ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ
ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Гетерогенді катализ. Катализатордың бетіндегі адсорбция. Гетерогенді каталитикалық реакцияның негізгі сатылары. Гетерогенді каталитикалық реакцияның кинетикасы, Лэнгмюрдің адсорбциялық теориясы.

Химия және химиялық технология факультеті, Физикалық химия, катализ және мұнайхимия кафедрасының оқытушысы

PhD Савденбекова Б.Е.

Алматы, 2026

Дәрістің мақсаты

Гетерогенді катализдің негізгі заңдылықтарын, катализатордың бетінде жүретін адсорбция процесін, гетерогенді каталитикалық реакцияның негізгі сатыларын, реакция кинетикасын және Ленгмюрдің адсорбциялық теориясын түсіндіру; катализатордың реакция жылдамдығы мен активтену энергиясына әсерін талдауға мүмкіндік беру.

Бақылау сұрақтары

1. Адсорбция дегеніміз не? Физикалық және химиялық адсорбцияның айырмашылығы неде?
2. Гетерогенді каталитикалық реакцияның негізгі сатыларын қандай ретпен орналастыруға болады?
3. Катализатордың адсорбциясы реакцияның активтену энергиясына қалай әсер ететінін талдаңыз.
4. Ленгмюрдің адсорбциялық теориясының гетерогенді каталитикалық реакцияларды түсіндірудегі маңызын бағалаңыз.
5. Гетерогенді каталитикалық реакцияның негізгі сатыларын көрсететін сызба

Жоспар

- Аррениус заңының қалыптасуы және химиялық кинетикадағы теориялық маңызы.
- Аррениус теңдеуі және оның дифференциалдық, интегралдық және логарифмдік түрлері.
- Активтену энергиясы туралы түсінік. Активтену энергиясының физикалық мәні және реакция жылдамдығына әсері.
- Реакция жылдамдығы константасының температураға тәуелділігі және экспоненциалдық фактордың физикалық мағынасы.
- Активтену энергиясын анықтаудың эксперименттік әдістері. Әртүрлі температурадағы кинетикалық өлшеулерді қолдану.
- Активтену энергиясын Аррениус графигі арқылы анықтау. $\ln k$ – $1/T$ тәуелділігі және графиктің көлбеу бұрышының физикалық мағынасы.
- Активтену энергиясын есептеудің екі температураға негізделген әдісі.

Теріс активтену энергиясы туралы түсінік. Оның пайда болу себептері және химиялық реакциялардың күрделі механизмдерімен байланысы.

Теріс активтену энергиясының кинетикалық ерекшеліктері және температура жоғарылаған кезде реакция жылдамдығының төмендеу жағдайлары.

Оң және теріс активтену энергияларының физикалық мағынасын салыстыру және Аррениус заңының қолданылу шектері.



Гетерогенді катализ

Катализатор мен реагент **әртүрлі фазада** болады. Реакция тек катализатор бетінде жүреді — катализатор жаңа реакция жолын береді, активтену энергиясын төмендетеді және реакция соңында өзгеріссіз қалады.

💡 **Есте сақта!** Гетерогенді катализ = реакция бетте жүреді. Катализатор — таудағы туннель сияқты: тауға шығудың орнына туннель арқылы өтесің. Жол қысқарады, бірақ соңғы жететін жер өзгермейді.

Made with GAMMA

ГОМОГЕНДІ ЖӘНЕ ГЕТЕРОГЕНДІ КАТАЛИТИКАЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАРДЫҢ АЙЫРМАШЫЛЫҒЫ

ГОМОГЕНДІ КАТАЛИЗ	ГЕТЕРОГЕНДІ КАТАЛИЗ
Катализатор мен реагенттер бір фазада болады	Катализатор мен реагенттер әр түрлі фазада болады

Сипаттамасы	Гомогенді катализ	Гетерогенді катализ
Фазалар	Катализатор және реагенттер бір фазада	Катализатор және реагенттер әр түрлі фазада
Катализатордың күйі	Көбіне сұйық немесе газ күйінде (иондар, молекулалар)	Қатты күйде (бетінде реакция жүреді)
Реакция орны	Қоспаның бүкіл көлемінде молекулалық деңгейде	Катализатордың бетінде
Мысал	Эстердің гидролизі (H^+ катализі), ферментативті катализ	Аммиак синтезі (Fe кат.), сутек пероксидінің ыдырауы (MnO_2 кат.)
Катализаторды бөлу	Қиын (қоспаның ішінде еріген)	Оңай (қатты катализатор сүзу немесе тұндыру арқылы бөлінеді)

Каталитикалық активтілік

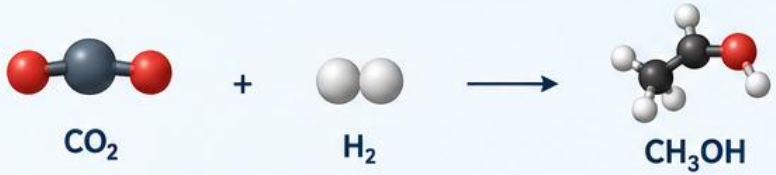
Катализатордың реакцияны қаншалықты тез жүргізетінін көрсетеді.

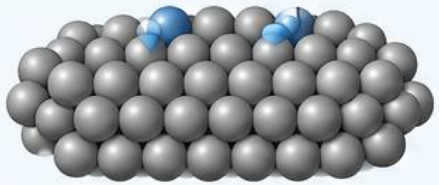


Активтілік қалай анықталады?

- Реакция жылдамдығы (k, TOF)
- Айналу саны (TON)
- Белсендіру энергиясы (E_a)
- Конверсия дәрежесі (X)

Мысал: $H_2 + CO_2 \rightarrow CH_3OH$ (метанол синтезі)



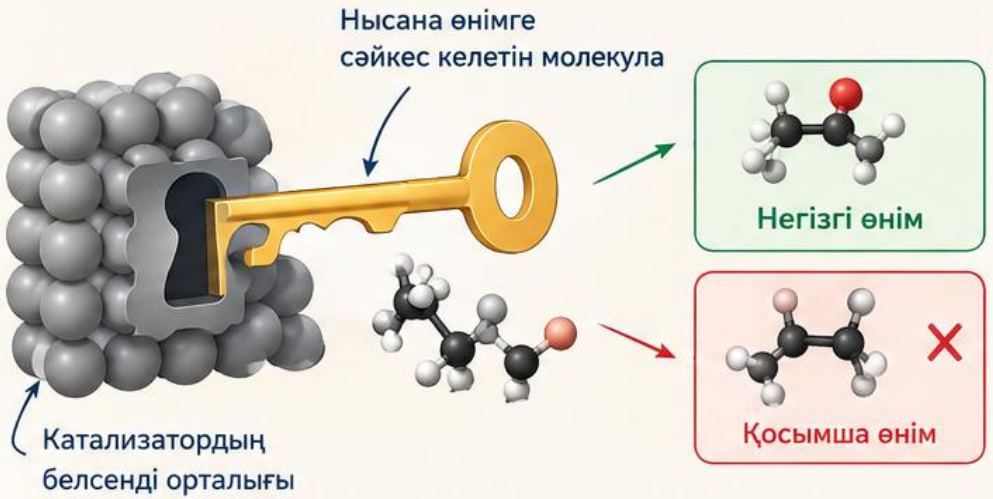


Катализатор (мысалы, Ni)

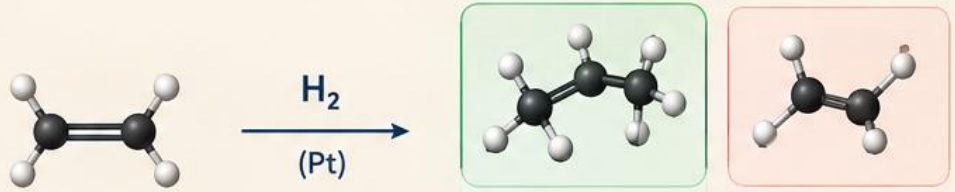
↑ Активтілік = реакцияның жылдам жүруі

Каталитикалық селективтілік

Бір реакцияның ішінде қай өнімнің негізгі түрде түзілетінін анықтайды.



Мысал: пропиленнің гидрлеуі

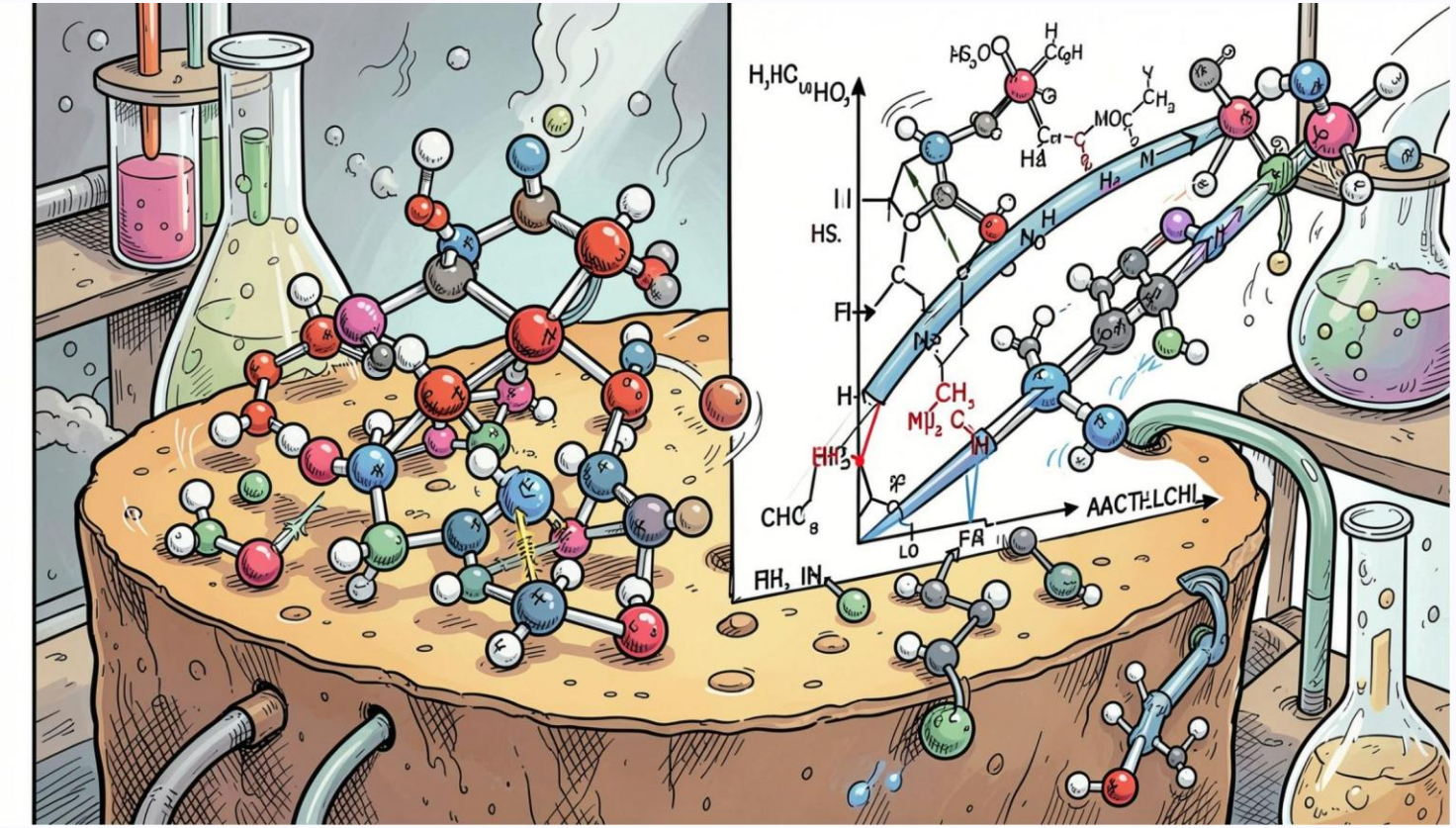


Пропилен (C_3H_6)

Пропан (негізгі өнім)

Басқа өнім (қосымша)

Неліктен реакция жылдамдайды?



Адсорбцияның әсері

- Молекулалар жақындайды
- Байланыстар әлсірейді
- Активті комплекс түзіледі
- Активтену энергиясы төмендейді

Нәтижесінде **реакция жылдамдығы артады.**

Қызықты факт: Катализатор магнит емес — ол молекулаларды тартпайды, бірақ оларды **реакцияға ыңғайлы орынға орналастырады.**

Катализатор қасиеттері

Активтілік
Реакция жылдамдығын арттыру қабілеті

Селективтілік
Белгілі бір өнімді таңдап алу

Промотор
Катализатор әсерін күшейтетін зат

Улану
Бөгде заттар әсерінен белсенділікті жоғалту

Made with GAMMA

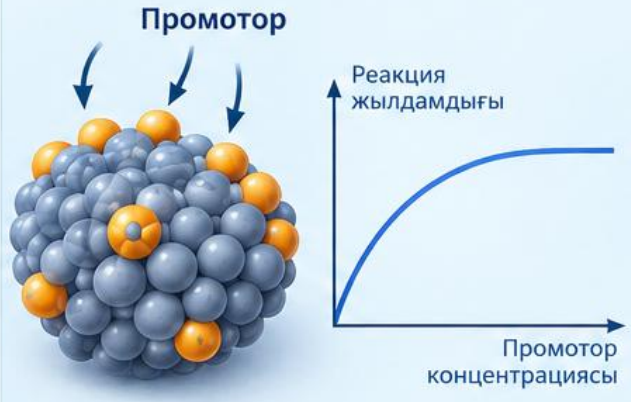
Катализаторды улау

Тіпті өте аз мөлшерінің өзі катализатордың белсенді орталықтарын бөгеп, оны істен шығарады.



Промоторлар

Катализатордың әсерін күшейтіп, реакция жылдамдығын арттырады.



Арқаулы катализатор

Кеуекті тасымалдағыш бетіне жұқа қабат етіп жағылған катализатор.



Катализатордың активтілігі

Реакция жылдамдығының катализатор қатысында қанша өсетінін көрсетеді.

Гомогенді катализ

Айналым саны (n_K)

Бір активті орталықтың уақыт бірлігінде іске асыратын циклдер саны.



$$n_K = \frac{v}{[K]}$$

v – реакция жылдамдығы

$[K]$ – катализатор концентрациясы

Гетерогенді катализ

Активтілік (S – беті бойынша)

Жылдамдықтың катализатор бетіне (S) қатынасы арқылы анықталады.



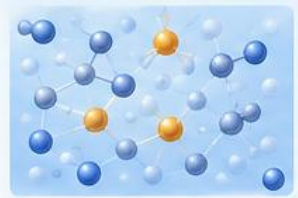
$$a = \frac{v}{S}$$

v – реакция жылдамдығы

S – катализатор беті

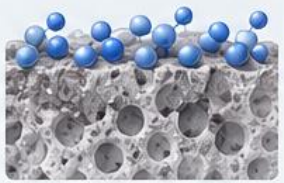
Негізгі ерекшелігі

Гомогенді



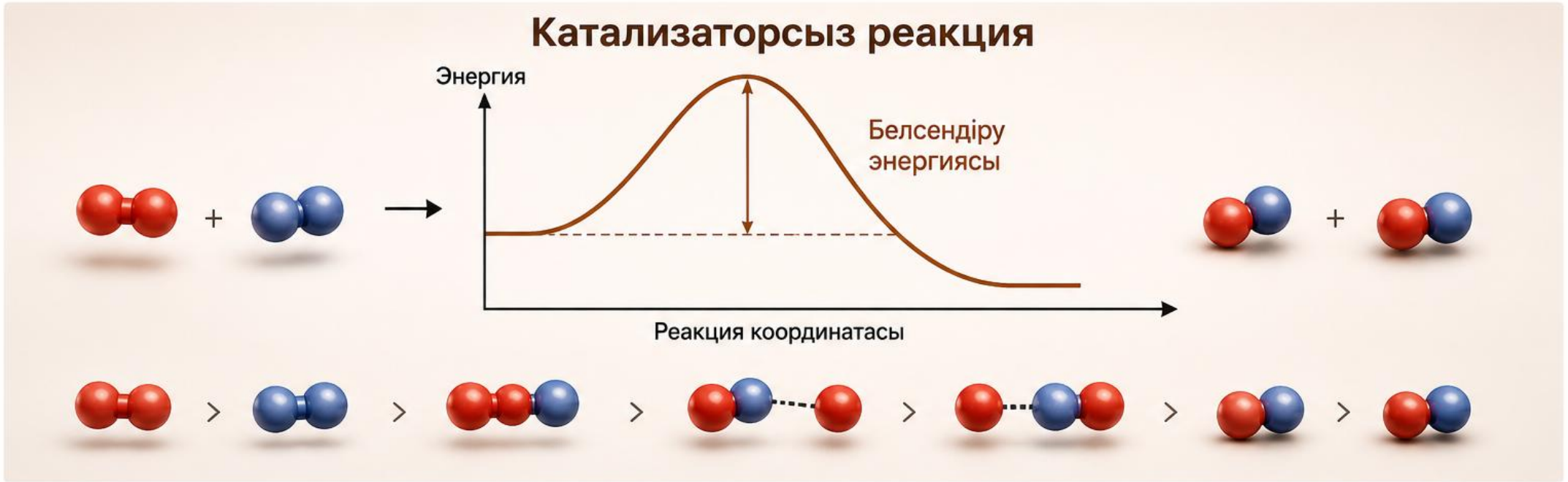
Катализатор ерітіндіде болады

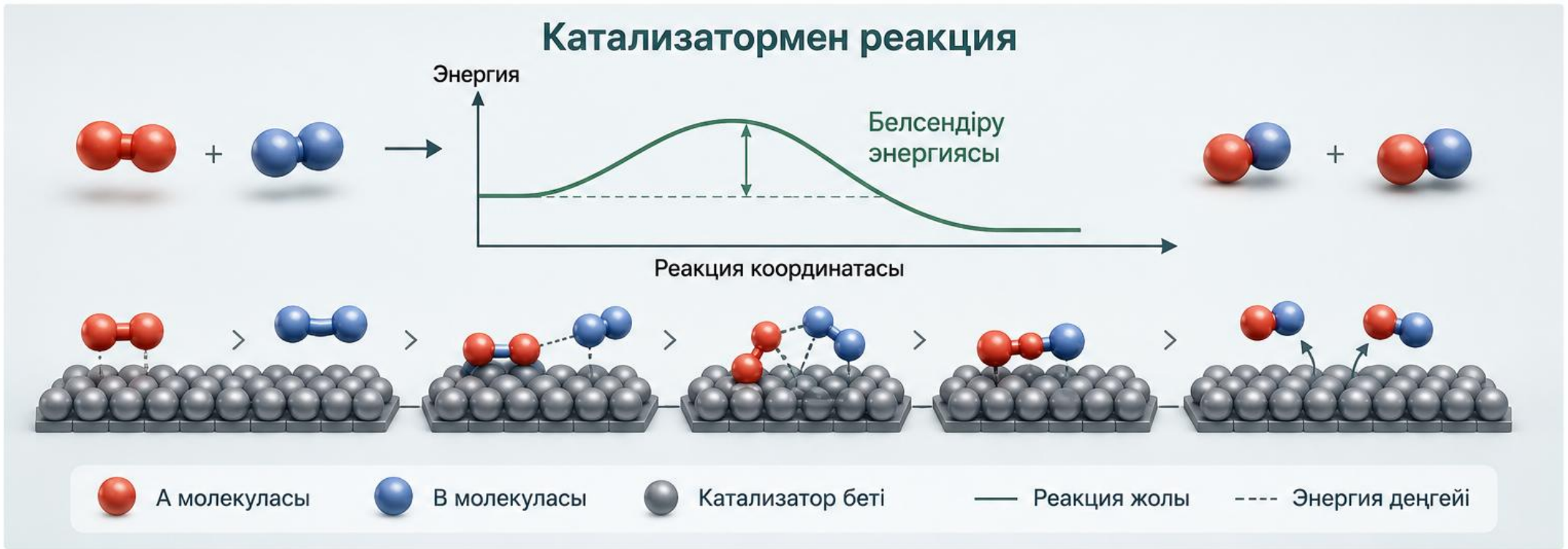
Гетерогенді



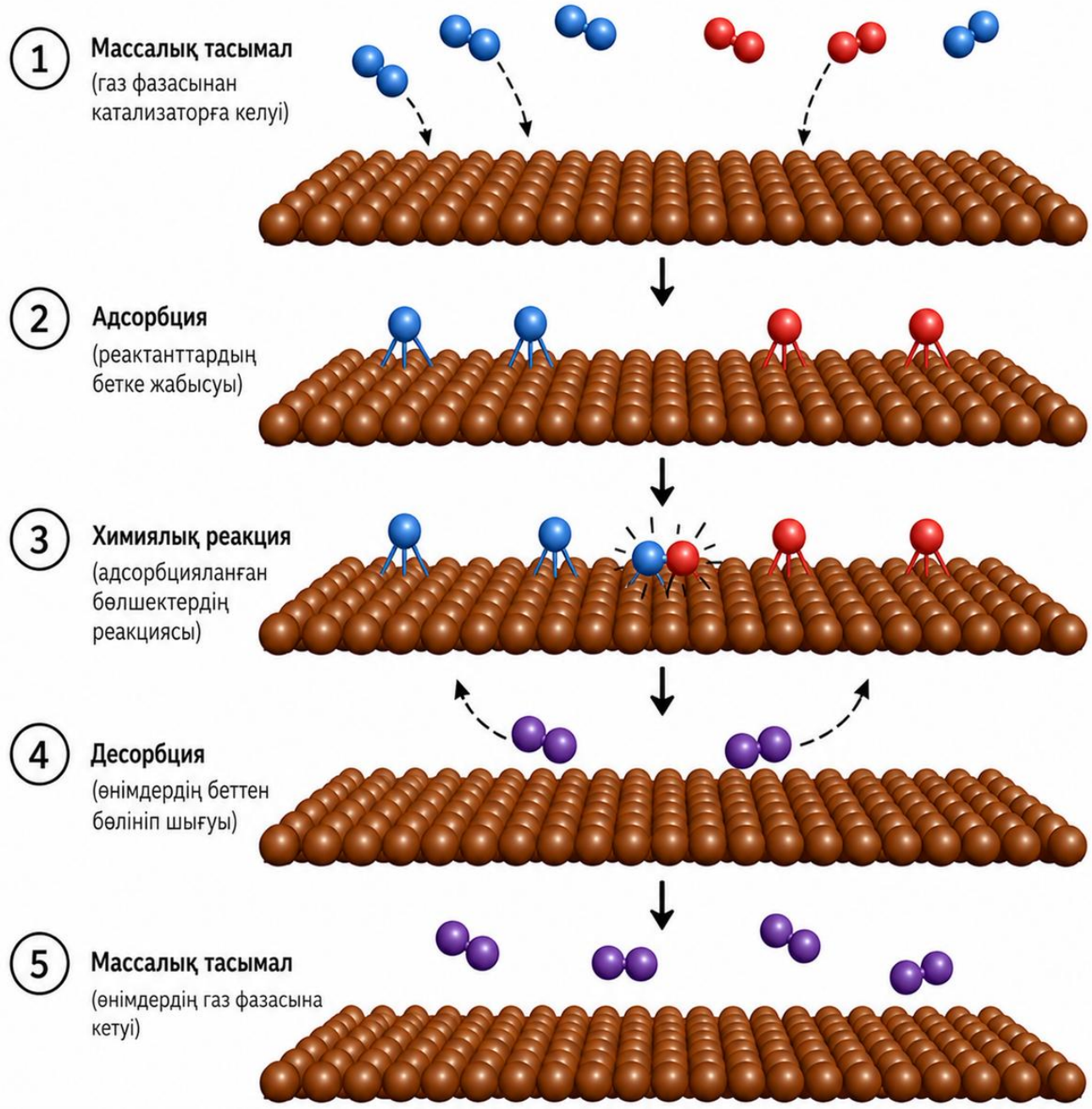
Катализатор қатты фаза бетінде

Нәтиже:
Жоғары тиімділік және селективтілік


Катализаторсыз реакция
Энергия
Белсендіру энергиясы
Реакция координатасы

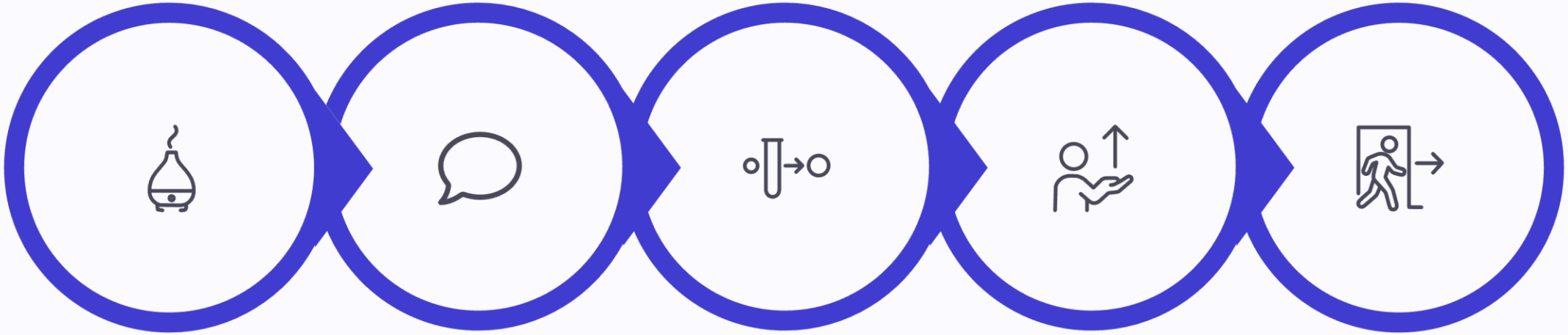

Катализатормен реакция
Энергия
Белсендіру энергиясы
Реакция координатасы
А молекуласы
В молекуласы
Катализатор беті
Реакция жолы
Энергия деңгейі

Гетерогенді каталитикалық реакцияның сатылары



Каталитикалық реакцияның сатылары

Гетерогенді катализде реакция бес кезеңнен тұрады. Олардың ішінде **адсорбция** — ең маңызды кезең, өйткені реагент молекулалары катализатор бетіне жиналып, активті комплекс түзіледі де, реакция басталады.



Диффузия

Адсорбция

Беттік реакция

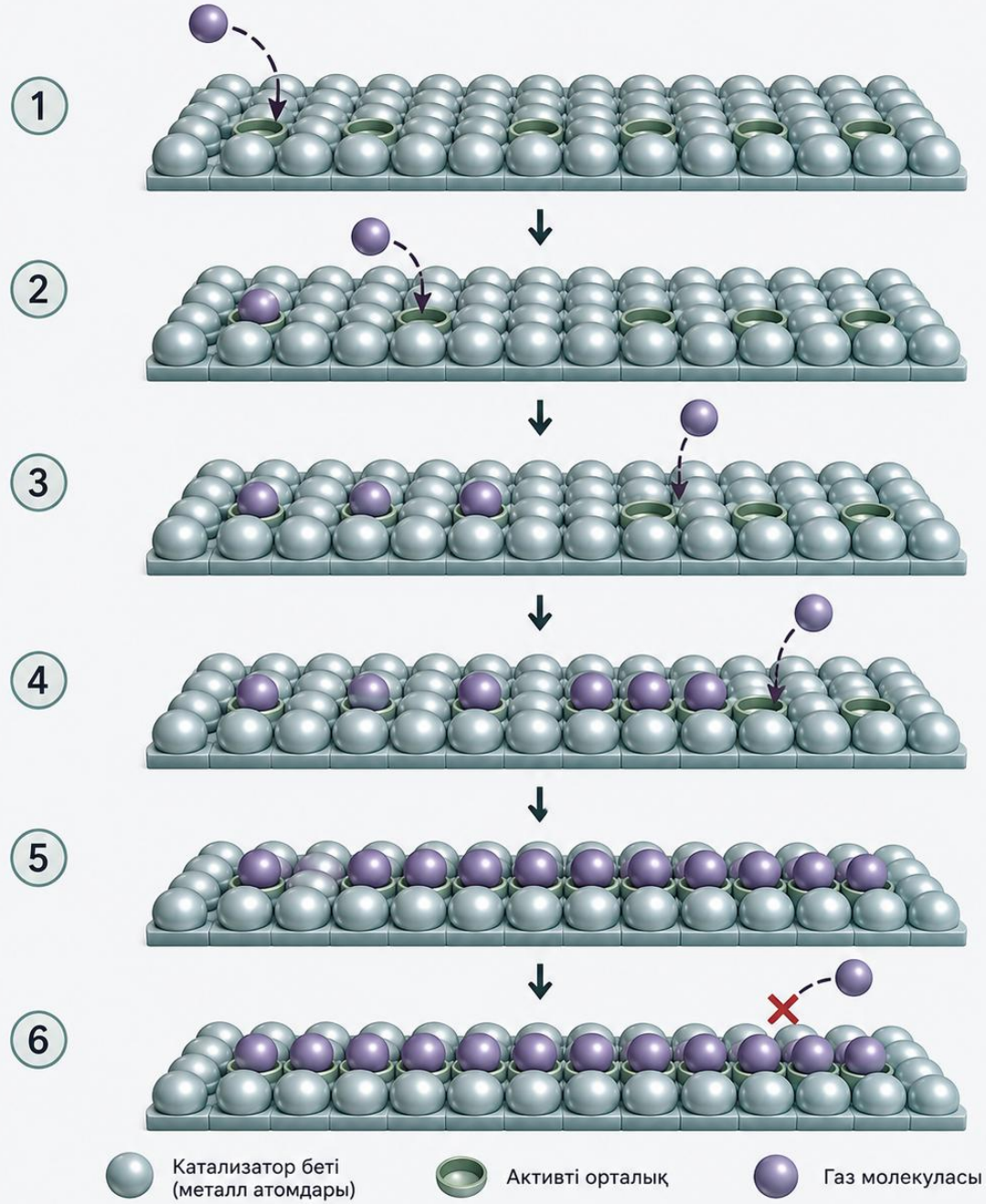
Десорбция

Өнімнің бөлінуі

Диффузия кезеңінде реагенттер катализатор бетіне жетеді. Адсорбция кезеңінде молекулалар бетке жабысып, активті комплекс түзіледі. Беттік реакция кезеңінде химиялық өзгеріс жүреді. Десорбция кезеңінде өнім босап, соңғы кезеңде диффузия арқылы беттен алыстайды.

Made with GAMMA

11-саты. Ленгмюрдің негізгі идеясы



Ленгмюр теориясы

Теорияның негізгі қағидалары

Беттің жабылу дәрежесі **(θ)** — адсорбцияланған орталықтар үлесін сипаттайды.

Активті орталықтар саны **шектеулі**

Бір орталық → бір молекула адсорбцияланады

Адсорбция ↔ десорбция **тепе-теңдігі** орнайды

Қысымның әсері

Төмен қысым	Жоғары қысым
θ ≈ BP	θ ≈ 1
I ретті реакция	**0 ретті** реакция

Қысым артқан сайын бет толық жабылады — реакция жылдамдығы тұрақтанады.

Made with GAMMA

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

Оспанов Х. Қ., Қамысбаев Д. Х., Абланова Е. Х., Шәбікова Г. Х. Физикалық химия / Оқулық. — Алматы, 2014. — (Химиялық кинетика және электрохимия тарауы).

- Шабікова Г.Х., Оспанова Э.К., Ашимхан Н.С. Физикалык химия пэні бойынша есептер (химиялык кинетика жене электрохимия). Алматы: Казак университеті,2016 ж.
- Оспанова Э.К., Сейілханова Г.А. Химиялык, кинетика жэне электрохимия.Алматы: Казак университеті, 2010.