετρία της αντίδρασης:



$$f_{gen \text{ Zn}} = \frac{m_{gen \text{ Zn}}}{MB_{\text{Zn}}} = \frac{1000.0 \text{ kg}}{65.38 \text{ kg/kmol}} = 15.295 \text{ kmol Zn}$$

Η **στοιχειομετρική αναλογία** που αντιδρούν το ZnO(s) και ο C(s) για το σχηματισμό Zn(l) και CO₂(g), είναι:

$$\frac{f_{cons \text{ ZnO}}}{2} = \frac{f_{cons \text{ C}}}{1} = \frac{f_{gen \text{ Zn}}}{2} = \frac{f_{gen \text{ CO}_2}}{1}$$

Παράδειγμα 4

$$f_{cons_{ZnO}} = \frac{2 \times f_{gen_{Zn}}}{2} = \frac{2 \times 15.295 \text{ kmol Zn}}{2} = 15.295 \text{ kmol ZnO}$$

$$f_{cons_C} = \frac{1 \times f_{gen_{Zn}}}{2} = \frac{1 \times 15.295 \text{ kmol Zn}}{2} = 7.647 \text{ kmol C}$$

$$f_{gen_{CO_2}} = \frac{1 \times f_{gen_{Zn}}}{2} = \frac{1 \times 15.295 \text{ kmol Zn}}{2} = 7.647 \text{ kmol CO}_2$$

$$m_{cons_{ZnO}} = MB_{ZnO} \times f_{cons_{ZnO}} = 81.38 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 15.29 \text{ kmol} = 1244.30 \text{ kg ZnO}$$

$$m_{cons_C} = MB_C \times f_{cons_C} = 12.01 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 7.647 \text{ kmol} = 91.84 \text{ kg C}$$

$$m_{gen_{CO_2}} = MB_{CO_2} \times f_{gen_{CO_2}} = 44.01 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 7.647 \text{ kmol} = 336.5 \text{ kg CO}_2$$

Η χημική εξίσωση

Πως μπορούν να προσδιοριστούν οι **ποσότητες** των **αντιδρώντων** που καταναλώνονται και των **προϊόντων** που παράγονται σε μια χημική αντίδραση;

Η χημική εξίσωση

Ορισμοί

f_{oA} : Αρχικά mol του συστατικού A στο σύστημα

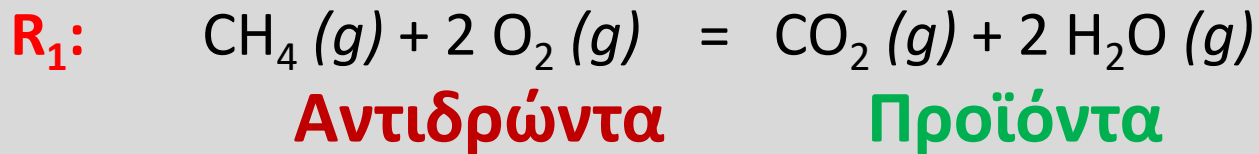
$f_{final A}$: Τελικά mol του συστατικού A στο σύστημα

$f_{cons A}$: Καταναλισκόμενα mol του συστατικού A στο σύστημα

$f_{gen A}$: Παραγόμενα mol του συστατικού A στο σύστημα

Πως συνδέονται αυτές οι ποσότητες μεταξύ τους;

Η χημική εξίσωση



10 mol CH_4 καίγονται παρουσία 2 mol O_2

α. Πόσα mol CH_4 και πόσα mol O_2 θα παραμείνουν μετά το τέλος της καύσης;

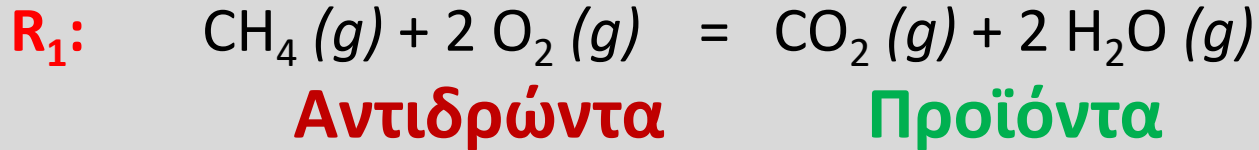
β. Πόσα mol του CO_2 και πόσα mol H_2O θα παραχθούν;

$f_{\text{o CH}_4}$: Αρχικά mol του συστατικού CH_4 στο σύστημα

$f_{\text{final CH}_4}$: Τελικά mol του συστατικού CH_4 στο σύστημα

$f_{\text{cons CH}_4}$: Καταναλισκόμενα mol του συστατικού CH_4 στο σύστημα

Η χημική εξίσωση



Τελική ποσότητα CH_4 = Αρχική ποσότητα CH_4 – Ποσότητα CH_4 που καταναλώθηκε

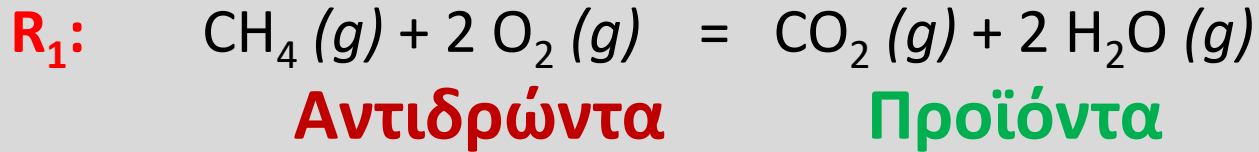
Τελική ποσότητα CO_2 = Αρχική ποσότητα CO_2 + Ποσότητα CO_2 που παράχθηκε

$$f_{final\text{CH}_4} = f_{o\text{CH}_4} - f_{cons\text{CH}_4}$$

$$f_{o\text{CH}_4} = 10 \text{ mol}$$

$$f_{cons\text{CH}_4} = ???$$

Η χημική εξίσωση



$$f_{\text{finalCH}_4} = f_{\text{oCH}_4} - f_{\text{consCH}_4}$$

$$f_{\text{oCH}_4} = 10 \text{ mol}$$

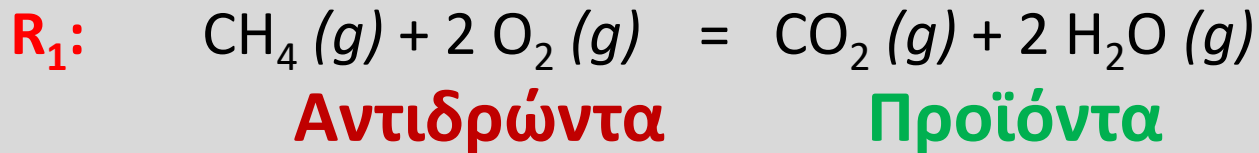
$$f_{\text{consCH}_4} = ???$$

$$\frac{f_{\text{consCH}_4}}{1} = \frac{f_{\text{consO}_2}}{2} = \frac{f_{\text{genCO}_2}}{1} = \frac{f_{\text{genH}_2\text{O}}}{2}$$

$$f_{\text{consCH}_4} = ??? = \frac{f_{\text{consO}_2}}{2} = 2/2 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$$

$$f_{\text{finalCH}_4} = f_{\text{oCH}_4} - f_{\text{consCH}_4} = 10 \text{ mol} - 1 \text{ mol} = 9 \text{ mol}$$

Η χημική εξίσωση



$$f_{\text{finalCH}_4} = f_{\text{oCH}_4} - f_{\text{consCH}_4}$$

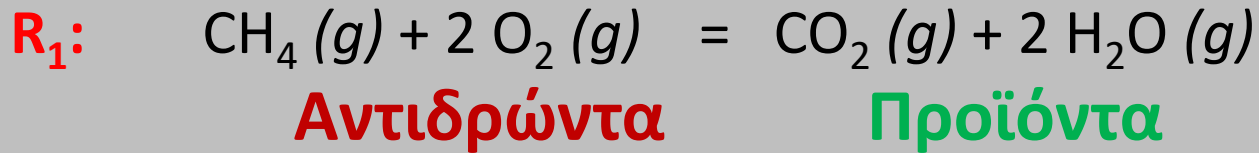
$$f_{\text{oCH}_4} = 10 \text{ mol}$$

$$f_{\text{consCH}_4} = 1 \text{ mol}$$

$$f_{\text{finalCH}_4} = 9 \text{ mol}$$



Η χημική εξίσωση

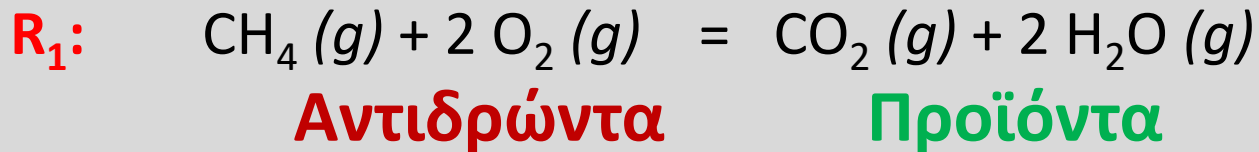


$$\frac{fcons_{CH_4}}{1} = \frac{fcons_{O_2}}{2} = \frac{fgen_{CO_2}}{1} = \frac{fgen_{H_2O}}{2}$$

$$fgen_{CO_2} = fcons_{CH_4} = 1 \text{ mol}$$

$$f_{finalCO_2} = f_{oCO_2} + fgen_{CO_2} = 0 \text{ mol} + 1 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$$

Η χημική εξίσωση



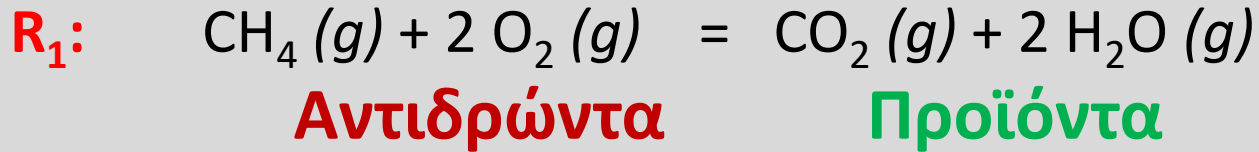
$$\frac{f_{\text{cons}}_{\text{CH}_4}}{1} = \frac{f_{\text{cons}}_{\text{O}_2}}{2} = \frac{f_{\text{gen}}_{\text{CO}_2}}{1} = \frac{f_{\text{gen}}_{\text{H}_2\text{O}}}{2}$$

$$f_{\text{gen}}_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times f_{\text{cons}}_{\text{CH}_4} = 2 \text{ mol}$$

$$f_{\text{final}}_{\text{H}_2\text{O}} = f_{\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}} + f_{\text{gen}}_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$f_{\text{final}}_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \text{ mol} + 2 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$$

Η χημική εξίσωση



$$\frac{f_{\text{cons}_{\text{CH}_4}}}{1} = \frac{f_{\text{cons}_{\text{O}_2}}}{2} = \frac{f_{\text{gen}_{\text{CO}_2}}}{1} = \frac{f_{\text{gen}_{\text{H}_2\text{O}}}}{2}$$

Πλην για αντιδρώντα

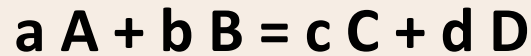
$$f_{\text{final}_{\text{CH}_4}} = f_{\text{O}_{\text{CH}_4}} - f_{\text{cons}_{\text{CH}_4}}$$

$$f_{\text{final}_{\text{CO}_2}} = f_{\text{O}_{\text{CO}_2}} + f_{\text{gen}_{\text{CO}_2}}$$

Συν για προϊόντα

$$f_{\text{final}_{\text{H}_2\text{O}}} = f_{\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}} + f_{\text{gen}_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Η χημική εξίσωση



$$\frac{f_{\text{cons}} A}{a} = \frac{f_{\text{cons}} B}{b} = \frac{f_{\text{gen}} C}{c} = \frac{f_{\text{gen}} D}{d}$$

Στοιχειομετρία

$f_{\text{cons}A}$ = Αρχική Ποσότητα A – Τελική Ποσότητα A

$f_{\text{cons}A} = f_{OA} - f_{\text{final}A}$ και

$f_{\text{cons}B} = f_{OB} - f_{\text{final}B}$

Αντιδρώντα

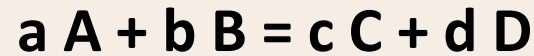
$f_{\text{gen}C}$ = Τελική Ποσότητα C – Αρχική Ποσότητα C

$f_{\text{gen}C} = f_{\text{final}C} - f_{OC}$ και

$f_{\text{gen}D} = f_{\text{final}D} - f_{OD}$

Προϊόντα

Η χημική εξίσωση



$$\frac{f_{\text{cons}} A}{a} = \frac{f_{\text{cons}} B}{b} = \frac{f_{\text{gen}} C}{c} = \frac{f_{\text{gen}} D}{d}$$

Στοιχειομετρία

$$\frac{f_{OA} - f_{\text{final} A}}{a} = \frac{f_{OB} - f_{\text{final} B}}{b} = \frac{f_{\text{final} C} - f_{OC}}{c} = \frac{f_{\text{final} D} - f_{OD}}{d}$$

$$\frac{f_{\text{final} A} - f_{OA}}{-a} = \frac{f_{\text{final} B} - f_{OB}}{-b} = \frac{f_{\text{final} C} - f_{OC}}{c} = \frac{f_{\text{final} D} - f_{OD}}{d}$$