

Άσκηση 59 του 4ου κεφαλαίου ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ του σχολικού βιβλίου:

Σε κλειστό δοχείο (χωρίς να διευκρινίσει αν έχει σταθερά τοιχώματα, σταθερό δηλαδή όγκο) όγκου $1L$, βρίσκονται σε ισορροπία $4mol N_2O_4$ και $2mol NO_2$. Προσθέτουμε $10mol$ αερίου He . Θα διαταραχθεί η ισορροπία:

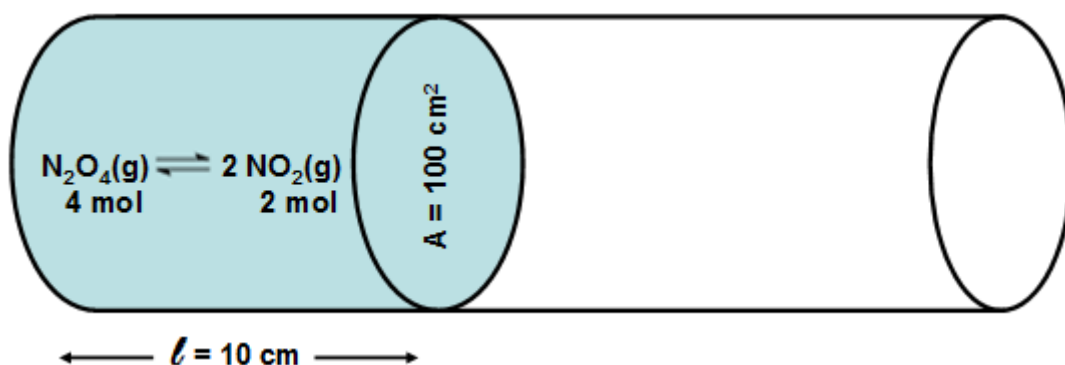


αν η θερμοκρασία παραμείνει σταθερή;

Και η απάντηση είναι ένα ξερό ΟΧΙ αφήνοντάς μας να υποθέσουμε ότι η αντίδραση διεξάγεται υπό σταθερό όγκο.

Τέλος πάντων ας της σοβαρέψουμε την άσκηση.

Στο κλειστό διαμέρισμα του δοχείου του σχήματος έχουμε σε ισορροπία $4mol N_2O_4$ και $2mol NO_2$. Το έμβολο που κλείνει το δοχείο μπορεί να μετακινείται οριζόντια χωρίς τριβές. Το δοχείο βρίσκεται σε θερμοστατούμενο χώρο. Το εμβαδόν του εμβόλου είναι $A = 100cm^2$ και την στιγμή της ισορροπίας βρίσκεται στη θέση $\ell = 10cm$ από τη βάση του δοχείου, όπως φαίνεται στο σχήμα.



α) Να βρεθεί η σταθερά της ισορροπίας, K_c .

Κάποια στιγμή εισάγουμε στο δοχείο $6mol$ αερίου He .

β) Να βρεθεί αν και προς τα πού θα μετακινηθεί η ισορροπία, οι ποσότητες όλων των αερίων στη νέα θέση ισορροπίας καθώς επίσης η θέση του εμβόλου.

Λύση:

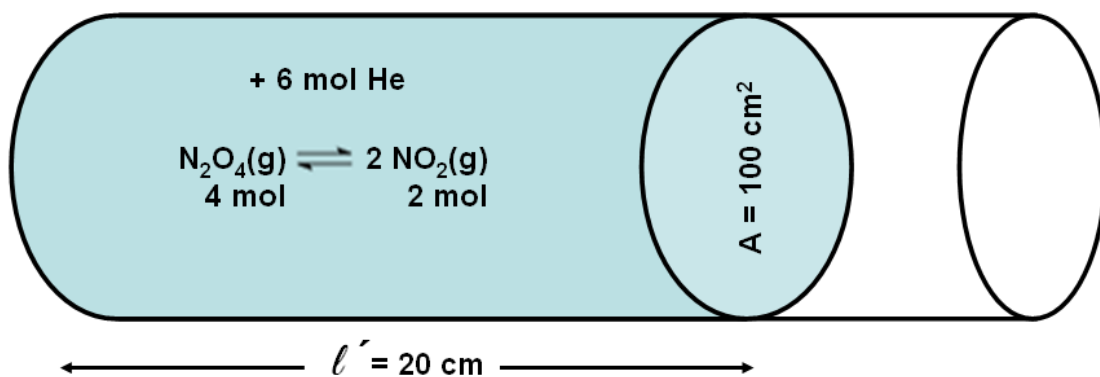
α) $V = A \cdot \ell = 100 \cdot 10 = 1000cm^3 = 1L$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left(\frac{2}{1}\right)^2}{\frac{4}{1}} = 1$$

β) Με την εισαγωγή του αερίου ηλίου θα αυξηθεί ο όγκος υπό σταθερή θερμοκρασία και πίεση.

$$\left. \begin{aligned} p \cdot V' &= (4 + 2 + 6) \cdot R \cdot T \\ p \cdot 1 &= (4 + 2) \cdot R \cdot T \end{aligned} \right\} \Rightarrow V' = \frac{12}{6} = 2L$$

άρα $\frac{V'}{V} = \frac{A \cdot \ell'}{A \cdot \ell} \Rightarrow \ell' = 2 \cdot \ell = 20cm$



Και θα αρχίσει να μετατοπίζεται η ισορροπία προς τα δεξιά που έχουμε αύξηση των συντελεστών των αερίων στην αντίδραση μιας κι έχει αυξηθεί ο όγκος.

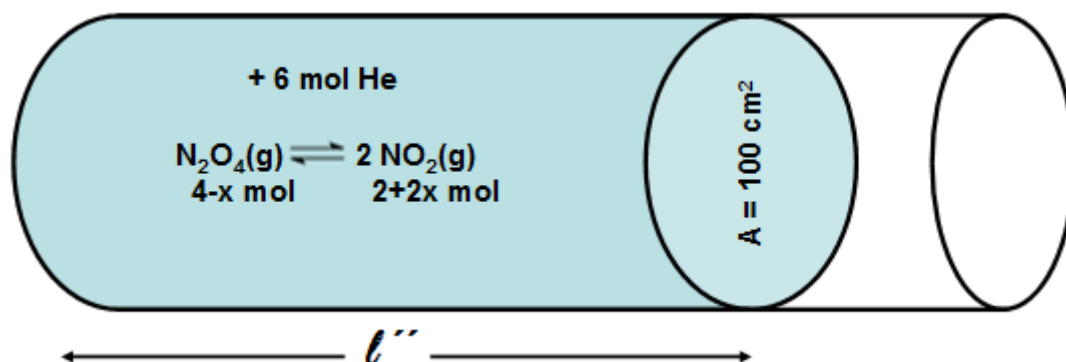
Οι συγκεντρώσεις τώρα διαμορφώθηκαν ως εξής:

$$[\text{N}_2\text{O}_4]' = \frac{4}{2} = 2 \text{ M} \quad \text{και} \quad [\text{NO}_2]' = \frac{2}{2} = 1 \text{ M}$$

$Q_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{1^2}{2} = 0,5 < K_c$ άρα σωστά προβλέψαμε πως θα μετατοπιστεί η ισορροπία προς τα δεξιά.

	(mol)	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{NO}_2(\text{g})$
αρχικά	4			2
αντ / παρ.		$-x$		$+2x$
XI'		$4-x$		$2+2x$

Καθώς προχωράει όμως η αντίδραση δεξιά παράγονται περισσότερα mol αερίων με αποτέλεσμα να σπρώχνουν το έμβολο κι άλλο δεξιά σε μια θέση $\ell'' > \ell'$, διαμορφώνοντας τελικά στη θέση ισορροπίας μια νέα τιμή του όγκου $V'' > V'$.



$$n_{\text{ολ}}'' = 4 - x + 2 + 2x + 6 = x + 12 \text{ mol αερίων}$$

$$\left. \begin{array}{l} p \cdot V'' = n_{\text{ολ}}'' \cdot R \cdot T \\ p \cdot V = n_{\text{αρχ}} \cdot R \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow V'' = \frac{x+12}{6} L$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4]'' = \frac{6 \cdot (4-x)}{x+12} = \frac{24-6x}{x+12} \text{ M} \quad \text{και} \quad [\text{NO}_2]'' = \frac{6 \cdot (2+2x)}{x+12} = \frac{12+12x}{x+12} \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left(\frac{12+12x}{x+12}\right)^2}{\frac{24-6x}{x+12}} = \frac{144x^2 + 288x + 144}{-6x^2 - 48x + 288} = 1 \Rightarrow 150x^2 + 336x - 144 = 0 \Rightarrow$$

$$25x^2 + 56x - 24 = 0$$

$$\Delta = 56^2 - 4 \cdot 25 \cdot (-24) = 3136 + 2400 = 5536 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 74,4$$

$$x_1 = \frac{-56 - 74,4}{2 \cdot 25} \approx -2,6 \text{ απορ}$$

$$x_2 = \frac{-56 + 74,4}{2 \cdot 25} \approx 0,368 \text{ mol}$$

$$\text{άρα } n_{N_2O_4}'' = 4 - 0,368 = 3,632 \text{ mol } N_2O_4 \text{ και } n_{NO_2}'' = 2 + 2 \cdot 0,368 = 2,736 \text{ mol } NO_2$$

$$\text{οπότε } V'' = \frac{0,368 + 12}{6} = 2,06 \text{ L}$$

και για να βρούμε τη θέση που σταμάτησε το έμβολο:

$$\left. \begin{array}{l} V'' = A \cdot \ell'' \\ V = A \cdot \ell \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V''}{V} = \frac{\ell''}{\ell} \Rightarrow \ell'' = 2,06 \cdot 10 = 20,6 \text{ cm}$$

Επαλήθευση:

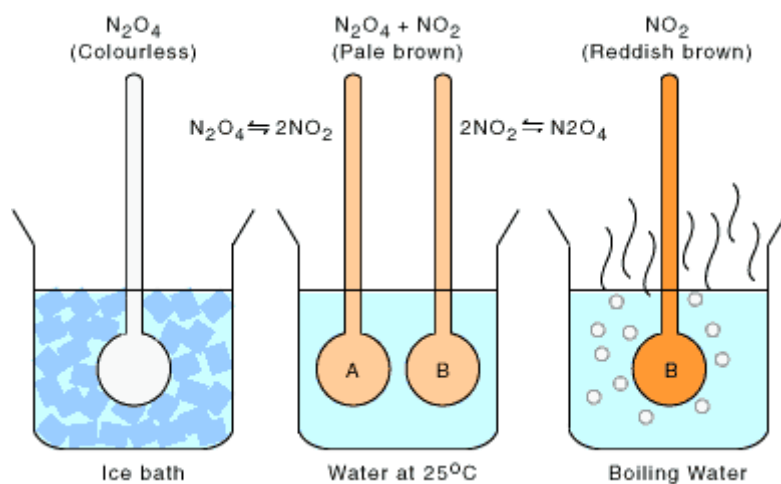
$$\left. \begin{array}{l} p \cdot V'' = (3,632 + 2,736 + 6) \cdot R \cdot T \\ p \cdot 1 = (4 + 2) \cdot R \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow V'' = \frac{12,368}{6} = 2,06 \text{ L}$$

$$[N_2O_4]'' = \frac{6 \cdot (4 - 0,368)}{0,368 + 12} = 1,762 \text{ M και } [NO_2]'' = \frac{6 \cdot (2 + 2 \cdot 0,368)}{0,368 + 12} = 1,327 \text{ M}$$

$$n_{N_2O_4}'' = [N_2O_4]'' \cdot V'' = 1,762 \cdot 2,06 = 3,63 \approx 3,632 \text{ mol } N_2O_4$$

$$n_{NO_2}'' = [NO_2]'' \cdot V'' = 1,327 \cdot 2,06 = 2,734 \approx 2,736 \text{ mol } NO_2$$

$$K_c = \frac{1,327^2}{1,762} = 0,9999 \approx 1$$



Καμβίσιος Ευάγγελος - Χημικός