

Хімічні реакції. Необоротні та оборотні хімічні процеси. Хімічна рівновага. Принцип Ле Шательє

Необоротні реакції відбуваються лише в одному напрямку аж до повної витрати одного з реагентів. Наприклад, реакція горіння магнію необоротна. Вона триватиме доти, доки не витратиться весь магній або (якщо реакція відбувається в закритій системі) кисень, який підтримує горіння (рис. 9.1). Натомість оборотні реакції відбуваються одночасно у двох протилежних напрямках - прямому та оберненому (рис. 9.2).



Рис. 9.1. Горіння магнію

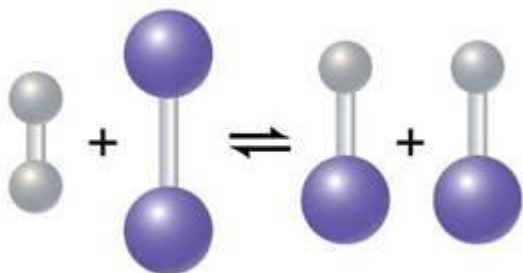


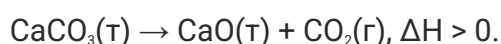
Рис. 9.2. Схематичне зображення оборотної реакції водню з йодом

Гідроген йодид - продукт взаємодії йоду з воднем - легко розкладається - відбувається обернена реакція. Швидкість прямої реакції спочатку максимальна. Згодом вона зменшується, бо поступово зменшується вміст водню та йоду. Натомість зростає швидкість оберненої реакції - адже вміст гідроген йодиду в реакційному середовищі збільшується. Через певний час після початку реакції швидкість прямої реакції зрівнюється зі швидкістю оберненої. Тому в реакційній суміші є й реагенти й продукти реакції: водень, йод і гідроген йодид.

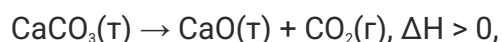
Реакція необоротна, якщо в реакційній суміші після завершення процесу не можна виявити хоча б один з реагентів.

Реакція оборотна, якщо після того, як швидкість оберненої реакції зрівняється зі швидкістю прямої реакції, у реакційній суміші є всі учасники реакції - і реагенти, і продукти.

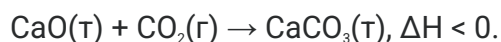
Розгляньмо реакцію термічного розкладання кальцій карбонату. У промисловості її використовують для добування негашеного вапна з вапняку:



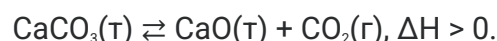
Якщо реакція відбувається у відкритій системі, то газуватий карбон(IV) оксид необоротно залишає сферу реакції. За таких умов реакція триває аж до повної витрати кальцій карбонату. Натомість у закритій системі (рис. 9.3) водночас відбувається як пряма реакція:



так і обернена реакція:



Тобто одночасно відбуваються два процеси - прямий і обернений:



Зверніть увагу: пряма реакція ендотермічна, а обернена - екзотермічна. Кількість теплоти, яка витрачається на розкладання кальцій карбонату, дорівнює кількості теплоти, яка виділяється внаслідок реакції між відповідними оксидами.

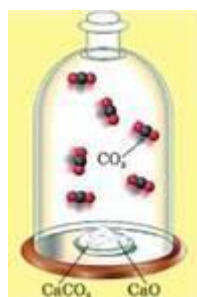


Рис. 9.3. У закритій системі реакція термічного розкладання кальцій карбонату оборотна. У реакційній суміші є кальцій карбонат, кальцій оксид і карбон(IV) оксид

Спочатку швидкість прямої реакції буде високою, однак зі зменшенням умісту реагентів пряма реакція поступово уповільнюватиметься. Оскільки внаслідок перебігу прямої реакції зростатиме вміст її продуктів, то пришвидшиться обернена реакція, для якої ці речовини є реагентами. Настане мить, коли швидкість прямої реакції дорівнюватиме швидкості оберненої реакції - система перейде в стан хімічної рівноваги. Обидві реакції триватимуть, однак вміст продуктів і реагентів із часом не змінюватимуться.

Принцип Ле Шательє. Чи можна зрушити хімічну рівновагу? Адже виробництво сульфатної кислоти, амоніаку, багатьох інших неорганічних і органічних речовин пов'язане з оборотними процесами. Якщо не керувати ними ззовні, неможливо буде отримати цільовий продукт хімічного виробництва. Ви вже знаєте, що на швидкість хімічних реакцій впливають вміст реагентів, температура та (для газуватих речовин) тиск. Тобто, змінивши ці умови, можна пришвидшувати чи уповільнювати як пряму, так і обернену реакції.

У 1864 році Анрі Ле Шательє (рис. 9.5) сформулював загальний принцип зміщення хімічної рівноваги:

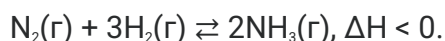
система, що перебуває в стані стійкої хімічної рівноваги, під зовнішнім впливом (зміною температури, тиску, умісту реагентів і продуктів реакції тощо) прагне повернутися до стану рівноваги, компенсавши дію впливу.



Рис. 9.4. Анрі Луї Ле Шательє (1850-1936, Франція), фізик і хімік, металознавець.

Сформулював (1884) загальний закон зміщення хімічної рівноваги. Досліджував високотемпературні процеси, сплави металів, сконструював металографічний мікроскоп. За активної участі Ле Шательє фізична хімія та хімічна технологія перетворилися на самостійні галузі науки, що активно розвиваються. Ле Шательє було удостоєно багатьох нагород: у 1886 р. він став кавалером ордена Почесного легіону, у 1916 р. одержав медаль Деві Лондонського королівського товариства

Розгляньмо приклади керування хімічною рівновагою відповідно до цього принципу. Синтез амоніаку з азоту та водню - оборотний процес:



Пряма реакція супроводжується виділенням тепла, а обернена, відповідно, його поглинанням. Якщо тепло надходитиме ззовні, то замкнута система має його поглинути - тобто пришвидшиться обернена реакція - розкладання амоніаку. Якщо ж тепло відводити із системи назовні, для компенсації його втрати має пришвидшитися пряма реакція. Тобто внаслідок підвищення температури рівновага екзотермічної реакції зміститься ліворуч, а ендотермічної - праворуч. Унаслідок зниження температури все відбудеться навпаки.

Ця реакція супроводжується зниженням тиску: за коефіцієнтами перед формулами речовин легко визначити, що в реакцію вступають газу, сумарна кількість речовини яких становить 4 моль, а утворюється газ кількістю речовини 2 моль. Тобто якщо підвищити тиск, то для компенсації цієї дії рівновага зміститься в бік прямої реакції. Якщо тиск знизити, то навпаки - у бік оберненої. Зверніть увагу: тиск у системі зумовлений лише газуватими речовинами.

Уміст реагентів і продуктів реакції також впливає на швидкість хімічної реакції. Зі збільшенням умісту реагентів та зменшенням умісту продуктів реакції пришвидшується пряма реакція, і навпаки - зі зменшенням умісту реагентів та збільшенням умісту продуктів реакції пришвидшується обернена реакція. Зверніть увагу: каталізатор однаковою мірою пришвидшує як пряму, так і обернену реакцію, тому на стан хімічної рівноваги не впливає.