

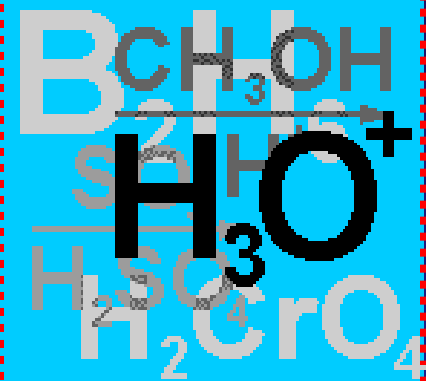
ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

Α' ΕΞΑΜΗΝΟ

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Διδάσκων : ΔΑΦΝΟΜΗΛΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

Κεφ 7 Λυδάκης
Κεφ14 ebbing



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

● ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

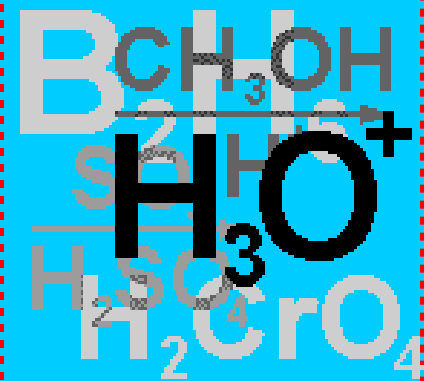
● ΠΩΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

● ΝΟΜΟΣ ΔΡΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΖΩΝ

● ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΚΦΡΑΣΗΣ Χ.Ι.

● -αρχή Le-Chatelier (ΝΟΜΟΣ ΦΥΓΗΣ ΠΡΟ ΤΗΣ ΒΙΑΣ)

● ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΑΜΦΙΡΟΜΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Σε κλειστό δοχείο οι περισσότερες Χ.Α. δεν καταλήγουν σε πλήρη μετατροπή των Α. (αντιδρώντα) σε Π. (προϊόντα), αλλά σταματούν όταν ένα μόνο μέρος των Α. έχει μετατραπεί σε Π.



Όμως σε κλειστό δοχείο

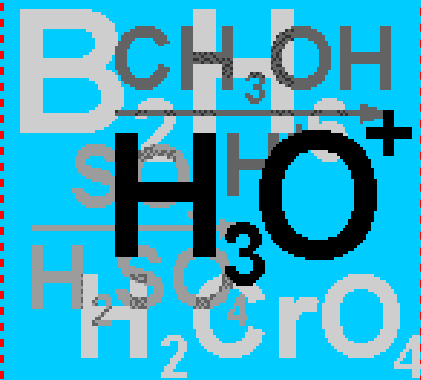
Εάν αρχικά έχουμε



Ομοίως σε κλειστό δοχείο, βλέποντας την Χ.Α. ανάποδα



ΑΜΦΙΔΡΟΜΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ



ΧΗΜΙΚΗ
ΔΙΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΑΜΦΙΔΡΟΜΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Λέγονται οι αντιδράσεις που σε δεδομένες συνθήκες πραγματοποιούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις ($\rightleftharpoons$) π.χ. :

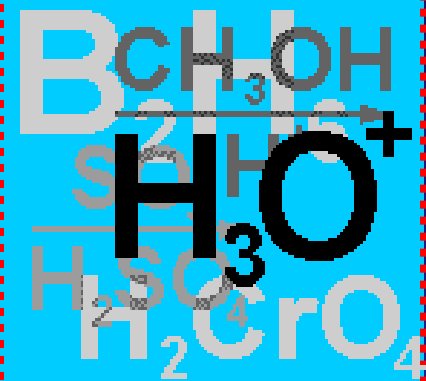


επιτεταρτοξείδιο
του σιδήρου

ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

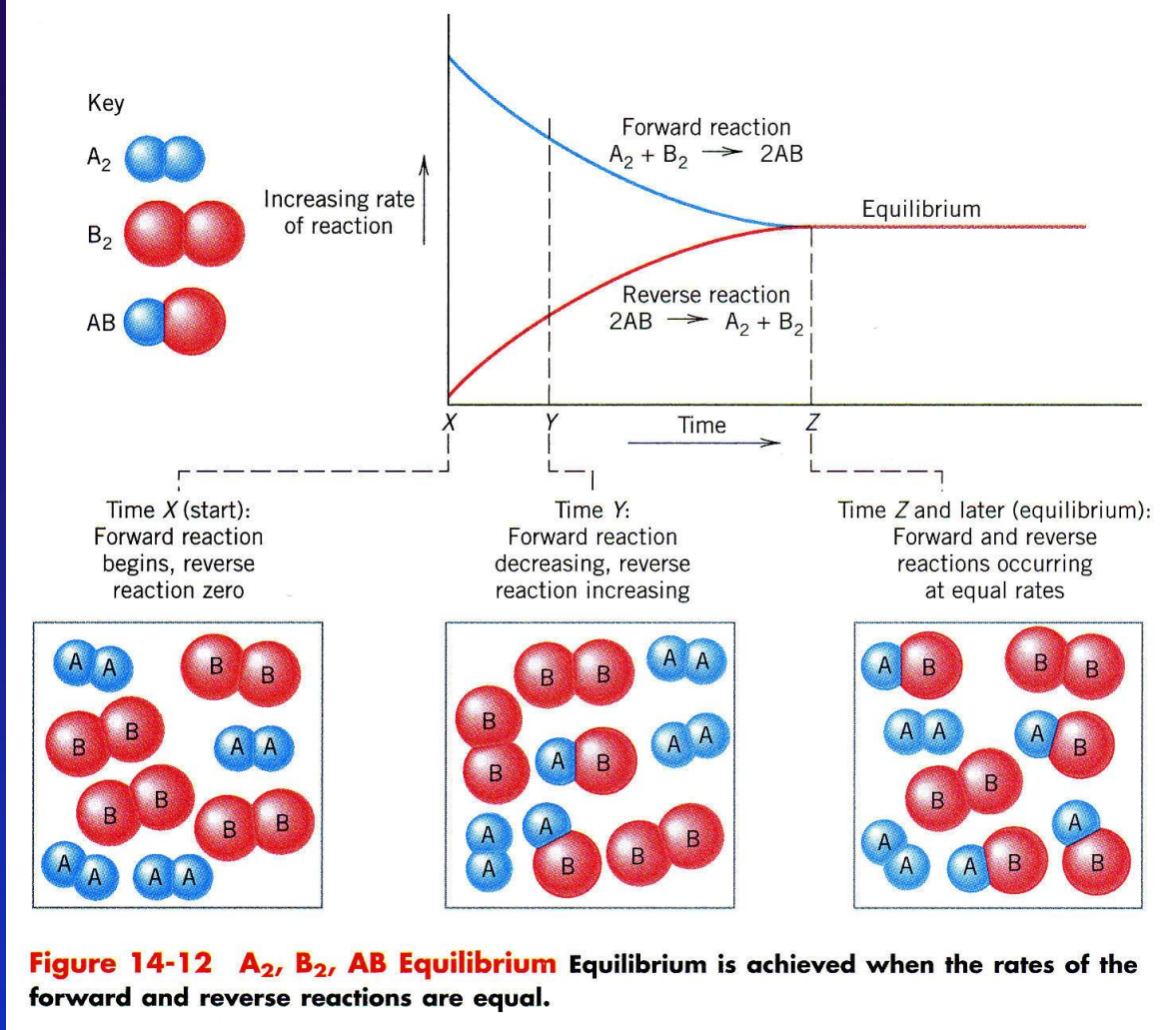
ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ





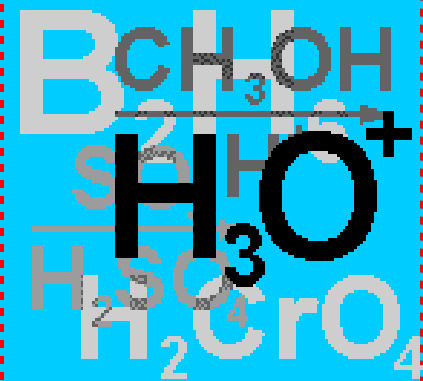
ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ;

Είναι : Η δυναμική κατάσταση εκείνη στη οποία φτάνει μία Χημική Αντίδραση (Χ.Α.) όπου δεν εμφανίζεται περαιτέρω καθαρή μεταβολή με την πάροδο του χρόνου, εφόσον οι συνθήκες παραμένουν σταθερές.

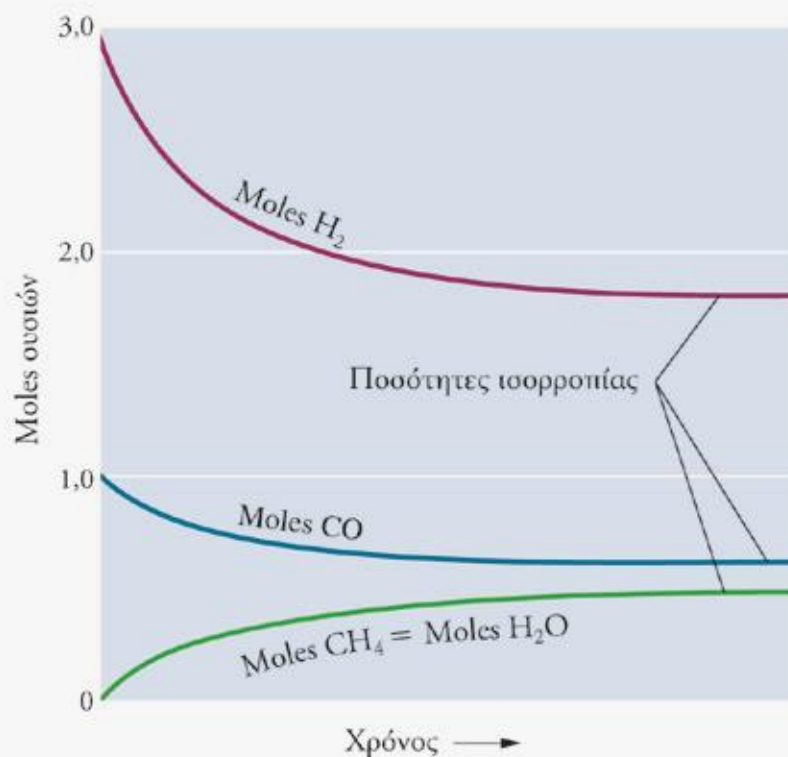


ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

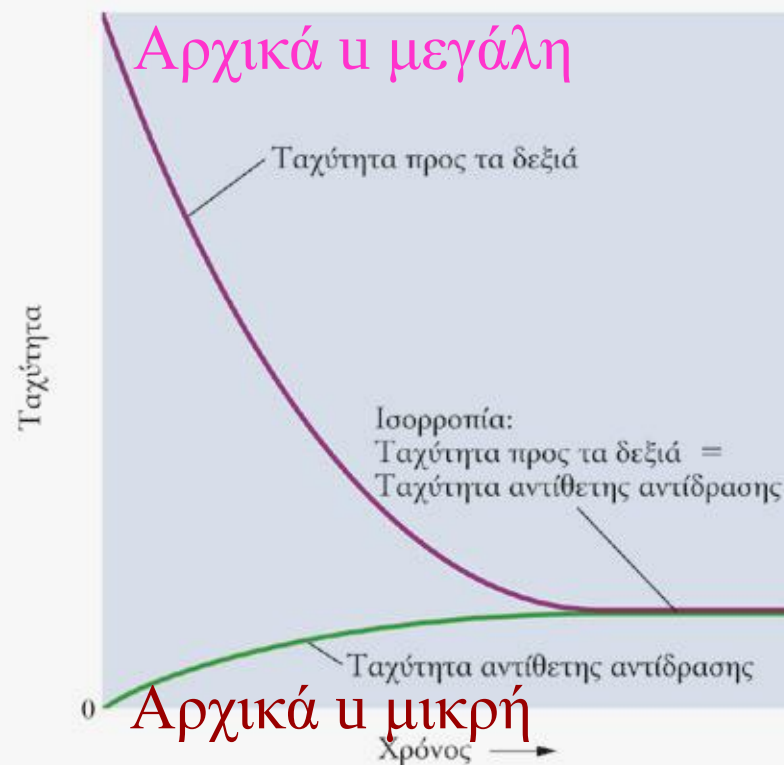
ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



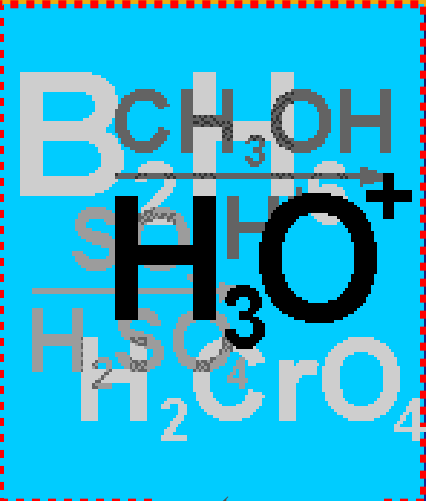
Η Χημική ισορροπία είναι Δυναμική και όχι στατική. Δηλαδή οι δύο επιμέρους αντίθετης κατεύθυνσης αντιδράσεις πραγματοποιούνται με την ίδια ταχύτητα.



A



B



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



Αρχικές συγκεντρώσεις		Τελικές συγκεντρώσεις	
[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]
0.02	0.00	0.0103	4.86x10 ⁻³
0.00	0.01	0.0103	4.86x10 ⁻³
0.01	0.01	0.0134	8.29x10 ⁻³
0.04	0.00	0.0161	1.19x10 ⁻²

$\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$

45.8

45.8

46.2

45.9

= **K_c**



✓ ανεξάρτητα από τις αρχικές συνθήκες η ταχύτητα της αντίδρασης μειώνεται και φτάνουμε σε μία κατάσταση ισορροπίας

Εκφραση σταθεράς χημικής ισορροπίας



$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

K_c = σταθερά ισορροπίας

a, b, c, d =στοιχειομετρικοί
συντελεστές στη χημική εξίσωση

[] =mol/l

•Η K_c προκύπτει με αντικατάσταση των
συγκεντρώσεων στη κατάσταση Χ.Ι.

•Ο **νόμος δράσης μαζών** είναι η σχέση που ορίζει ότι
η έκφραση K_c είναι σταθερή για μια αντίδραση σε
δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, όποιες
συγκεντρώσεις και αν χρησιμοποιήσουμε

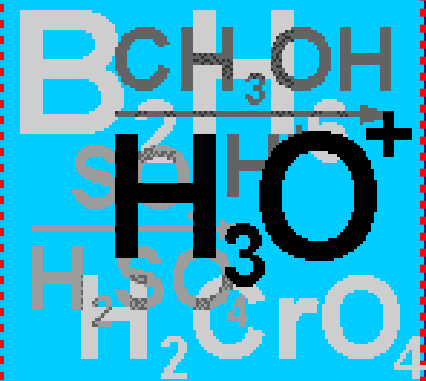
**Νόμος
δράσης
μαζών**

ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



Αναλυτικά.....



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



Όμως εφόσον το σύστημα είναι κλειστό,



ΟΤΑΝ ΟΜΩΣ ΕΠΙΤΕΥΧΘΕΙ
Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Χ.Ι. (σημείο Χ.Ι.) ΤΟΤΕ...



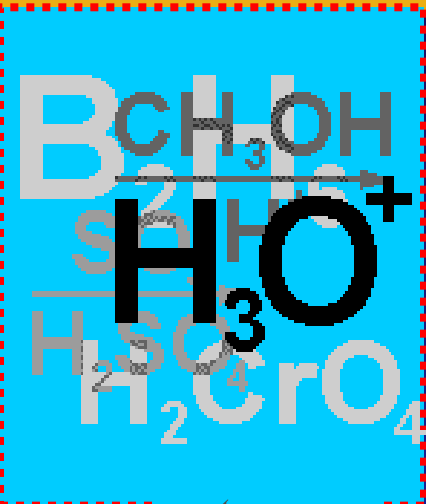
ΧΗΜΙΚΗΣ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ



$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[\Gamma] \cdot [\Delta]}{[A]^2 \cdot [B]}$$

$$K = \frac{[\Gamma] \cdot [\Delta]}{[A]^2 \cdot [B]}$$

$K = \eta$ Σταθερά της
Χ.Ι.



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

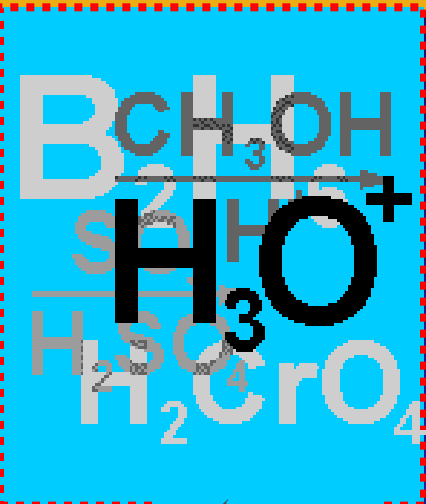


Η Κc έχει τις εξής χρήσεις

- ποιοτική ερμηνεία
- πρόβλεψη της κατεύθυνσης μιας αντίδρασης
- υπολογισμός συγκεντρώσεων στην ισορροπία

♦ Ποιοτική ερμηνεία

- ♦ **Κc μεγάλη** : ευνοείται ο σχηματισμός προϊόντων (συνήθως θεωρούμε ότι η αντίδραση έχει τελειώσει όταν $K_c > 10^{10}$)
- ♦ **Κc πολύ μικρή** : η αντίδραση λαμβάνει χώρα σε πολύ μικρή έκταση
- ♦ **Κc ~ 1**. δεν ευνοούνται ιδιαίτερα ούτε τα αντιδρώντα ούτε τα προϊόντα



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



Οι σταθερές της Χ.Ι. **K** λαμβάνουν διάφορες ονομασίες ανάλογα με τη Χ.Ι. που εκφράζουν

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ K που θα συναντήσουμε:

K_w Σταθερά ισορροπίας H₂O ή ιοντικού γινομένου H₂O

K_a Σταθερά ιονισμού ασθενούς οξέος

K_b Σταθερά ιονισμού ασθενούς βάσης

Σταθερά σταθερότητας & Σταθερά Αστάθειας
Συμπλόκου

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΟΠΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΙΑΣ Χ.Α.

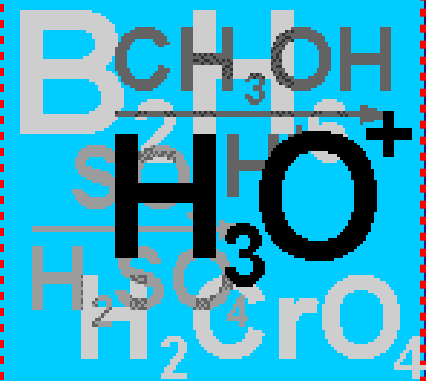
(παρένθεση ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ)

Έστω η Χ.Α. $A + 2B \rightleftharpoons 3\Gamma + \Delta$ Τότε...

C	$A + 2B \rightleftharpoons 3\Gamma + \Delta$			
ΑΡΧΙΚΑ	n_1 mole	n_2 mole	--	--
ΑΝΤΕΔΡΑΣΑΝ / ΠΑΡΑΧΘΗΚΑΝ	$-x$ mole	$-2x$ mole	$3x$ mole	x mole
Στη Χ.Ι.	$(n_1 - x)$ mole	$(n_2 - 2x)$ mole	$3x$ mole	x mole

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

ΠΑΝΤΑ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



- ♦ **Παράδειγμα** : Υπολογισμός της K_c από τα πειραματικά δεδομένα με αντίδραση 0.0225 M N_2 και 0.0675 M of H_2
- ♦ For $N_2 (g) + 3 H_2 (g) \leftrightarrow 2 NH_3 (g)$

	$[N_2]$	$[H_2]$	$\leftrightarrow$	$[NH_3]$
Αρχικές συγκεντρώσεις	0.200	0.200		0
Τελικές συγκεντρώσεις	?	?		0.0450

$$[N_2]_{\text{τελ}} = [N_2]_{\text{αρχ}} - [N_2]_{\text{αντ}} = 0.200 \text{ M} - 0.0225 \text{ M} = 0.178 \text{ M}$$

$$[H_2]_{\text{τελ}} = [H_2]_{\text{αρχ}} - [H_2]_{\text{αντ}} = 0.200 \text{ M} - 0.0675 \text{ M} = 0.132 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] [H_2]^3} = \frac{[0.045]^2}{(0.178) [0.132]^2} = 4.95$$

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΟΠΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΙΑΣ Χ.Α.

Έστω η Χ.Α. $2A + B \rightleftharpoons \Gamma + \Delta$

Τότε $[\Gamma]_{\Pi}$ αφορά την C που μετρήσαμε πρακτικά

Ενώ $[\Gamma]_{\Theta}$ αφορά την C που υπολογίζουμε θεωρητικά

Αν Αρχικά $[A]=[B]=1$ mole τότε θεωρητικά και $[\Gamma]=1$ mole

Συντελεστής
Απόδοσης της Χ.Α.

$$\alpha = \frac{[\Gamma]_{\Pi}}{[\Gamma]_{\Theta}}$$

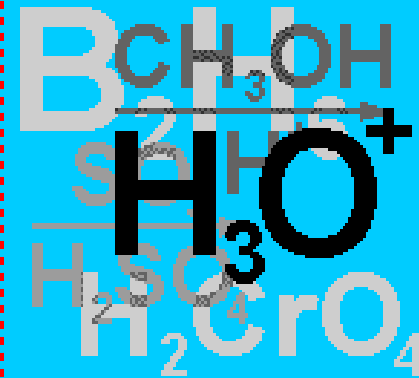
$$0 < \alpha < 1$$

Εξαρτάται από
T, Αρχική C και
P (αέρια)

Απόδοσης της Χ.Α.

$$A = \alpha \times 100 (\%)$$

Εάν στη $2A + B \rightleftharpoons \Gamma + \Delta$ $\alpha=1$, τότε $2A + B \rightarrow \Gamma + \Delta$



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

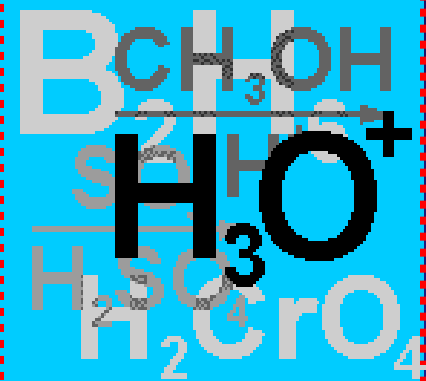
ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



Μεταβολή των συνθηκών ατίδρασης-

Αρχή Le Chatelier

Όταν ένα σύστημα σε κατάσταση Χ.Ι.
διαταράσσεται λόγω μεταβολής
συγκέντρωσης, πίεσης,
θερμοκρασίας, η ισορροπία
μετατοπίζεται σε εκείνη τη
κατεύθυνση που κατά την οποία
εξουδετερώνεται η μεταβολή αυτή



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ Χ.Ι.

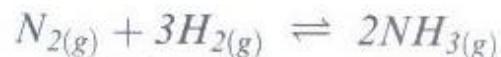
12.4 Επίδραση της συγκέντρωσης.

Απάντηση

- Όταν αυξηθεί η συγκέντρωση ενός από τα σώματα που συμμετέχουν στην ισορροπία, η θέση της ισορροπίας μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση εκείνη όπου το σώμα αυτό καταναλώνεται (αντιδρά), δηλαδή προς την κατεύθυνση όπου ελαττώνεται η συγκέντρωσή του.
- Όταν ελαττωθεί η συγκέντρωση ενός από τα σώματα που συμμετέχουν στην ισορροπία, η θέση της ισορροπίας μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση εκείνη όπου το σώμα αυτό παράγεται, δηλαδή προς την κατεύθυνση όπου αυξάνεται η συγκέντρωσή του.

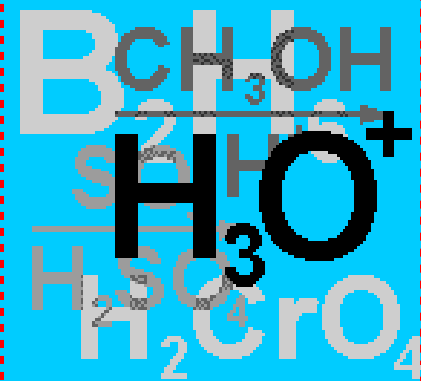
Παράδειγμα 1ο

Σε δοχείο έχει αποκατασταθεί η ισορροπία



Πώς θα μετατοπιστεί η ισορροπία, αν γίνουν οι παρακάτω μεταβολές;

- Αύξηση της συγκέντρωσης του N_2 .
- Ελάττωση της συγκέντρωσης του H_2 .
- Ελάττωση της συγκέντρωσης της NH_3 .



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ Χ.Ι.

12.3 Επίδραση της πίεσης.

Απάντηση

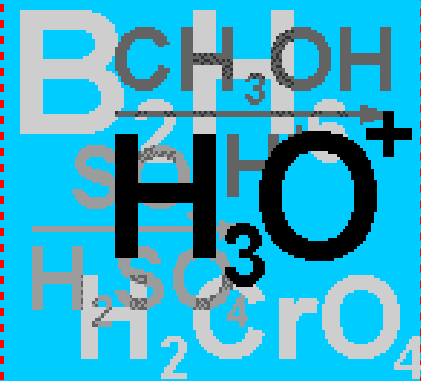
Η μεταβολή της πίεσης επιδρά στη θέση μιας ισορροπίας όταν υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις:

- Ένα τουλάχιστον από τα σώματα που μετέχουν στην ισορροπία είναι αέριο.
- Η αντίδραση συνοδεύεται από μεταβολή του αριθμού των mol των αερίων, δηλαδή από μεταβολή στον συνολικό όγκο του συστήματος.

Όταν αυξηθεί η πίεση, η ισορροπία μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση εκείνη όπου υπάρχουν λιγότερα mol αερίων, δηλαδή προς την κατεύθυνση όπου το σύστημα αποκτά μικρότερο όγκο.

Όταν ελαττωθεί η πίεση, η ισορροπία μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση όπου υπάρχουν περισσότερα mol αερίων, δηλαδή προς την κατεύθυνση όπου το σύστημα αποκτά μεγαλύτερο όγκο.

- ♦ Ουσιαστικά συντελεστής ισορροπίας είναι ο όγκος και όχι η πίεση. Η μεταβολή της πίεσης επηρεάζει τη θέση ισορροπίας μόνο όταν προκαλείται από μεταβολή του όγκου του δοχείου. Έτσι, όταν ένα σύστημα είναι σε ισορροπία και ελαττωθεί ο όγκος του δοχείου, αυξάνεται η ολική πίεση, οπότε το σύστημα μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση εκείνη όπου ελαττώνεται η πίεση. Η ελάττωση όμως της πίεσης σε ορισμένη θερμοκρασία και όγκο μπορεί να γίνει μόνο με ελάττωση του συνολικού αριθμού mol των αερίων.



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

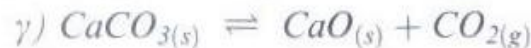
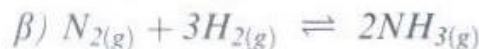
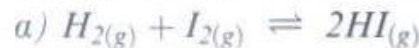


ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ Χ.Ι.

12.3 Επίδραση της πίεσης.

Παράδειγμα

Ποια επίδραση έχει στη θέση ισορροπίας των παρακάτω αντιδράσεων η αύξηση της πίεσης, όταν συνοδεύεται από ελάττωση του όγκου του δοχείου;



Απάντηση

α) Η πίεση δεν είναι παράγοντας ισορροπίας στη συγκεκριμένη περίπτωση, γιατί η αντίδραση δεν συνοδεύεται από μεταβολή του αριθμού mol των αερίων, άρα ούτε και του συνολικού όγκου του συστήματος (από 2 mol αντιδρώντων σχηματίζονται 2 mol προϊόντων).

β) Η αύξηση της πίεσης μετατοπίζει την ισορροπία προς την κατεύθυνση όπου υπάρχουν λιγότερα mol αερίων, δηλαδή προς τα δεξιά (από $3 + 1 = 4$ mol αντιδρώντων σχηματίζονται 2 mol προϊόντων), όπου ελαττώνεται ο όγκος του συστήματος.

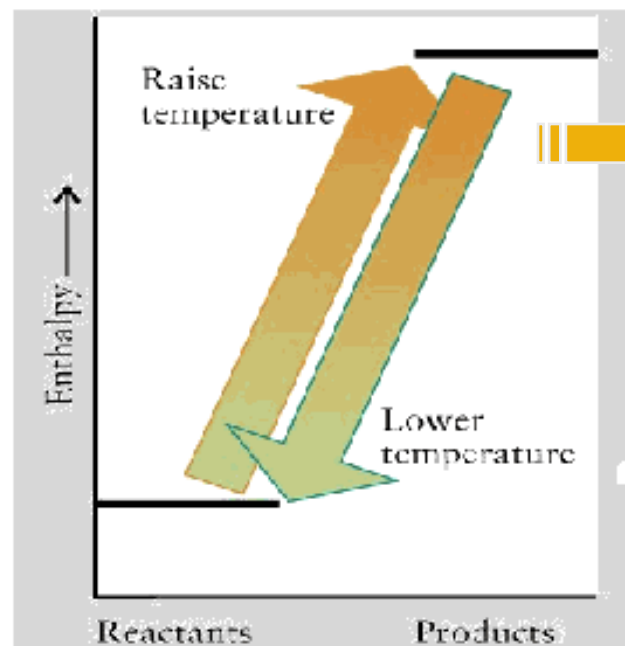
γ) Η αύξηση της πίεσης μετατοπίζει την ισορροπία προς τα αριστερά, όπου υπάρχουν λιγότερα mol αερίων, δηλαδή ελαττώνεται ο όγκος του συστήματος (δεν λαμβάνονται υπόψη τα στερεά: έτσι από 0 mol αερίων αντιδρώντων σχηματίζεται 1 mol αέριου προϊόντος).

ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



Επίδραση θερμοκρασίας



Σε **ενδόθερμες** αύξηση θ
οδηγεί σε μετατόπιση
δεξιά (προϊόντα)

Σε **εξώθερμες** αύξηση θ
οδηγεί σε μετατόπιση
αριστερά (αντιδρώντα)

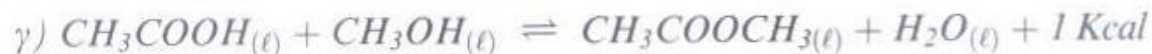


ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ Χ.Ι.

12.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.

Παράδειγμα

Πώς θα μετατοπιστούν οι παρακάτω ισορροπίες, αν αυξηθεί ή ελαττωθεί η θερμοκρασία;



Απάντηση

α) Η αύξηση της θερμοκρασίας μετατοπίζει την ισορροπία προς την κατεύθυνση όπου απορροφάται θερμότητα, δηλαδή προς τα αριστερά, όπου η αντίδραση είναι ενδόθερμη. Αντίθετα, όταν ελαττωθεί η θερμοκρασία, η ισορροπία μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση της εξώθερμης αντίδρασης, δηλαδή προς τα δεξιά.

β) Η αύξηση της θερμοκρασίας μετατοπίζει την ισορροπία προς τα δεξιά, ενώ η ελάττωση της θερμοκρασίας τη μετατοπίζει προς τα αριστερά.

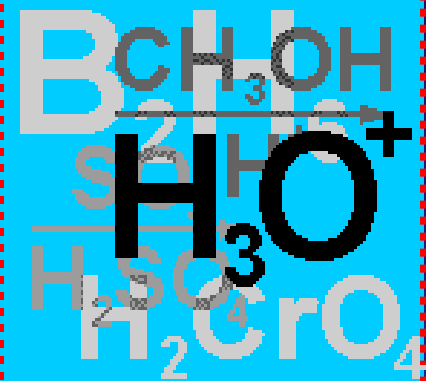
γ) Η αντίδραση αυτή είναι πρακτικά *θερμο ουδέτερη*, επομένως η μεταβολή της θερμοκρασίας δεν επηρεάζει τη θέση της ισορροπίας.

ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ Χ.Ι.



ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



12.10 Πώς επηρεάζει η αύξηση της θερμοκρασίας την απόδοση και την ταχύτητα μιας αμφίδρομης αντίδρασης;

Απάντηση

Ο τρόπος που επηρεάζει η αύξηση της θερμοκρασίας τη θέση μιας ισορροπίας, άρα και την απόδοση της αντίδρασης, εξαρτάται από το αν η αντίδραση είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη.

- Σε μια εξώθερμη αντίδραση (π.χ. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + Q$) η αύξηση της θερμοκρασίας μετατοπίζει την ισορροπία προς τα αριστερά, οπότε ελαττώνεται η απόδοση της αντίδρασης.
- Σε μια ενδόθερμη αντίδραση ($\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} - Q$) η αύξηση της θερμοκρασίας μετατοπίζει την ισορροπία προς τα δεξιά, οπότε αυξάνεται η απόδοση της αντίδρασης.
- Τέλος, σε μια θερμοουδέτερη αντίδραση η αύξηση της θερμοκρασίας δεν επηρεάζει τη θέση ισορροπίας, επομένως δεν μεταβάλλει την απόδοση της αντίδρασης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει πάντοτε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας, ανεξάρτητα από το αν εκλύεται ή απορροφάται θερμότητα κατά την αντίδραση. Έτσι αυξάνονται οι ταχύτητες και των δύο αντίθετης κατεύθυνσης αντιδράσεων.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ Χ.Ι.

Θεμα προβληματισμού....για σπιτι

12.11 Η παρασκευή της NH_3 κατά Haber γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση



- α) Πώς μπορούμε να αυξήσουμε την απόδοση της αντίδρασης; Πώς επηρεάζεται σε κάθε περίπτωση η ταχύτητα της αντίδρασης παρασκευής της NH_3 ;
- β) Κατά τη βιομηχανική παρασκευή της NH_3 η αντίδραση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία $500^\circ C$ και πίεση $350 atm$. Πώς εξηγείται η επιλογή αυτών των συνθηκών;

ΧΗΜΙΚΗ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΧΗΜΙΚΕΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

