

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

ΣΤΑΤΙΚΗ – ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

1. Μια ισορροπία λέγεται **στατική** όταν παραμένει **ποιοτικά και ποσοτικά αμετάβλητη**.

2. Η ισορροπία λέγεται **δυναμική** όταν **μεταβάλλεται ποιοτικά αλλά όχι ποσοτικά**.

Ενθαλπία (ή καλύτερα η μεταβολή της ενθαλπίας ΔH) είναι η θερμότητα η οποία απορροφάται ή εκλύεται κατά την διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης η οποία συμβαίνει υπό σταθερή πίεση

Η μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας **Gibbs** (ΔG) είναι η μεταβολή της ενέργειας του συστήματος υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία

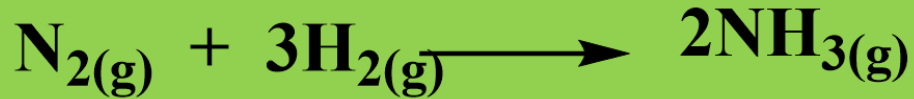
Κριτήριο για την αυθόρμητη επιτέλεση ενός πειράματος (χημικής αντίδρασης)

ΔG σχετίζεται με την αντίδραση και εξαρτάται από την κατάσταση των αντιδρώντων. ($G=H-TS$)

Εντροπία (S) είναι μια θερμοδυναμική ποσότητα η οποία αποτελεί μέτρο της αταξίας σε ένα σύστημα.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Έστω η χημική αντίδραση



- Χρησιμοποιώντας 2 mol N_2 και 6 mol H_2 θα έπρεπε τελικά να προκύψουν 4 mol NH_3 .
- Πειραματικά βρέθηκαν τελικά 0,5 mol N_2 , 1,5 mol H_2 και 3 mol NH_3 .

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

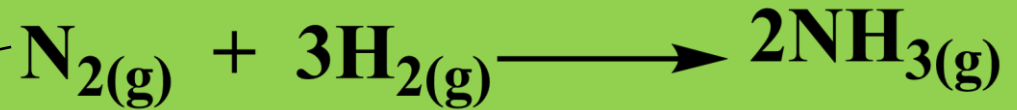
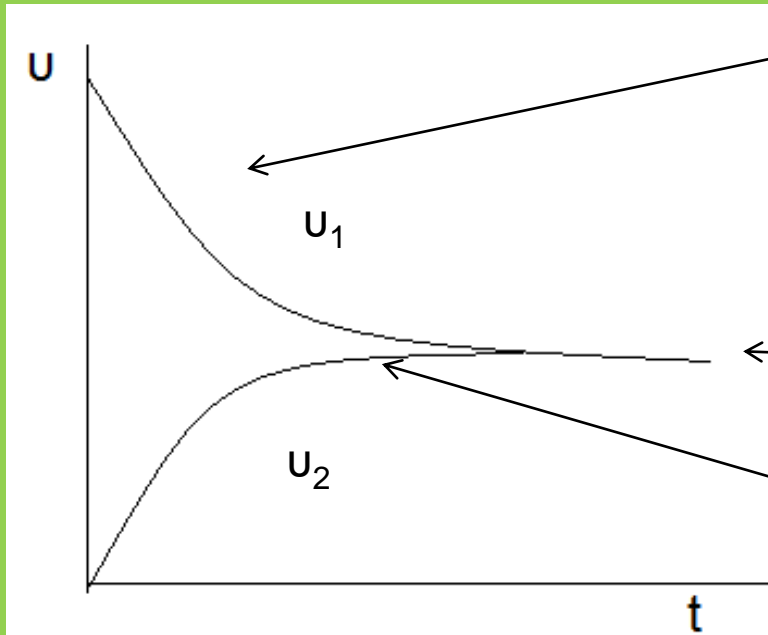
Στην ίδια θερμοκρασία λαμβάνει χώρα και η αντίδραση



ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

- Αρχικά η αντίδραση σύνθεσης της NH_3 βαίνει με μια ταχύτητα u_1 .
- Όταν σχηματίζεται μια ποσότητα NH_3 , μέρος της ποσότητας αυτής διασπάται σύμφωνα με την αντίθετη αντίδραση με μια ταχύτητα u_2 .
- Η παραπάνω διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα, με την πάροδο του χρόνου, οι συγκεντρώσεις των N_2 και H_2 να μειώνονται ενώ η συγκέντρωση της NH_3 να αυξάνει.
- Επομένως η ταχύτητα u_1 μειώνεται ενώ η u_2 αυξάνει.
- Άρα κάποια στιγμή οι ταχύτητες θα εξισωθούν.
- Η κατάσταση που περιέρχεται το σύστημα όταν οι ταχύτητες είναι ίσες είναι κατάσταση δυναμικής ισορροπίας (**χημική ισορροπία**).

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα και κατά τις δύο κατευθύνσεις λέγονται **αμφίδρομες** και καταλήγουν σε κατάσταση χημικής ισορροπίας.



ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

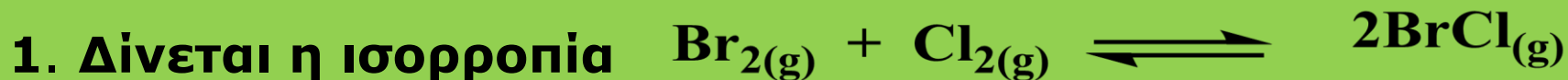
Αρχή Le Chatelier

Όταν μεταβληθεί ένας από τους παράγοντες ισορροπίας (συγκέντρωση, θερμοκρασία, πίεση), η θέση της ισορροπίας μετατοπίζεται προς εκείνη την κατεύθυνση στην οποία εξουδετερώνεται η επιφερόμενη μεταβολή.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Αρχή Le Chatelier

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



Ποια κατεύθυνση θα ακολουθήσει η ισορροπία εάν: α) αυξήσουμε τη συγκέντρωση του Br_2 , β) μειώσουμε τη συγκέντρωση του Cl_2 , γ) αυξήσουμε τη συγκέντρωση του BrCl .

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Όταν αυξηθεί η συγκέντρωση του Br_2 για να εξουδετερωθεί η μεταβολή πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί δεξιά.

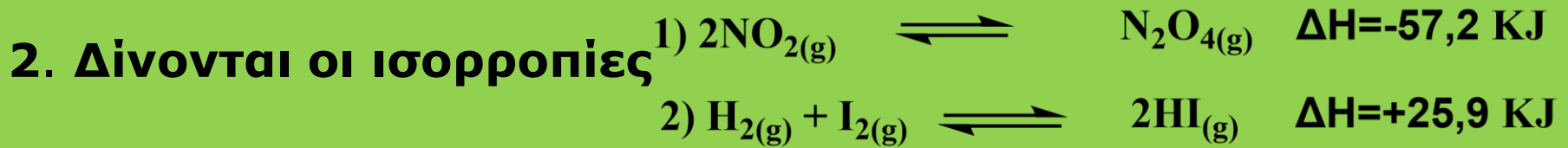
β) Όταν μειωθεί η συγκέντρωση του Cl_2 για να εξουδετερωθεί η μεταβολή πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί αριστερά.

γ) Όταν αυξηθεί η συγκέντρωση του BrCl για να εξουδετερωθεί η μεταβολή πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί αριστερά.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Αρχή Le Chatelier

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



Ποια κατεύθυνση θα ακολουθήσει κάθε ισορροπία εάν αυξήσουμε τη θερμοκρασία;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

$\Delta H < 0$ εξώθερμη

$\Delta H > 0$ ενδόθερμη

Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία για να εξουδετερωθεί η μεταβολή πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί προς εκείνη την κατεύθυνση προς την οποία απορροφάται θερμότητα.

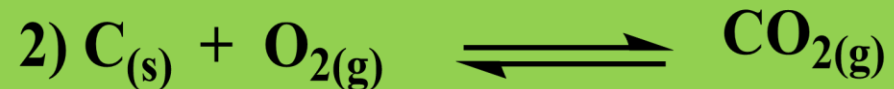
Επομένως η 1 θα μετατοπιστεί αριστερά ενώ η 2 προς τα δεξιά.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Αρχή Le Chatelier

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

3. Δίνονται οι ισορροπίες 1) $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$



Ποια κατεύθυνση θα ακολουθήσει κάθε ισορροπία όταν αυξήσουμε την πίεση;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η πίεση επηρεάζει τη θέση μιας ισορροπίας εφόσον στην ισορροπία συμμετέχουν αέρια.

Όταν **αυξηθεί η πίεση** για να εξουδετερωθεί η μεταβολή πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί προς εκείνη την κατεύθυνση προς την οποία **μειώνεται ο αριθμός των mol των αερίων**, ώστε να μειωθεί η πίεση.

Επομένως η 1 θα μετατοπιστεί δεξιά ενώ η 2 δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή της πίεσης γιατί δεν έχουμε μεταβολή των mol των αερίων.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Αρχή Le Chatelier

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

4. Δίνεται η ισορροπία



Ποια κατεύθυνση θα ακολουθήσει η ισορροπία όταν αυξήσουμε τον όγκο του δοχείου στο οποίο λαμβάνει χώρα η ισορροπία;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όταν αυξηθεί ο όγκος μειώνεται η πίεση.

Για να εξουδετερωθεί η μεταβολή πρέπει η ισορροπία να μετατοπιστεί προς εκείνη την κατεύθυνση προς την οποία αυξάνεται ο αριθμός των mol των αερίων, ώστε να αυξηθεί η πίεση.

Επομένως η ισορροπία θα μετατοπιστεί δεξιά.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Σταθερές ισορροπίας

Σταθερά ισορροπίας K_c



Όταν δεν έχει αποκατασταθεί ακόμη η ισορροπία ισχύει η σχέση: $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$

$\Delta G =$ η ελεύθερη ενέργεια στη θερμοκρασία της ισορροπίας

$\Delta G^0 =$ η ελεύθερη ενέργεια σε πρότυπες συνθήκες

$R =$ η παγκόσμια σταθερά των αερίων

$T =$ η απόλυτη θερμοκρασία της ισορροπίας

$Q =$ πηλίκιο της αντίδρασης

$$Q = \frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$$

$[A], [B], [\Gamma], [\Delta] =$ οι συγκεντρώσεις

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Σταθερές ισορροπίας

Σταθερά ισορροπίας K_C

Στην ισορροπία θα ισχύει ότι $\Delta G=0$.

Επομένως η σχέση $\Delta G=\Delta G^0 + RT\ln Q$ γίνεται $\Delta G^0=-RT\ln K_C$ (1)

Το Q αντικαταστάθηκε από το K_C (σταθερά ισορροπίας) διότι τώρα χρησιμοποιούνται οι συγκεντρώσεις των Α, Β, Γ και Δ στην ισορροπία.

Από τη σχέση (1) προκύπτει ότι

$$K_C = e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}}$$

Επομένως η K_C εξαρτάται μόνον από τη θερμοκρασία επειδή όλα τα υπόλοιπα μεγέθη είναι σταθερά.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Σταθερές ισορροπίας

Σταθερά ισορροπίας K_c



Όταν μια ισορροπία είναι ενδόθερμη η ισορροπία, σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier, μετατοπίζεται δεξιά και επομένως η K_c αυξάνει.



Όταν μια ισορροπία είναι εξώθερμη η ισορροπία, σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier, μετατοπίζεται αριστερά και επομένως η K_c μειώνεται.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Σταθερές ισορροπίας

Σταθερά ισορροπίας K_c



$$K_c = \frac{[\Gamma]^\gamma [\Delta]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$$

1. Όταν $K_c > 1$ η ισορροπία είναι μετατοπισμένη δεξιά
2. Όταν $K_c < 1$ η ισορροπία είναι μετατοπισμένη αριστερά

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Σταθερές ισορροπίας

Σταθερά ισορροπίας K_c



Από τη σχέση $\Delta G^0 = -RT \ln K_c$ προκύπτει ότι:

1. Όταν η ισορροπία είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά ισχύει ότι $K_c > 1$ και επομένως $\Delta G^0 < 0$ (αυθόρμητη διαδικασία).
2. Όταν η ισορροπία είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά ισχύει ότι $K_c < 1$ και επομένως $\Delta G^0 > 0$ (μη αυθόρμητη διαδικασία).

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Δίνεται η ισορροπία



Πως θα επηρεασθεί η θέση της ισορροπίας εάν:

α) αυξηθεί η θερμοκρασία, β) μειωθεί η πίεση, γ) μειωθεί ο όγκος, δ) προστεθεί O_2 , ε) προστεθούν υδρατμοί.