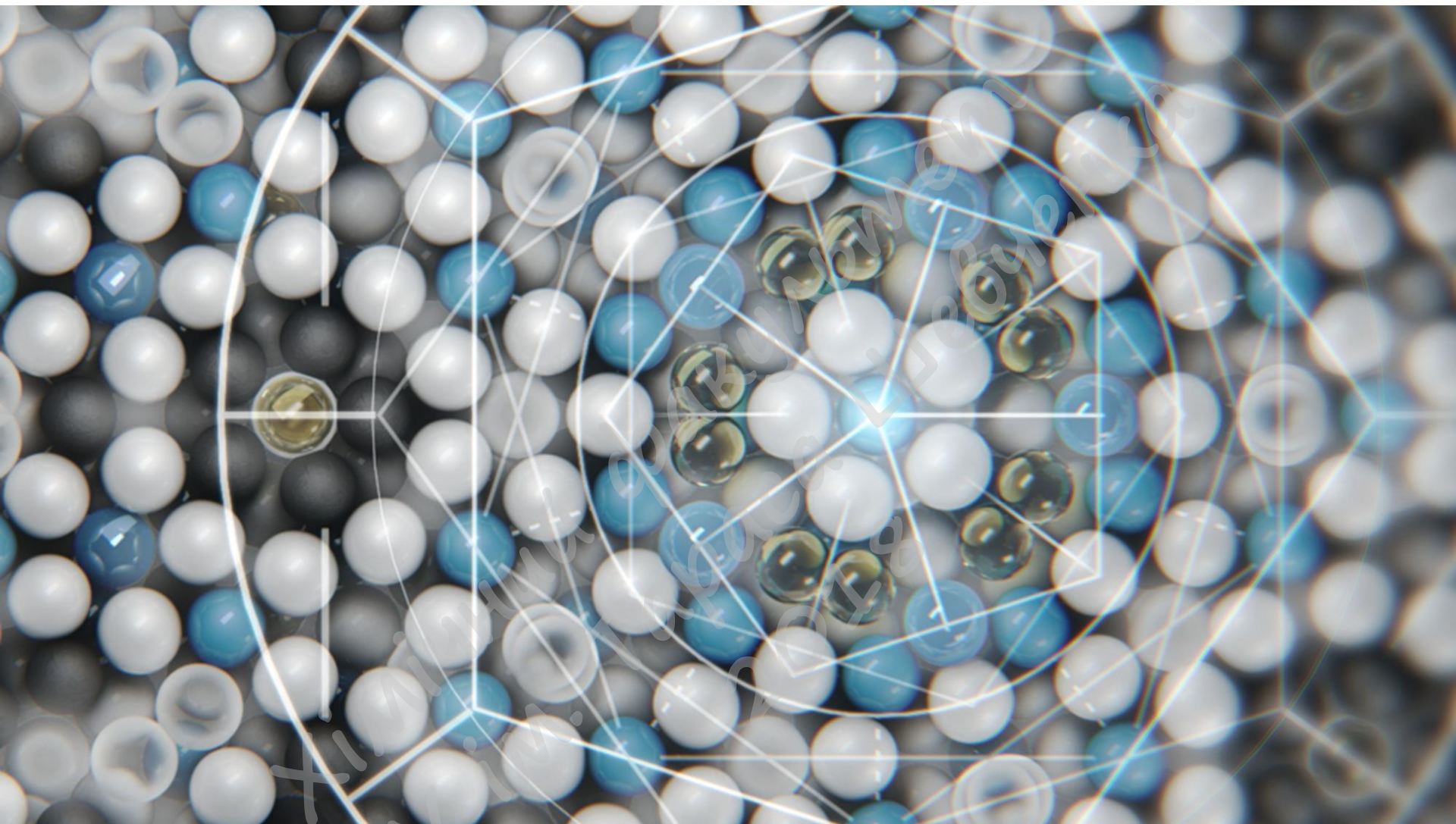




Лекція 4

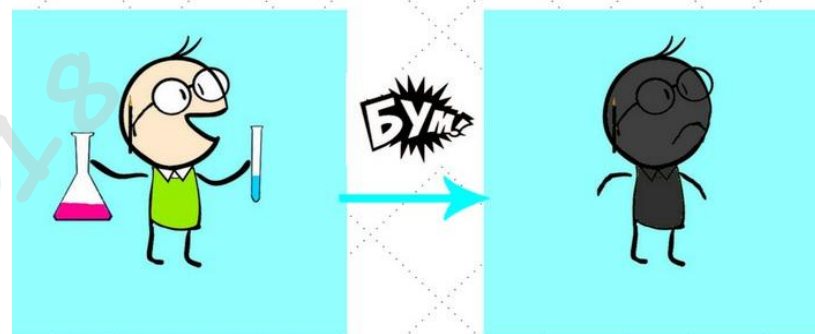
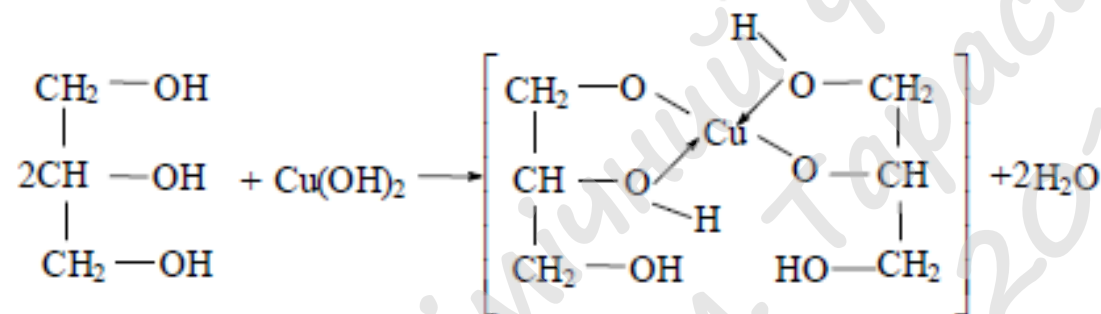
Що «приховує» хімічна реакція?

- Хімічна реакція (хімічне явище)** – процес, під час якого одна речовина перетворюється на інші відмінні за складом.



Зовнішні ефекти, що супроводжують хімічні реакції

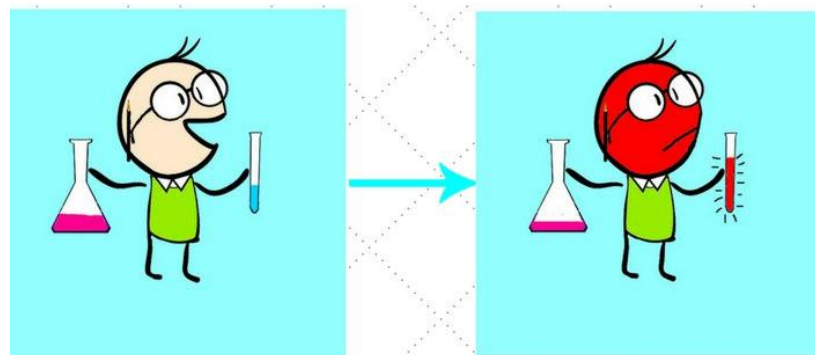
- Зміна забарвлення:** Утворення яскраво-синього розчину при реакції безбарвного гліцеролу та блакитного Купрум (II) гідроксиду



- Виділення або поглинання теплоти:** Екзотермічна реакція взаємодії оксиду кальцію з водою.

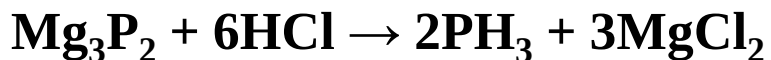


$$\Delta H = -882 \text{ кДж/моль}$$



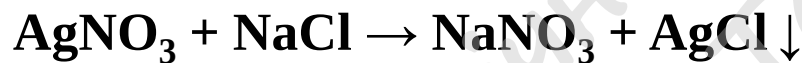
• **Поява /зникнення запаху:**

При реакції фосфіду магнію з хлоридною кислотою виділюється фосфін із запахом гниючої риби



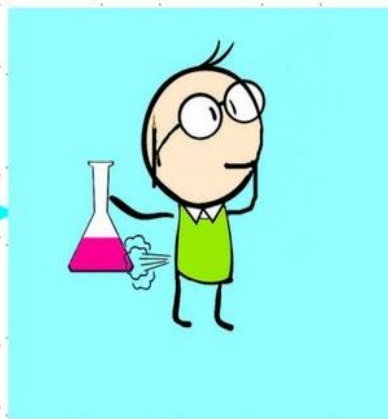
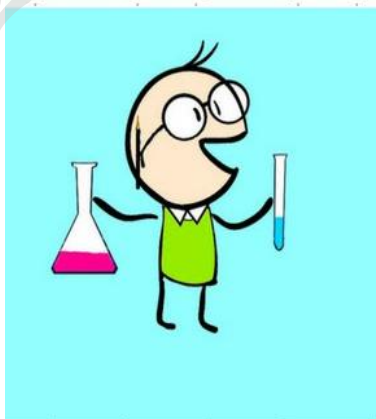
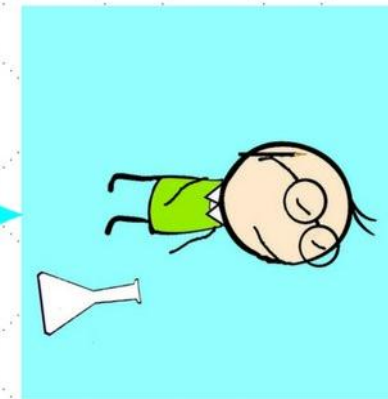
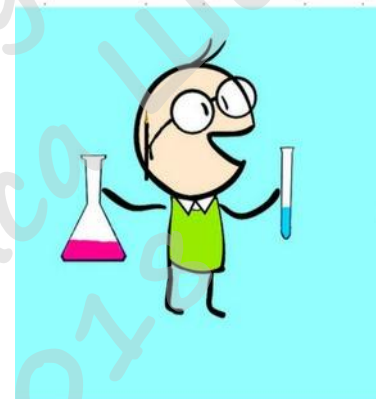
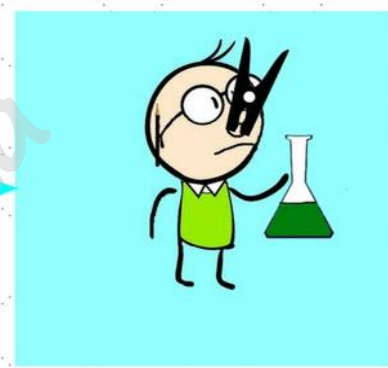
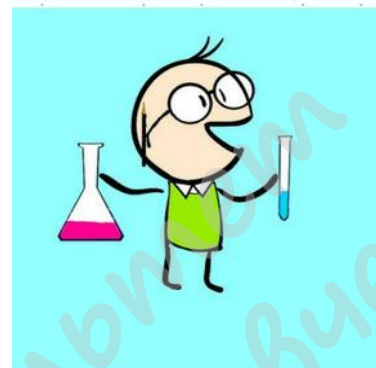
• **Утворення осаду:**

Утворення білого осаду при взаємодії нітрату срібла та хлориду натрію



• **Виділення газу:**

Утворення водню при розчиненні алюмінію у хлоридній кислоті

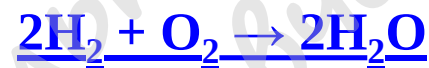


Класифікація хімічних реакцій

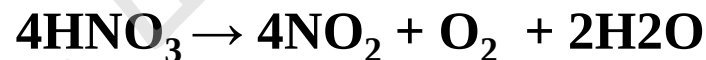
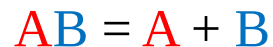


Класифікація за кількістю та складом реагентів та продуктів реакції

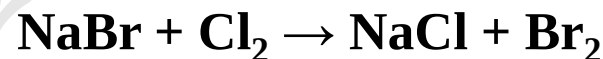
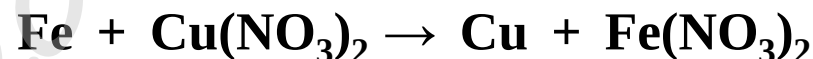
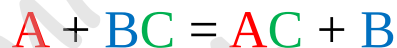
Сполучення



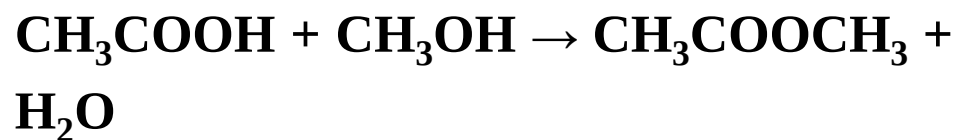
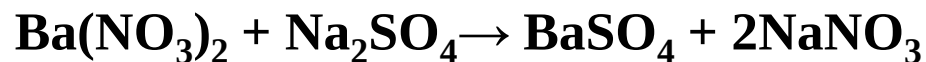
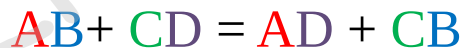
Розкладу



Заміщення



Обміну

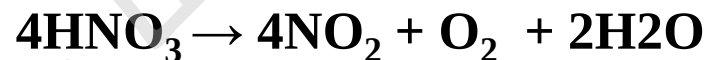
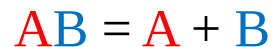


Класифікація за кількістю та складом реагентів та продуктів реакції

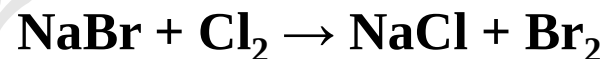
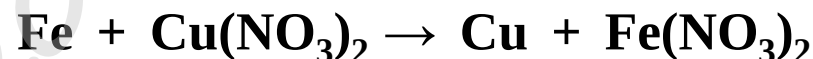
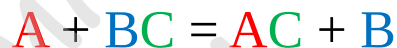
Сполучення



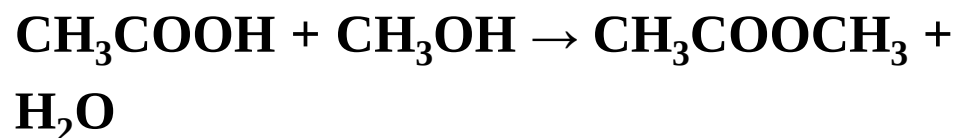
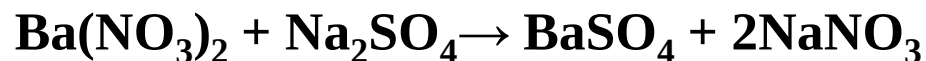
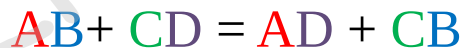
Розкладу



Заміщення

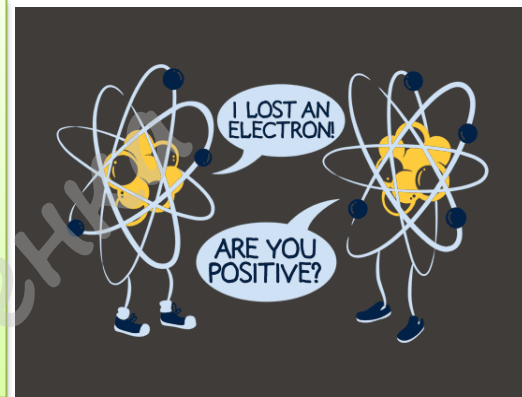


Обміну



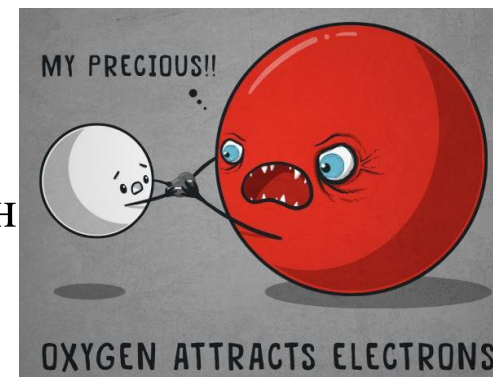
Що називається ступенем окиснення?

Ступінь окиснення – це умовний заряд атома в речовині, який виник би на атомі за умови, що спільні електронні пари повністю змістилися б до більш електронегативного елемента.



Правила для обчислення ступенів окиснення елементів:

- Ступінь окиснення елементів у простих речовинах дорівнює нулю
- У Флуору **F** ступінь окиснення завжди **-1**
- Ступінь окиснення **лужних металів** **+1**, **лужно-земельних** **+2**, у **Al** **+3**
- Ступінь окиснення **Оксигену** у більшості сполук **-2**
- У Гідрогену ступінь окиснення переважно **+1**
- У **галогенів** **-1** лише у бінарних сполуках, якщо галоген зв'язаний з менш електронегативним атомом (HBr^{-1} , NaI^{-1}).
- Сума ступенів окиснення елементів у сполуках завжди повинна дорівнювати нулю.



Вищий ступінь окиснення елемента – № групи

Мінімальний ступінь окиснення - № групи - 8 :

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетический уровень				
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII						
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б					
1	1	H ВОДОРОД 1,008	1															He ГЕЛИЙ 4,003	2			
2	2	Li ЛИТИЙ 6,941	3	Be БЕРИЛЛИЙ 9,0122	4	B БОР 10,811	5	C УГЛЕРОД 12,011	6	N АЗОТ 14,007	7	O КИСЛОРОД 15,999	8	F ФТОР 18,998	9			Ne НЕОН 20,179	10			
3	3	Na НАТРИЙ 22,99	11	Mg МАГНИЙ 24,312	12	Al АЛЮМИНИЙ 26,992	13	Si КРЕМНИЙ 28,086	14	P ФОСФОР 30,974	15	S СЕРА 32,064	16	Cl ХЛОР 35,453	17			Ar АРГОН 39,948	18			
4	4	K КАЛИЙ 39,102	19	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	20	Sc СКАНДИЙ 44,956	21	Ti ТИТАН 47,956	22	V ВАНАДИЙ 50,941	23	Cr ХРОМ 51,996	24	Mn МАРГАНЕЦ 54,938	25	Fe ЖЕЛЕЗО 55,849	26	Co КОБАЛЬТ 58,933	27	Ni НИКЕЛЬ 58,7	28	
	5	Cu МЕДЬ 63,546	29	Zn ЦИНК 65,37	30	Ga ГАЛЛИЙ 69,72	31	Ge ГЕРМАНИЙ 72,59	32	As МЫШЬЯК 74,922	33	Se СЕЛЕН 78,96	34	Br БРОМ 79,904	35			Kr КРИПТОН 83,8	36			
5	6	Rb РУБИДИЙ 85,468	37	Sr СТРОНЦИЙ 87,62	38	Y ИТРИЙ 88,906	39	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	40	Nb НИОБИЙ 92,906	41	Mo МОЛИБДЕН 95,94	42	Tc ТЕХНЕЦИЙ [99]	43	Ru РУТЕНИЙ 101,07	44	Rh РОДИЙ 102,906	45	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4	46	
	7	Ag СЕРЕБРО 107,868	47	Cd КАДМИЙ 112,41	48	In ИНДИЙ 114,82	49	Sn ОЛОВО 118,69	50	Sb СУРЬМА 121,75	51	Te ТЕЛЛУР 127,6	52	I ИОД 126,905	53			Xe КСЕНОН 131,3	54			
6	8	Cs ЦЕЗИЙ 132,905	55	Ba БАРИЙ 137,34	56	57–71 ЛАНТАНОИДЫ		72	Hf ГАФИЙ 178,49	73	Ta ТАНТАЛ 180,948	74	W ВОЛЬФРАМ 183,85	75	Re РЕНИЙ 186,207	76	Os ОСМИЙ 190,2	77	Ir ИРИДИЙ 192,22	78	Pt ПЛАТИНА 195,09	79
	9	Au ЗОЛОТО 196,967	79	Hg РУТУТЬ 200,59	80	Tl ТАЛЛИЙ 204,37	81	Pb СВИНЕЦ 207,19	82	Bi ВИСМУТ 208,98	83	Po ПОЛОНИЙ [210]	84	At АСТАТ [210]	85			Rn РАДОН [222]	86			
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	87	Ra РАДИЙ [226]	88	89–103 АКТИНОИДЫ		104	Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	105	Db ДУБНИЙ [262]	106	Sg СИБОРГИЙ [263]	107	Bh БОРИЙ [262]	108	Hn ХАНИЙ [265]	109	Mt МЕЙТНЕРИЙ	110		
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄						
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ								RH ₄		RH ₃		H ₂ R		HR								

Приклад

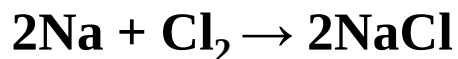
P +5 та $-(8 - 5) = -3$



Cl +7 та $-(8 - 1) = -1$



Причина зміни ступеня окиснення: приєднання або віддача електронів



Na переходить в йон Na^+ ,
віддаючи електрони,
отже, він — відновник.



Cl переходить в йон Cl^- ,
забираючи електрон,
отже, він — окисник.

Відновники

— атоми, молекули або йони, що віддають електрони.

Окисники

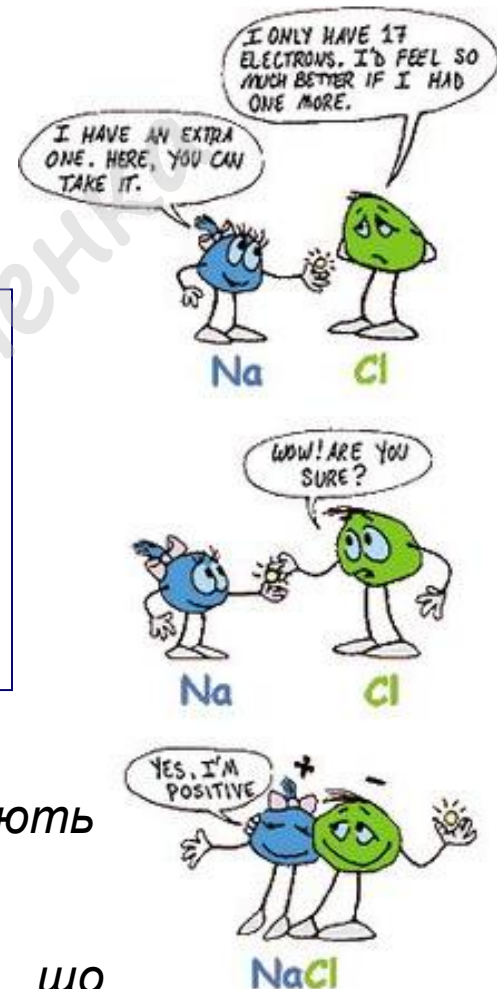
- атоми, молекули або йони, що приєднують електрони.

Відновлення

- процес приєднання електронів.

Окиснення

- процес віддавання електронів.



Хто може бути окисником? Хто відновником?

Сірка



Сульфатна кислота – окисник чи відновник?

Сульфур в сульфатній кислоті перебуває в *максимальному* ступені окиснення.



Він більше не може віддавати електрони



В ступені окиснення +6 Сульфур виступає **ЛИШЕ** окисником





Натрій сульфід – окисник чи відновник?

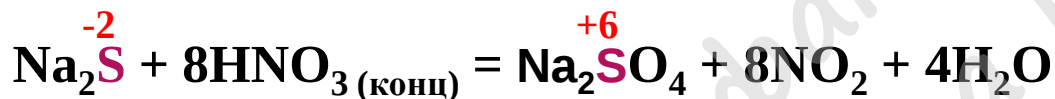
Сульфур в натрій сульфіді перебуває в **мінімальному** ступені окиснення.



Він більше не може приймати електрони



В ступені окиснення -2 Сульфур виступає **ЛИШЕ** **відновником**



Сульфору (IV) оксид – окисник чи відновник?

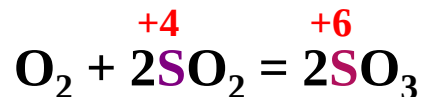
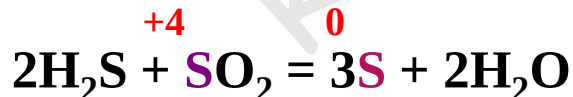
Сульфур в SO_2 перебуває в **проміжному** ступені окиснення.



Він може приймати та віддавати електрони



В ступені окиснення +4 Сульфур може виступати і **окисником**, і **відновником**

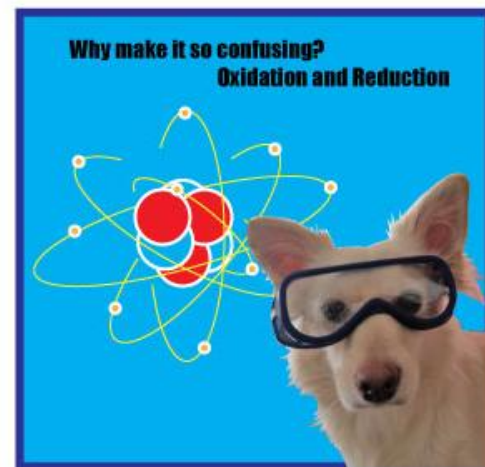


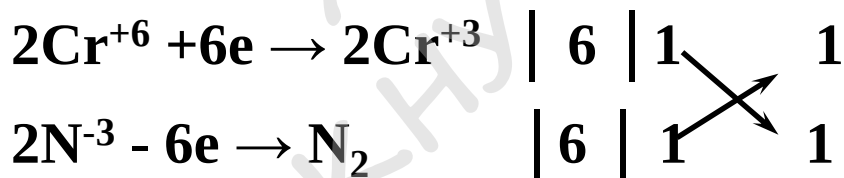
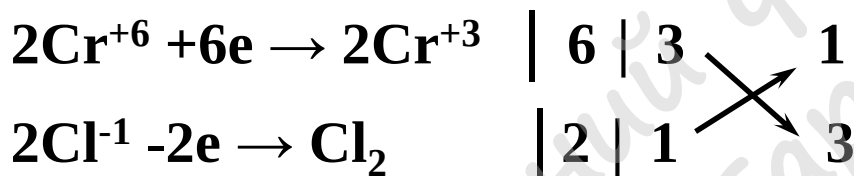
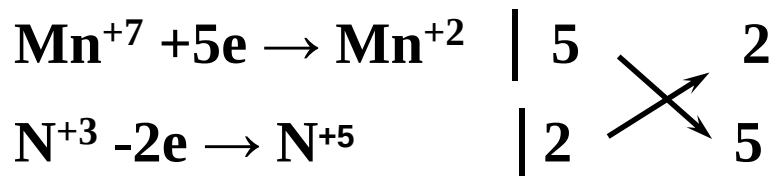
Метод електронного балансу

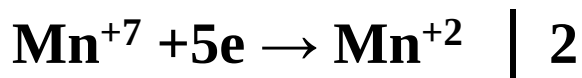
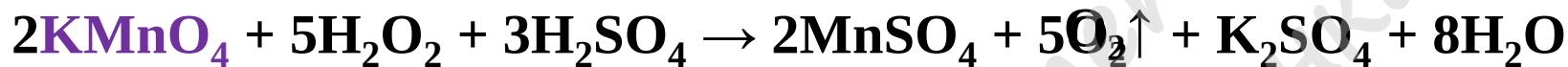
!!!

Кількість електронів, які втрачає одна частинка, дорівнює кількості електронів які забирає інша частинка.

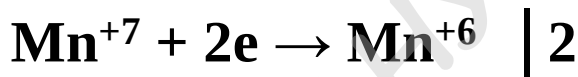
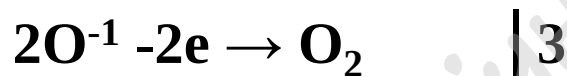
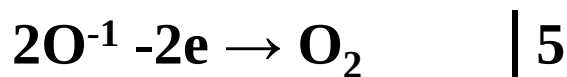
- *Написати рівняння*
- *Визначити ступені окиснення*
- *Написати процеси окиснення та відновлення*
- *Визначити кількість електронів, які віддає відновник*
- *Визначити кількість електронів, що приймає окисник*
- *Визначити їх найменше спільне кратне*
- *Визначити коефіцієнти*
- *Написати повне рівняння*





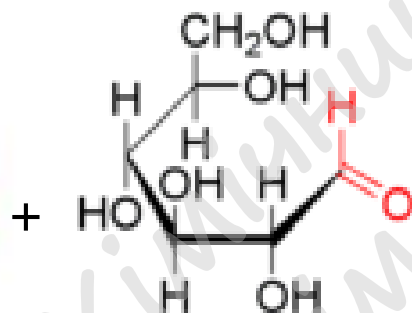
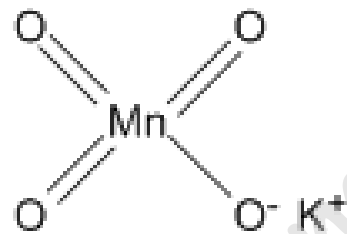


знебарвлення + виділення газу

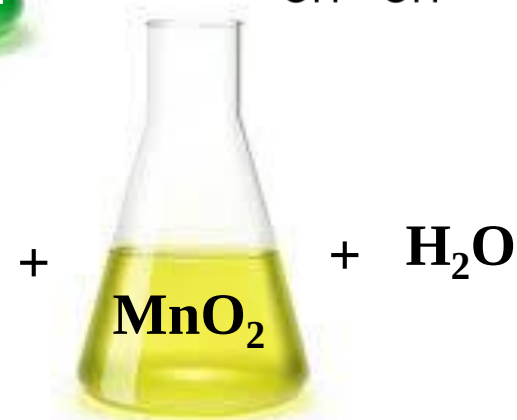
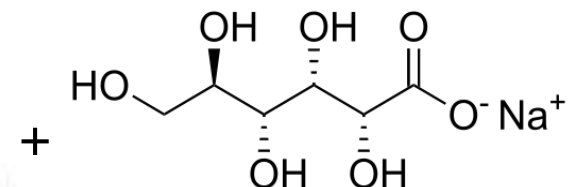


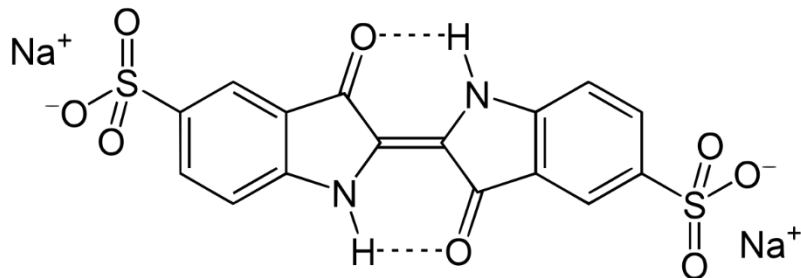
забарвлення розчину в зелений колір



$$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{Mn} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O}^- \text{K}^+ \end{array}$$


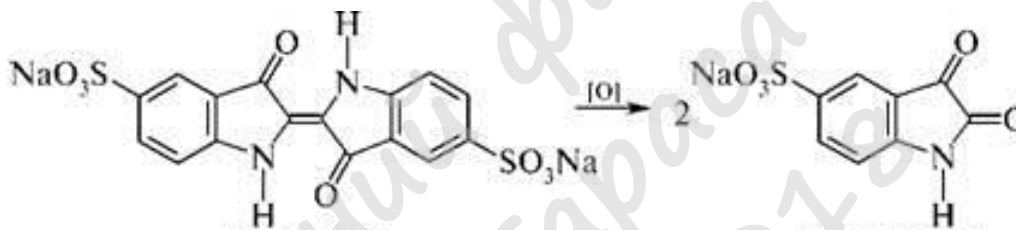
Реакція “сфїтофор”



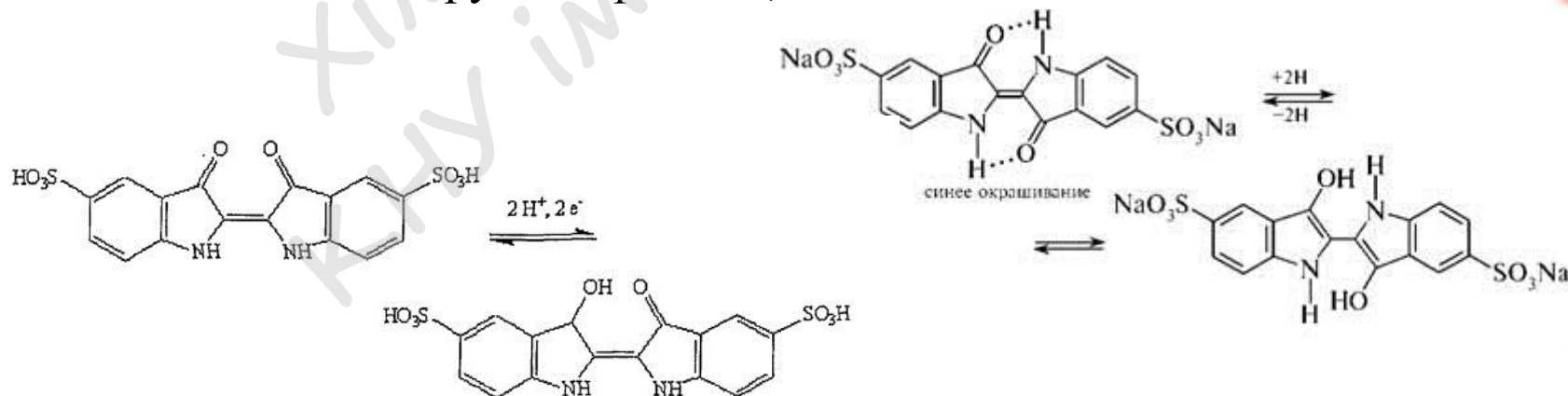


Індигокармін - динатрієва сіль індиго-5,5'-дисульфокислоти

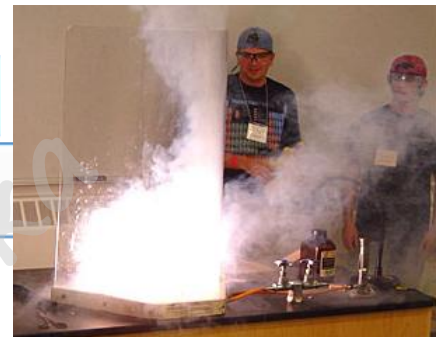
- Окиснення індигокарміну в лужному середовищі під дією кисню. Колір змінюється із синього на зелений.



- Глюкоза відновлює індигокармін, що зумовлює зміну забарвлення з зеленого кольору на червоний, а згодом на жовтий.

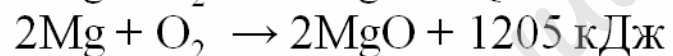
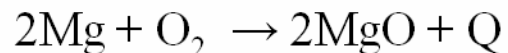


Класифікація реакцій за тепловим ефектом



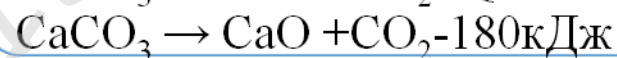
Екзотермічні

Відбуваються з **виділенням** тепла

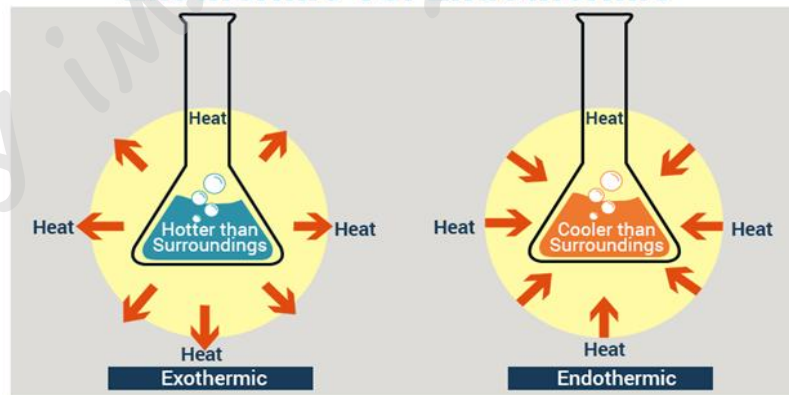


Ендотермічні

Відбуваються з **поглинанням** теплоти



Exothermic Vs. Endothermic



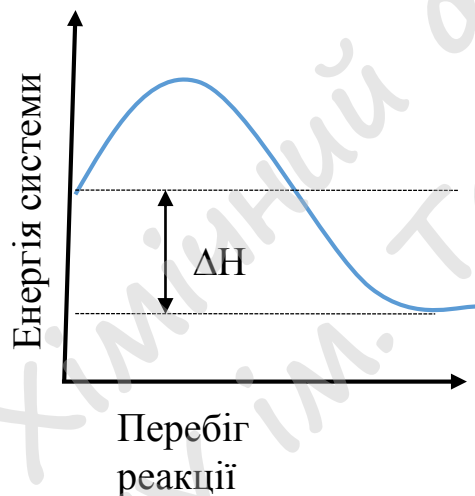
Тепловий ефект реакції

- кількість теплоти (в кДж), що виділяється чи поглинається під час хімічних реакції.

Кожна речовина при сталих тиску і температурі мають запас внутрішньої енергії

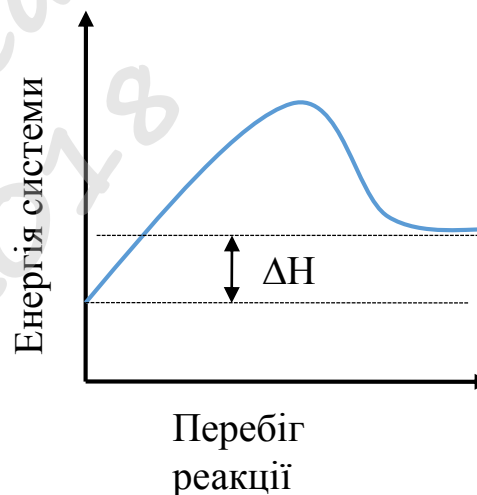
Кінетична енергія руху атомів, молекул або йонів

$$E_{\text{реагентів}} > E_{\text{продуктів}}$$



Екзотермічна реакція

$$E_{\text{реагентів}} < E_{\text{продуктів}}$$



Ендотермічна реакція

Ентальпія

ΔH – показує різницю між вмістом енергії у вихідних речовинах і кінцевих продуктах

Ентальпія утворення ($\Delta H_{\text{утв}}$) – тепловий ефект реакції утворення одного моль речовини зі стійких простих речовин

Ентальпія згорання ($\Delta H_{\text{згор}}$) – тепловий ефект реакції повного згорання одного моль речовини в надлишку кисню

Закон Гесса

Тепловий ефект реакції залежить від стану вихідних речовин і кінцевих продуктів, але не залежить від проміжних стадій реакції.

Як наслідок із закону Гесса: тепловий ефект реакції можна порахувати через ентальпії утворення (або згорання) її продуктів та реагентів.

$$\Delta H = \sum H_{\text{утв.}}(\text{продуктів}) - \sum H_{\text{утв.}}(\text{реагентів})$$

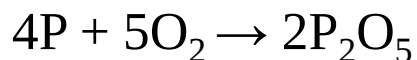
$$\Delta H = \sum H_{\text{згор.}}(\text{реагентів}) - \sum H_{\text{згор.}}(\text{продуктів})$$

Складіть термохімічне рівняння горіння червоного фосфору, якщо при спалюванні у 7,2 дм³ кисню 7,75 г фосфору виділилося 186,5 кДж теплоти. Вказати ентальпію згоряння фосфору та ентальпію утворення отриманого оксиду.

Розв'язок

$$\nu(\text{P}) = 7,5 / 31 = 0,25 \text{ моль} \quad \nu(\text{O}_2) = 7,2 / 22,4 = 0,32 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{P}) : \nu(\text{O}_2) = 0,25 : 0,32 = 4 : 5$$



Знайдемо ΔH реакції.

$$0,25 \text{ моль P} \text{ відповідає } -186,5 \text{ кДж}$$

$$4 \text{ моль P} \text{ відповідає } \Delta H \quad \Delta H = 16 * (-186,5) = -2984 \text{ кДж}$$

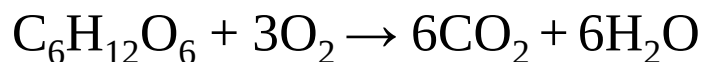


$$\Delta H_{\text{згор}}(\text{P}) = -2984 / 4 = -746 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{утв}}(\text{P}_2\text{O}_5) = -2984 / 2 = -1492 \text{ кДж/моль}$$

Обчисліть зміну ентальпії у реакції повного окиснення глюкози, якщо відомо ентальпії утворення: $\Delta H_{\text{утв}}(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж}$, $\Delta H_{\text{утв}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{рід})}) = -285,8 \text{ кДж}$ та $\Delta H_{\text{утв}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -1273 \text{ кДж}$.

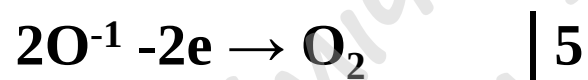
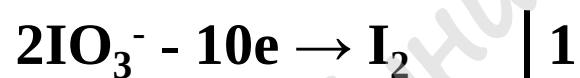
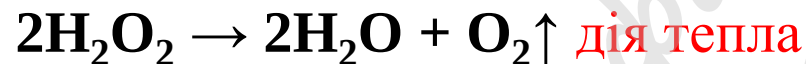
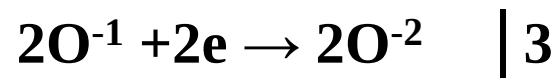
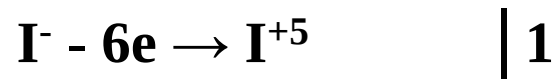
Розв'язок



$$\Delta H = \sum H_{\text{утв.}}(\text{продуктів}) - \sum H_{\text{утв.}}(\text{реагентів})$$

Оскільки $H_{\text{утв.}}(\text{O}_2) = 0$ (тому що стабільна проста речовина!!!)

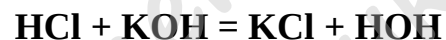
$$\Delta H = 6*(-393,5) + 6*(-285,8) - (1*(-1273) + 3*0) = -2802,8 \text{ кДж}$$



Реакції

Необоротні

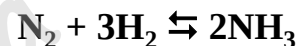
Хімічні реакції, що відбуваються в одному напрямку до повного перетворення вихідних речовин у продукти реакції



Оборотні

Хімічні реакції, що за однакових умов відбуваються у двох протилежних напрямках: прямому і зворотному

У рівняннях оборотних реакцій замість «=» ставиться « $\leftrightarrow$ »



Хімічна рівновага – стан оборотної реакції, у якому швидкість прямої реакції та зворотної реакції однакові



$$v_{\text{прямої р-ції}} = v_{\text{зворотної р-ції}}$$



Принцип Ле Шательє:

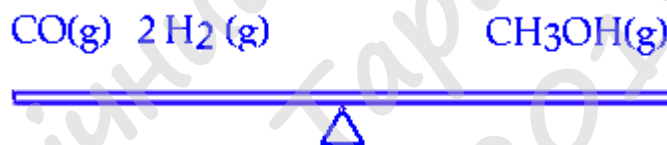
Якщо на систему в стані хімічної рівноваги чинити якусь дію (змінити тиск, температуру, концентрацію речовин), то рівновага зміщується в бік той реакції, яка послаблює цю дію.



1884

Розглянемо реакцію: $\text{CO (g)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$

При рівновазі:



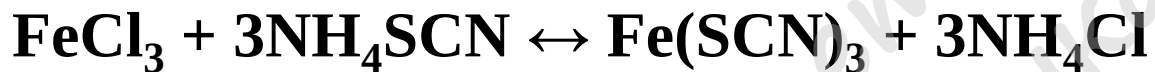
Якщо додати CO(g)



Для того щоб повернутись у стан рівноваги певна кількість CO та H_2 перетворюється у CH_3OH

При додаванні CO рівновага зміщується у бік утворення продуктів

Зміщення хімічної рівноваги



1. Збільшуємо концентрацію FeCl_3



2. Збільшуємо концентрацію NH_4SCN

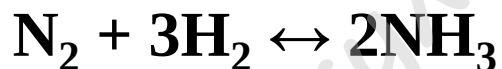


2. Збільшуємо концентрацію NH_4Cl



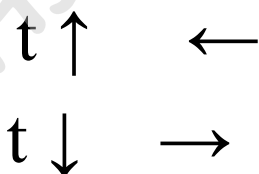
Вплив зміни концентрації

При підвищенні концентрації (або парціального тиску) вихідних речовин рівновага зміщується в бік продуктів реакції, а при зниженні концентрації вихідних речовин – у бік вихідних речовин.



Вплив зміни температури

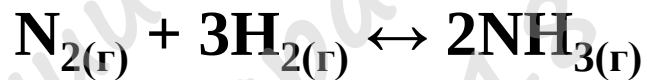
При підвищенні температури рівновага зміщується в бік ендотермічної реакції, а при зниженні температури – в бік екзотермічної реакції.



Вплив зміни тиску

При підвищенні загального тиску рівновага зміщується в бік тих речовин, що займають менший об'єм (враховується об'єм лише газів).

При зниженні тиску рівновага зміщується в бік речовин, що займають більший об'єм.



Якщо об'єми газоподібних речовин в оборотній реакції не змінюються, то зміна тиску не впливає на стан хімічної рівноваги.

Поняття про швидкість реакції

Різні реакції відбуваються протягом різного часу. Іржа на залізних виробах утворюється за кілька місяців/років, горіння свічки триває кілька годин, а вибух відбувається майже миттєво — за частки секунди.



Швидкість хімічної реакції дорівнює відношенню зміни кількості речовини реагентів або продуктів реакції в одиниці об'єму (як правило в одному літрі) до проміжку часу:

$$\vartheta = \pm \frac{v_2 - v_1}{V(t_2 - t_1)} = \pm \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = \pm \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

c - молярна концентрація, [моль/л]; t - час, [сек];

v - швидкість хімічної реакції, [моль/л·с];

V - об'єм, [л]; v - кількість речовини, [моль]

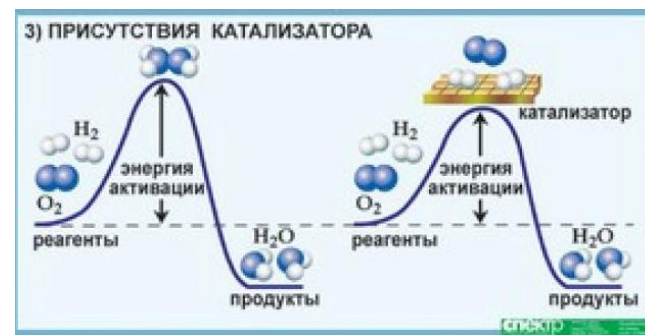
Швидкість хімічної реакції залежить від багатьох чинників:

- природи речовин,
- температури,
- тиску / концентрації,
- ступеня подрібнення / дисперсності
- (поверхні контакту речовин)
- наявності каталізатора та інгібітора.



Швидкість реакції **підвищується** в разі:

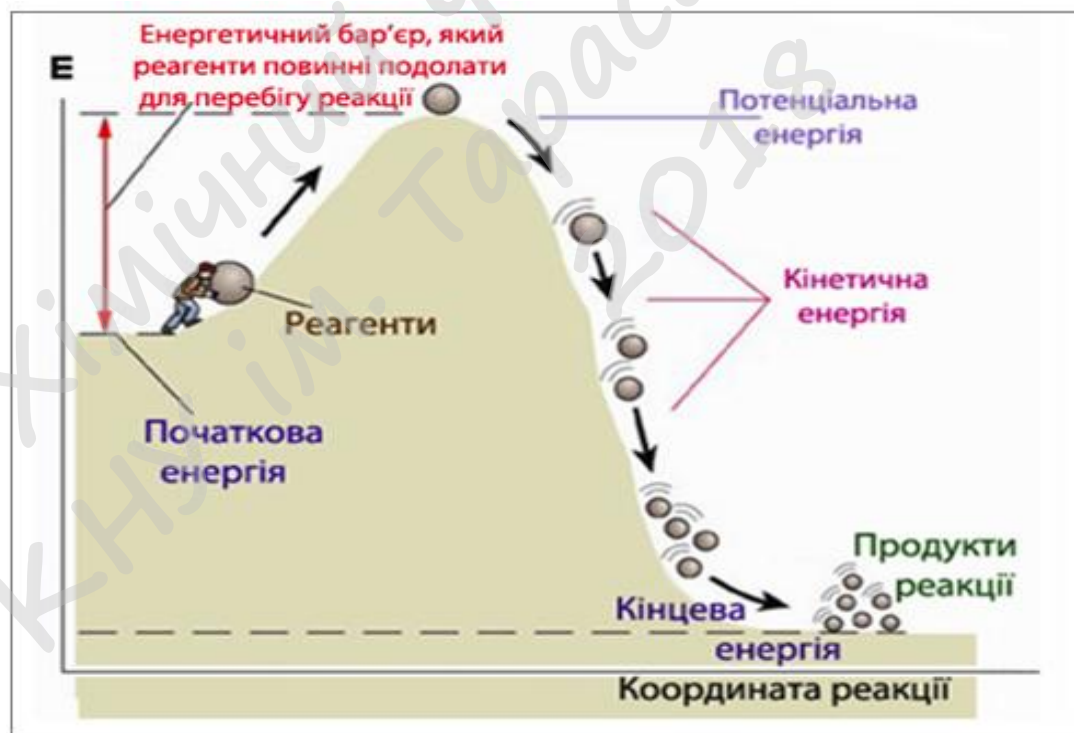
- використання хімічно більш активних речовин;
- збільшення концентрації реагентів;
- подрібнення реагентів;
- підвищення температури;
- використання каталізаторів.



Емпіричне правило Вант-Гоффа:

при підвищенні температури реакційного середовища на кожні десять градусів (10°C) швидкість хімічного процесу зростає у 2-4 рази (γ - температурний коефіцієнт реакції):

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

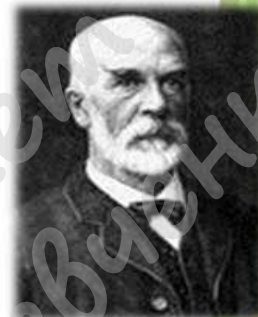


Закон діючих мас 1867 рік

Швидкість хімічної реакції пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин, взятих у ступенях рівних їх коефіцієнтам в рівнянні реакції.

Цей закон ще називають законом діючих мас.

Норвезькі
дослідники
Гульдберг
Като
Максиміліан



Петер
Вааге



1865 рік - російський
вчений
Н.І. Бекетов



$$v = k (c(A))^{\alpha} (c(B))^{\beta}$$

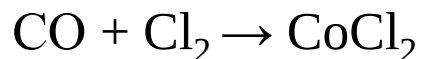
$C(A)$, $C(B)$ - молярні концентрації речовин А та В;

v , k - швидкість та константа швидкості хімічної реакції;

α , β - коефіцієнти реакції (у випадку простої реакції)

У хімічному реакторі, де відбувається взаємодія за рівнянням $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoCl}_2$, концентрацію CO збільшили від 0,3 до 1,2 моль/л, а концентрацію Cl_2 збільшили від 0,2 до 0,6 моль/л. У скільки раз збільшилась швидкість прямої реакції?

Розв'язок



$$\vartheta = k(c(\text{CO}))(c(\text{Cl}_2))$$

$$\vartheta_1 = k(0,3)(0,2)$$

$$\vartheta_2 = k(1,2)(0,6)$$

$$\vartheta_2 / \vartheta_1 = 12$$

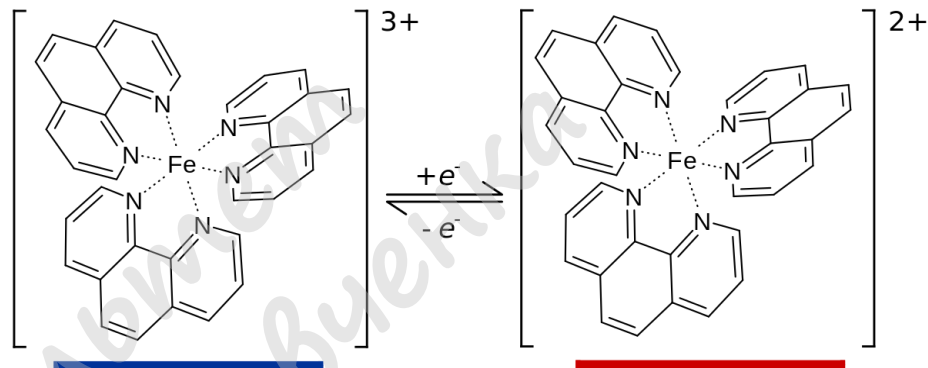
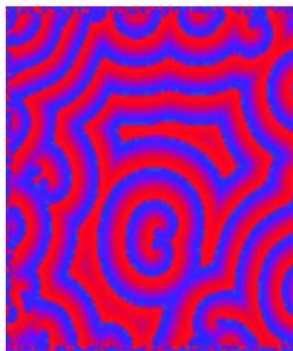
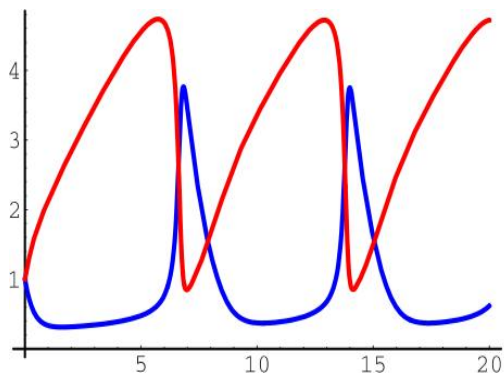
При охолодженні від 80 до 50 °С швидкість системи зменшилася у 27 раз. Встановити на скільки зросте швидкість реакції при збільшенні температури від 60 до 100 °С.

Розв'язок

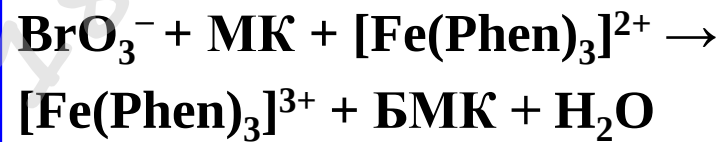
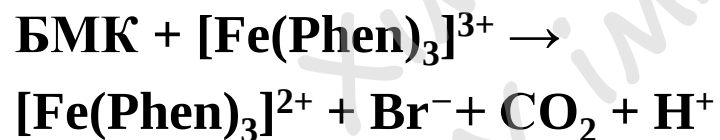
$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$$\frac{1}{27} = \gamma^{\frac{50 - 80}{10}} = \gamma^{-3} \quad \gamma = 3$$

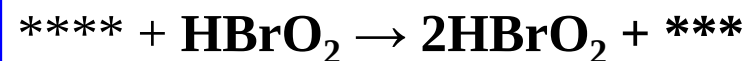
$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = 3^{\frac{100 - 60}{10}} = 3^4 = 81$$



проміжна речовина HBrO_2



містить автокаталітичну стадію



Хімічний факультет
КНУ ім. Тараса Шевченка
2018