

XVI Хемиска рамнотежа

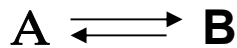
Хемиска рамнотежа

- ▶ За еден повратен реакциски систем, каде реактантите се трансформираат во продукти, но и продуктите реагираат меѓусебе и ги даваат почетните реактанти ($A \rightleftharpoons B$), во текот на хемиската реакција, возможно е да се постигнат услови при кои реакцијата привидно ќе запре, а при тоа се уште постојат мерливи количества од сите учесници во реакцијата (реактанти и продукти). Од тој момент, концентрациите на сите учесници во реакцијата не се менуваат.

Состојбата при која не доаѓа до промена на концентрациите на учесниците на реакцијата (реактанти и продукти) се нарекува состојба на хемиска рамнотежа.

- ▶ При состојбата на хемиската рамнотежа, брзините на директната и повратната реакција се еднакви. Односно, брзината на формирање на продуктите е еднаква на брзината со која продуктите се разложуваат до почетните реактанти.

Пример.



$$v_f = k_f c(A)$$

Брзина на директната реакција:

≍ k_f - константа на директната реакција

> Брзина на повратната реакција:

$$v_b = k_b c(B)$$

≍ k_b - константа на повратната реакција

- Вредностите на k_f и на k_b не се еднакви, бидејќи се однесуваат на две различни реакции, кои сочинуваат еден повратен реакциски систем (трансформацијата на А во В една реакција, а трансформацијата на В во А е друга реакција).

> **Пример.** Реакцијата започнува со определено количество само од реактантот А.

- ⌘ Во текот на реакцијата, реактантот А се троши, што значи дека брзината на директната реакција опаѓа во текот на времето.
- ⌘ Во истото време, концентрацијата на продуктот В расте, што значи дека и брзината на повратната реакција расте.
- ⌘ Во еден момент, брзините на двете реакции ќе се изедначат. Реакцијата стигнала во состојба на *хемиска рамнотежа*.

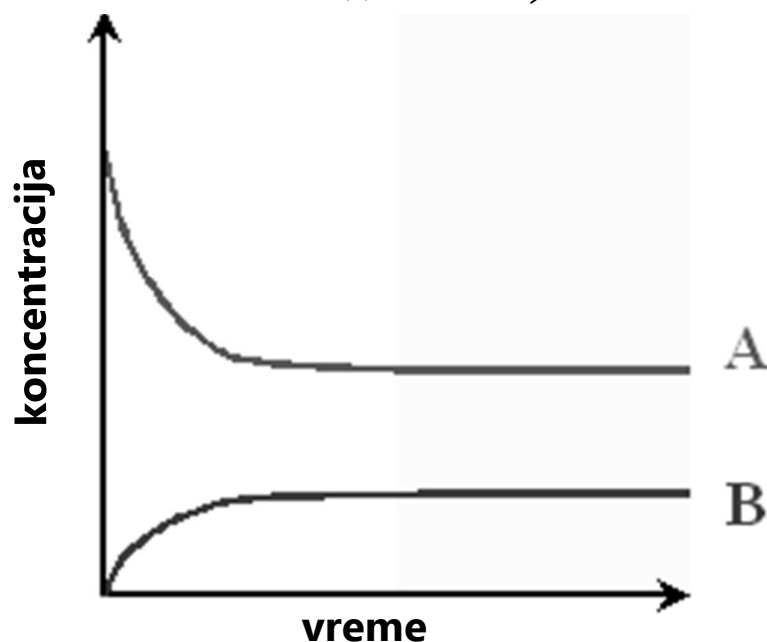
$$v_f = v_b$$

$$k_f c(A) = k_b c(B)$$

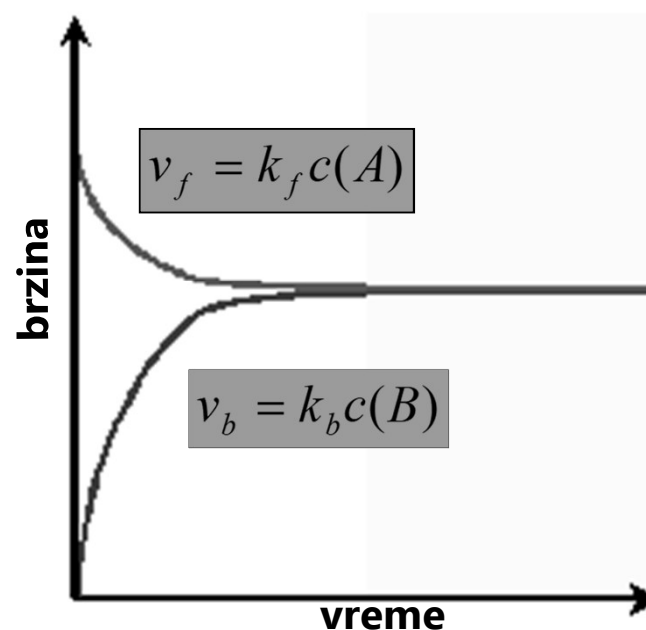
- ⌘ **Важно:** Изедначувањето на брзините на реакциите не значи и изедначување на концентрациите на А и В во условите на рамнотежата. Рамнотежните концентрации на А и В ќе бидат еднакви само ако $k_f = k_b$

- > После воспоставуњето на рамнотежата на хемиската реакција, концентрациите на учесниците не се менуваат, но тоа не значи дека реакциите не се одвиваат.
 - ⌘ Рамнотежата е динамичка!
 - ⌘ Реакциите се одвиваат, но нивните брзини се идентични. Одвивањето на хемиските реакции во услови на хемиска рамнотежа не доведува до промена на концентрациите на учесниците во реакцијата.

При хемиската рамнотежа концентрациите на учесниците се *константни* (тие не мора да бидат *идентични*).

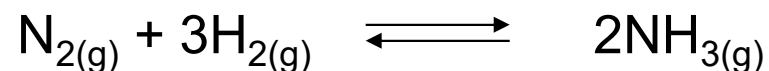


При хемиската рамнотежа брзините на реакциите се *идентични*.

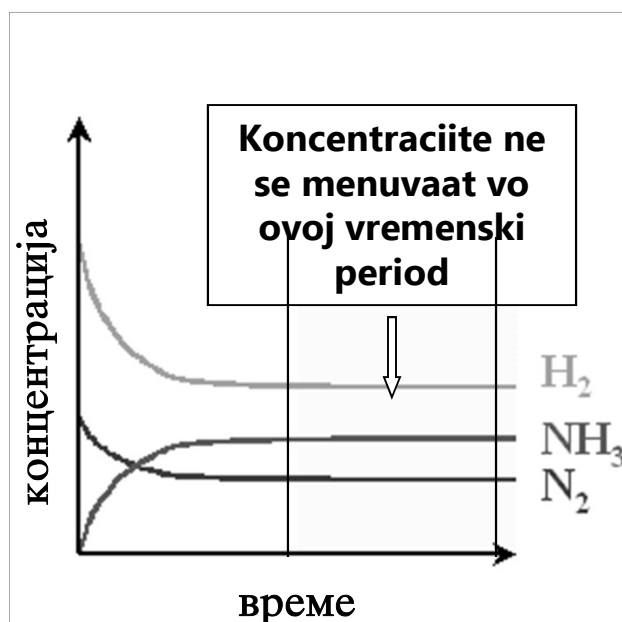
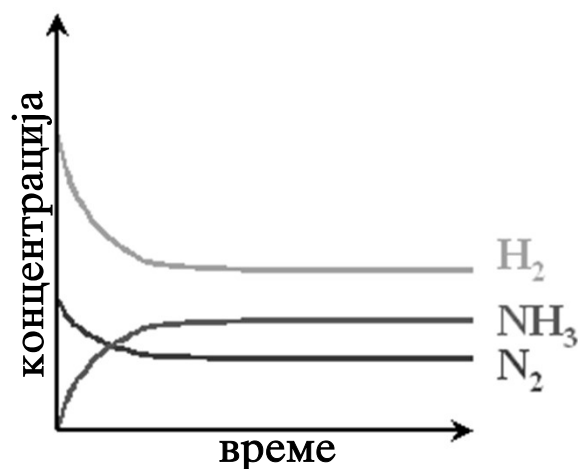


Константа на хемиската рамнотежа

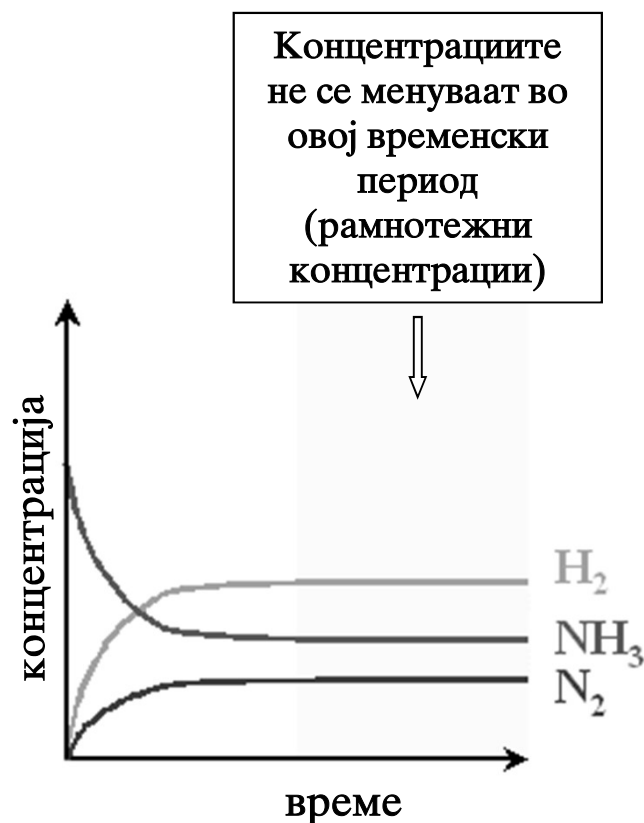
- ▶ Пример: Реакција за добивањена амонијак од гасовит азот и водород:



- ▶ Доколку реакцијата започне со определени количества само на реактантите, азот и водород, таа привидно запира после некое време, односно после постигнување на определени мерливи количества на сите учесници, азот, водород и амонијак. Поточно речено, после воспоставувањето на рамнотежата, реакцијата не запира, но концентрациите на реактантите и на продуктите не се менуваат од моментот на воспоставување на рамнотежата во понатамошниот тек на времето.



- ▶ Концентрациите што се постигнуваат при хемиската рамнотежа и коишто понатаму не се менуваат се нарекуваат **рамнотежни концентрации**.
- ▶ Интересно е што истите рамнотежни концентрации ќе бидат постигнати, доколку реакцијата во горниот пример започне само со определено количество на продуктот (амонијак).



$$v_f = v_b$$

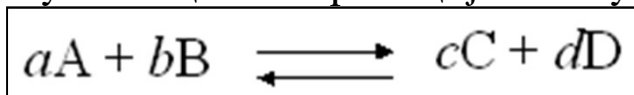
$$k_f c_r(A) = k_b c_r(B)$$

$$\frac{c_r(B)}{c_r(A)} = \frac{k_f}{k_b} = K_c (\text{const.})$$

Новата константа, дефинирана како однос на константите на брзината на директната и повратната хемиска реакција се нарекува константа на хемиската рамнотежа, K_c .

c_r - рамнотежна концентрација

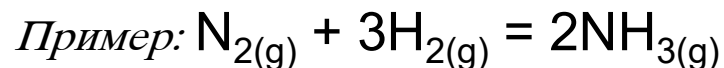
- *Законот за дејство на масите* (1864 Гулдберг и Њааге) го дефинира односот на концентрациите на учесниците во реакцијата во услови на хемиска рамнотежа.



> Пример:

$$K_c = \frac{c_r^c(C) c_r^d(D)}{c_r^a(A) c_r^b(B)}$$

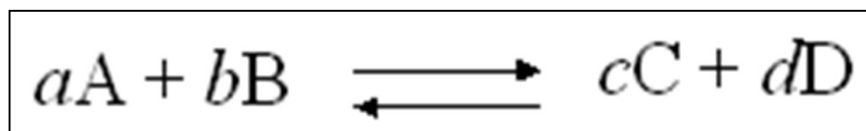
- > Според законот за дејство на масите, константата на рамнотежа се дефинира како однос од производот на рамнотежните концентрации на продуктите и производот од рамнотежните концентрации на реактантите. При тоа, секоја рамнотежна концентрација се степенува на стехиометрискиот коефициент на соодветниот учесник во реакцијата.



$$K_c = \frac{c_r^2(NH_3)}{c_r(N_2) c_r^3(H_2)}$$

Забелешка: Понекогаш, за рамнотежните концентрации наместо симболот $c_r(A)$ се користи $[A]$.

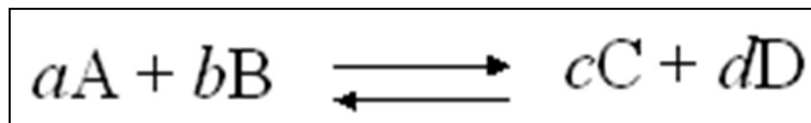
- ▶ Константата на рамнотежа дефинирана со рамнотежните концентрации на учесниците се нарекува **концентрациска константа на рамнотежа, K_c** (индексот **c** укажува на овој факт).
- ▶ Доколку сите учесници во реакционата смеса се гасови, тогаш константата на рамнотежа може да се дефинира и врз основа на парцијалните притисоци на учесниците во реакцијата при што се означува со **K_p** :



$$K_p = \frac{P^c(C)P^d(D)}{P^a(A)P^b(B)}$$

Забелешка: Парцијалниот притисок на гасна компонента во гасна смеса е еднаков на производ од вкупниот притисок на смесата и количинскиот удел на компонентата.

Значење на вредноста на константата на рамнотежа



$$K_c = \frac{c_r^c(C)c_r^d(D)}{c_r^a(A)c_r^b(B)}$$

- ▶ Каков заклучок може да се изведе ако вредноста на константата на рамнотежа е **ГОЛЕМА**?
 - > Броителот на дробката во изразот за **K_c** е многупати поголем од именителот.
 - > Тоа значи дека рамнотежните концентрации на продуктите се многу поголеми отколку на реактантите.
 - > Рамнотежата е значително **впоместена на десната страна**, односно, откако е постигната рамнотежата, реакцијата смеса главно се состои од продуктите на реакцијата.

- Каков заклучок може да се изведе ако вредноста на константата на рамнотежа е **МАЛА**?
- > Броителот на дробката во изразот за K_c е многу пати помал од именителот.
 - > Тоа значи дека рамнотежните концентрации на продуктите се многу помали отколку на реактантите.
 - > Рамнотежата е значително *впоместена на левата страна*, односно, откако е постигната рамнотежата, реакцијата смеса главно се состои од реактантите на реакцијата.

$K_c \gg 1$: Рамнотежната реакциона смеса главно се состои од продуктите на реакцијата.

$K_c \ll 1$: Рамнотежната реакциона смеса главно се состои од реактантите на реакцијата.

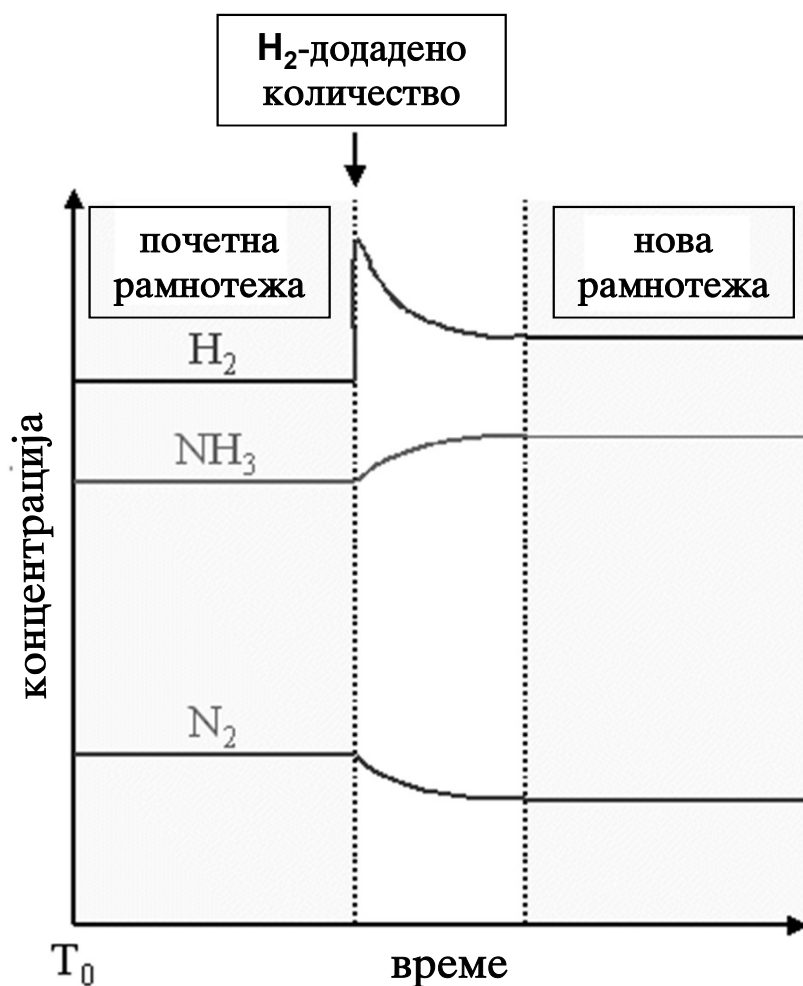
Поместување на хемиската рамнотежа и принципот на Le Chatelier

- ▶ Состојбата на рамнотежа е определена од температурата, рамнотежните концентрации и притисокот (доколку се работи за гасови) во реакциониот систем.
- ▶ Доколку еден реакционен систем се наѓа во состојба на хемиска рамнотежа и при тоа доаѓа до нарушување на условите што ја определуваат рамнотежата (температурата, рамнотежните концентрации и притисокот) тогаш реакциониот систем ќе биде отклонет од состојбата на рамнотежа при што ќе се насочи кон создавање на поголемо количество на продукти или реактанти, со цел да се спротистави на промената на условите, да го минимизира факторот што ја нарушува рамнотежата и да воспостави нова состојба на рамнотежа. Како што обично се вели, системот ја поместува рамнотежата во насока која се спротивставува на причината која доведува до нарушување на рамнотежата.

Промена на рамнотежните концентрации на реактантите или на продуктите

- > Одземање на определено количество продукт → рамнотежата се поместува кон страната на продуктите.
- > Одземање на реактант → рамнотежата се поместува кон страната на реактантите.
- > Додавање на продукт → рамнотежата се поместува кон страната на реактантите.
- > Додавање на реактант → рамнотежата се поместува кон страната на продуктите.

- ▶ Пример: $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$
- ▶ Системот е во рамнотежа. што е се случи ако додадеме определено количество $\text{H}_{2(g)}$ во рамнотежната смеса?



- На почетокот системот е во рамнотежа.
- Неговите концентрации не се менуваат во текот на времето.
- После додавањето на H_2 , системот настојува да го намали додаденото количество.
- Се создава ново количество на продуктот NH_3 .
- При тоа се намалува количеството на H_2 , но за тоа неопходно е да се намали и присутното количество на N_2 .

Заклучок: Со дадовање на H_2 , системот се поместува кон страната на продуктите, или како што обично се вели, *рамнотежата се поместила на десно*. Системот постигнал состојба на нова рамнотежа, односно се воспоставиле нови вредности за рамнотежните концентрации. Меѓутоа, нивниот однос повторно е еднаков на константата на рамнотежа.