Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

Σε κάθε χημική αντίδραση **οι ποσότητες των χημικών ουσιών** που αντιδρούν και παράγονται **έχουν ορισμένη σχέση** μεταξύ τους, η οποία **καθορίζεται από τους συντελεστές των ουσιών** στη χημική εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση.

Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί ονομάζονται οι χημικοί υπολογισμοί οι οποίοι βασίζονται στις ποσοτικές πληροφορίες που προκύπτουν από τους συντελεστές των χημικών ουσιών μιας χημικής εξίσωσης (**στοιχειομετρικοί συντελεστές**).

Η επίλυση στοιχειομετρικών προβλημάτων βασίζεται στο ότι:

Σε μια χημική εξίσωση οι στοιχειομετρικοί συντελεστές δείχνουν την αναλογία mol των ουσιών που μετέχουν στη χημική αντίδραση.

Παράδειγμα

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$

1 μόριο	N_2	αντιδρά με	3μόρια	H_2	και	παράγουν	2 μόρια	NH_3
$1 \cdot N_A$ μόρια	»	»	»	$3 \cdot N_A$ μόρια	»	»	»	$2 \cdot N_A$ μόρια	»
1mol	»	»	»	**3mol**	»	»	»	**2mol**	»
xmol	»	»	»	**3xmol**	»	»	»	**2xmol**	»

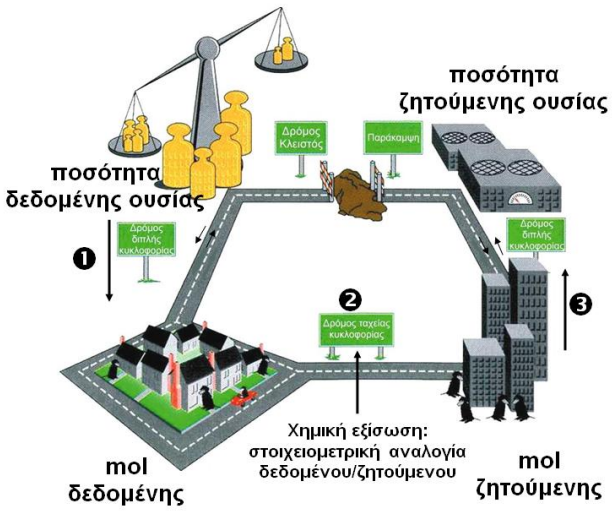
Έτσι όταν **γνωρίζουμε τον αριθμό moles μίας χημικής ουσίας** που μετέχει σε μία χημική αντίδραση (προϊόν ή αντιδρών), μπορούμε με βάση την αναλογία των στοιχειομετρικών συντελεστών **να υπολογίσουμε τον αριθμό των moles των άλλων ουσιών** που μετέχουν στην ίδια χημική αντίδραση.

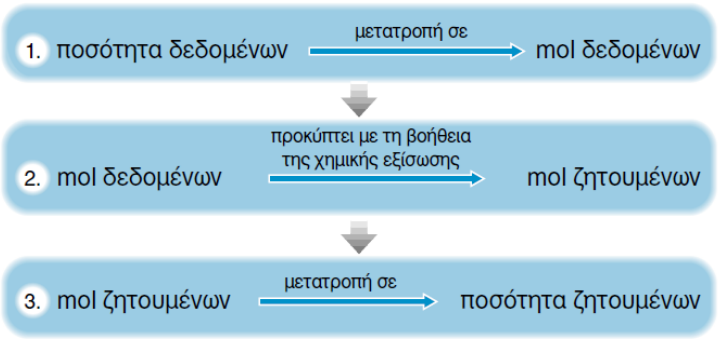
Παράδειγμα

$A + 3B \longrightarrow 2\Gamma + \Delta$

A	3B	2Γ	Δ
1mol	**3mol**	**2mol**	**1mol**
$n_A = x = $ γνωστό	$= 3x$ mol	$= 2x$ mol	$= x$ mol
$= \frac{y}{3}$ mol	$n_B = y = $ γνωστό	$= \frac{2y}{3}$ mol	$= \frac{y}{3}$ mol
$= \frac{\omega}{2}$ mol	$= \frac{3\omega}{2}$ mol	$n_\Gamma = \omega = $ γνωστό	$= \frac{\omega}{2}$ mol

Τα βήματα που ακολουθούμε για την επίλυση ενός στοιχειομετρικού προβλήματος απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα και περιγράφονται στο διάγραμμα ροής.





Οι μετατροπές στα βήματα (1) και (3) γίνονται μα βάση τον πίνακα:

Ποσότητα δεδομένων		mol δεδομένων
μάζα m	σε moles	$n = \frac{m}{M}$
όγκος V σε STP	σε moles	$n = \frac{V \text{ σε L}}{22,4}$
όγκος V σε άλλες συνθήκες	σε moles	$n = \frac{PV}{RT}$

ποσότητα διαλύματος + περιεκτικότητα διαλύματος → ποσότητα διαλυμένης ουσίας → mol ουσίας

Ασκήσεις

1. Ποσότητα H_2SO_4 ίση με 19,6g εξουδετερώνεται πλήρως με NaOH. Να υπολογίσετε τη μάζα του NaOH που απαιτείται για την εξουδετέρωση και τη μάζα του άλατος που παράγεται.

2. 20g $CaCO_3$ αντιδρούν πλήρως με διάλυμα HCl συγκέντρωσης 2M. Να υπολογίσετε:
α) τον όγκο αερίου που ελευθερώνεται, μετρημένο σε συνθήκες STP,
β) τον όγκο διαλύματος HCl που απαιτείται.

3. Ποσότητα $(NH_4)_2SO_4$ ίση με 26,4g αντιδρά πλήρως με διάλυμα KOH συγκέντρωσης 2M. Να υπολογίσετε:
α) τον όγκο αερίου που παράγεται, μετρημένο σε συνθήκες STP.
β) τον όγκο του διαλύματος KOH που καταναλώνεται.

4. Ποσότητα Al ίση με 2,7g αντιδρά πλήρως με αραιό διάλυμα H_2SO_4 συγκέντρωσης 0,5M. Να υπολογίσετε:
α) τον όγκο αερίου που ελευθερώνεται, μετρημένο σε συνθήκες STP,
β) τον όγκο διαλύματος H_2SO_4 που απαιτείται.

5. Πόσα mL διαλύματος H_2SO_4 συγκέντρωσης 0,3M απαιτούνται για την πλήρη εξουδετέρωση 200mL διαλύματος NaOH περιεκτικότητας 6% w/v;

Επιμέλεια: Πέτρος Καραπέτρος

Ασκήσεις με περίσσεια αντιδρώντος

Σε ορισμένες ασκήσεις δίνονται **οι αρχικές ποσότητες και των δύο αντιδρώντων** ουσιών και ζητείται να υπολογιστεί η ποσότητα κάποιου από τα προϊόντα που παράγεται. Στην περίπτωση αυτή πρέπει αρχικά να εξετάσουμε **αν κάποιο από τα αντιδρώντα βρίσκεται σε περίσσεια**. Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

α) Οι αρχικές ποσότητες αντιδρώντων να βρίσκονται σε στοιχειομετρική αναλογία.

Αυτό συμβαίνει όταν η **αναλογία mol των αρχικών ποσοτήτων** των αντιδρώντων **είναι ίση** με την **αναλογία των αντίστοιχων στοιχειομετρικών συντελεστών**.

Στην περίπτωση αυτή ο στοιχειομετρικός υπολογισμός για την ποσότητα του προϊόντος πραγματοποιείται με βάση την αρχική ποσότητα **οποιουδήποτε από τα δύο αντιδρώντα**.

β) Ένα από τα αντιδρώντα βρίσκεται σε περίσσεια.

Αυτό συμβαίνει όταν η αναλογία mol των αρχικών ποσοτήτων των αντιδρώντων **δεν είναι ίση** με την αναλογία των στοιχειομετρικών συντελεστών. Στην περίπτωση αυτή ο στοιχειομετρικός υπολογισμός για την ποσότητα του προϊόντος **πραγματοποιείται με βάση την αρχική ποσότητα του αντιδρώντος σε έλλειμμα**.

Αντιδρών σε περίσσεια είναι αυτό το οποίο δεν καταναλώνεται πλήρως και όταν η αντίδραση ολοκληρωθεί περισσεύει ποσότητα από αυτό.
Αντιδρών σε έλλειμμα είναι αυτό που καταναλώνεται πλήρως όταν ολοκληρωθεί η αντίδραση.

Σε κενό δοχείο εισάγονται 168g N_2 και 24g H_2, τα οποία αντιδρούν σε κατάλληλες συνθήκες και παράγουν NH_3 σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$
Να υπολογίσετε τον όγκο NH_3 που παράγεται, μετρημένο σε συνθήκες STP.

Λύση:

Υπολογίζουμε τις αρχικές ποσότητες αντιδρώντων σε mol:

$$n_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{Mr_{(N_2)}} = \frac{168}{28} = 6mol \quad \text{και} \quad n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{Mr_{(H_2)}} = \frac{24}{2} = 12mol$$

Έλεγχος περίσσειας: επιλέγουμε ένα από τα αντιδρώντα και με βάση τη στοιχειομετρία της αντίδρασης υπολογίζουμε την ποσότητα που απαιτείται από το άλλο αντιδρών.

Έλεγχος με βάση το N_2

Το	1 mol N_2	αντιδρά	με	3mol H_2
Το	6 mol N_2	»		x=; Mol

x=18mol δηλαδή μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή που διαθέτουμε, άρα **H_2 σε έλλειμμα.**

Έλεγχος με βάση το H_2

Το 1 mol N_2 αντιδρά με 3mol H_2

Το x=; mol N_2 » 12mol H_2

x=4mol δηλαδή μικρότερη ποσότητα από αυτή που διαθέτουμε, άρα **N_2 σε περίσσεια.**

Άρα ο υπολογισμός της ποσότητας NH_3 που παράγεται θα γίνει με βάση την αρχική ποσότητα του H_2 που καταναλώνεται πλήρως (αντιδρών σε έλλειμμα).

Τα 3 mol H_2 παράγουν 2mol NH_3

Τα 12 mol N_2 x=; mol NH_3

x=8mol

	$N_{2(g)}$	+	$3H_{2(g)}$	⟶	$2NH_{3(g)}$
Αρχικά	6mol		12mol		-
Αντιδρούν/Παράγονται	-4mol		-12mol		+8mol
Τελικά	2mol		-		8mol

Επομένως: $V_{N_2}=n_{N_2}\cdot V_m=8\cdot 22,4=179,2L$

Αναμειγνύονται 3mol C_3H_8 με 16mol O_2 και το μείγμα αναφλέγεται οπότε καίγεται πλήρως σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

Να υπολογιστούν:

α) ο όγκος αερίου CO_2 που εκλύεται, μετρημένος σε συνθήκες STP, και

β) η μάζα των υδρατμών που παράγονται.

Λύση:

<u>Έλεγχος περίσσειας</u>

Σύμφωνα με την στοιχειομετρία της αντίδρασης:

1mol C_3H_8 αντιδρά πλήρως με 5mol O_2

3mol x;

x= 15mol < 16mol (ποσότητα που εμείς διαθέτουμε), άρα το **O_2 είναι σε περίσσεια.**

Επομένως οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί θα γίνουν με βάση την ποσότητα του C_3H_8 (αντιδρών σε έλλειμμα).

Το 1 mol C_3H_8 παράγει 3mol CO_2 και 4mol H_2O

Τα 3 mol C_3H_8 x=; mol CO_2 και y=;

x=9mol και y=12mol

	$C_3H_{8(g)}$ +	$5O_{2(g)}$ ⟶	$3CO_{2(g)}$ +	$4H_2O_{(g)}$
Αρχικά	3mol	16mol	-	-
Αντιδρούν/Παράγονται	-3mol	-15mol	+9mol	+12mol
Τελικά	-	1mol	9mol	12mol

Επομένως: $V_{CO_2}=n_{CO_2}\cdot V_m=9\cdot 22,4=201,6L$ και

$$m_{H_2O}=n_{H_2O}\cdot M_{r(H_2O)}=12\cdot 18=216g$$

Ασκήσεις

7. 112L N_2, μετρημένα σε συνθήκες STP, αναμειγνύονται με 30g H_2. Να υπολογιστεί η μάζα σε γραμμάρια NH_3 που παράγεται.

8. Σε 500mL διαλύματος HCl($Δ_1$) συγκέντρωσης 1,5M προσθέτουμε 5,4g Al. Να υπολογίσετε:
α) τον όγκο του αερίου που ελευθερώνεται, μετρημένο σε συνθήκες STP.
β) τη σύσταση του διαλύματος $Δ_2$ που προκύπτει μετά την αντίδραση.

9. Σε 250mL διαλύματος NH_4Cl (Δ1) συγκέντρωσης 2M προσθέτουμε 24g NaOH και θερμαίνουμε ελαφρά, οπότε προκύπτει διάλυμα $Δ_2$. Να υπολογίσετε:
α) τον όγκο του αερίου που παράγεται, μετρημένο σε συνθήκες STP,
β) τη σύσταση του διαλύματος $Δ_2$.

10. Σε 300mL διαλύματος NaOH($Δ_1$) περιεκτικότητας 4% w/v προστίθενται 200mL διαλύματος H_2SO_4 ($Δ_2$) συγκέντρωσης 0,75M. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του άλατος το οποίο παράγεται στο διάλυμα $Δ_3$ που προκύπτει.

11. Σε 500mL διαλύματος HCl($Δ_1$) συγκέντρωσης 0,8M προσθέτουμε Zn, οπότε παράγονται 3,36L αερίου, μετρημένα σε συνθήκες STP, και προκύπτει διάλυμα $Δ_2$ όγκου 500mL. Να υπολογίσετε:
α) τον αριθμό mol του Zn που προστέθηκε,
β) τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων ουσιών στο διάλυμα $Δ_2$.

12. Διαθέτουμε υδατικό διάλυμα HCl ($Δ_1$). 40mL από το διάλυμα $Δ_1$ απαιτούν για πλήρη εξουδετέρωση 10mL υδατικού διαλύματος NaOH($Δ_2$) περιεκτικότητας 8% w/v.
α) Ποια είναι η συγκέντρωση του διαλύματος $Δ_1$;
β) Σε 250mL του διαλύματος $Δ_1$ προσθέτουμε 5g $CaCO_3$. Να υπολογίσετε τον όγκο του αερίου που ελευθερώνεται σε συνθήκες STP.

Ασκήσεις με μείγματα

Όταν ένα μείγμα αντιδρά με κάποια ουσία(αντιδραστήριο), **θα γράφουμε ξεχωριστά τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων των συστατικών του μείγματος με την ουσία αυτή**. Σε ορισμένες περιπτώσεις βέβαια δεν αντιδρούν όλα τα συστατικά του μείγματος με την ουσία που επιδρά.

Παραδείγματα

α) *Ένα μείγμα NaOH και $Ca(OH)_2$ αντιδρά με HCl:*

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O \quad \text{και} \quad Ca(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O$$

β) *Ένα κράμα Zn και Ag αντιδρά με HCl:*

$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow \text{ και } Ag + HCl \longrightarrow \text{η αντίδραση δεν γίνεται}$$

διότι ο Ag είναι λιγότερο δραστικός από το H_2(είναι δεξιά από το H_2 στη σειρά δραστικότητας των μετάλλων)

☛ Όταν **η σύσταση του μείγματος δεν είναι γνωστή**, θέτουμε αγνώστους x,y,ω,…τους αριθμούς moles των συστατικών του μείγματος και από τα δεδομένα της άσκησης δημιουργούμε κατάλληλο αριθμό εξισώσεων.

☛ Όταν το μείγμα είναι **ισομοριακό**: x=y=ω=….

Ασκήσεις

13. 7,7g μείγματος NaOH και $Ca(OH)_2$ απαιτούν για πλήρη εξουδετέρωση 200mL διαλύματος HCl συγκέντρωσης 1M. Να υπολογίσετε τη σύσταση του μείγματος σε mol.

14. Αέριο μείγμα που αποτελείται από HCl και H_2S καταλαμβάνει όγκο 6,72L σε συνθήκες STP. Το μείγμα αυτό απαιτεί για πλήρη εξουδετέρωση 800mL διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 0,5M. Να υπολογίσετε:

α) τη σύσταση του μείγματος σε mol,

β) Η ίδια ποσότητα αερίου μείγματος διαβιβάζεται σε δοχείο με νερό οπότε προκύπτει υδατικό διάλυμα Δ. Στο διάλυμα Δ προστίθεται περίσσεια σκόνης Mg οπότε εκλύεται αέριο. Να βρεθεί όγκος του αερίου που παράγεται μετρημένος σε συνθήκες STP.

15. 11g κράματος Al και Fe αντιδρούν πλήρως με αραιό διάλυμα H_2SO_4 συγκέντρωσης 0,5M, οπότε παράγονται 8,96L αερίου, μετρημένα σε συνθήκες STP. Να υπολογίσετε:

α) τη σύσταση του κράματος σε mol,

β) τον όγκο του διαλύματος H_2SO_4 που καταναλώθηκε.

Επιμέλεια: Πέτρος Καραπέτρος