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

Гомогенді катализ. Каталитикалық активтілік және селективтілік. Гомогенді каталитикалық реакциялардың кинетикасы. Қышқылды-негізді катализ. Ферментативті катализ.

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

PhD Савденбекова Б.Е.

Алматы, 2026

Дәрістің мақсаты Гомогенді катализдің негізгі ұғымдарын, катализатордың қасиеттері мен әсер ету механизмін, гомогенді каталитикалық реакциялардың кинетикасын қарастыру, сондай-ақ қышқылдық-негіздік және ферментативтік катализдің ерекшеліктерін түсіндіру. .

Бақылау сұрағы.

1. Катализатор реакцияның жылдамдығын қалай өзгертеді және оның тепе-теңдік константасына әсер етпеу себебін түсіндіріңіз.
2. A + B → C реакциясы гомогенді катализатор қатысында жүрсе, катализатор концентрациясының реакция жылдамдығына әсерін дәрістегі гомогенді катализдің жылдамдық теңдеулері негізінде көрсетіңіз.
3. Біріккен және дараланған катализ механизмдерін салыстырыңыз: олардың аралық активті комплекс түзу жолдарындағы айырмашылық неде?
4. Катализатор реакцияның активтену энергиясын төмендетеді, бірақ реакцияның тепе-теңдік жағдайын өзгертпейді» деген тұжырымды дәріс материалындағы мәліметтермен дәлелдеңіз.
5. Гомогенді катализдің механизмін түсіндіретін өз сызбаңызды құрыңыз: бастапқы реагенттер → катализатормен әрекеттесу → аралық активті комплекс → өнімдер → катализатордың қайта түзілуі. Сызбада катализатордың циклдік әрекетін көрсетіңіз.

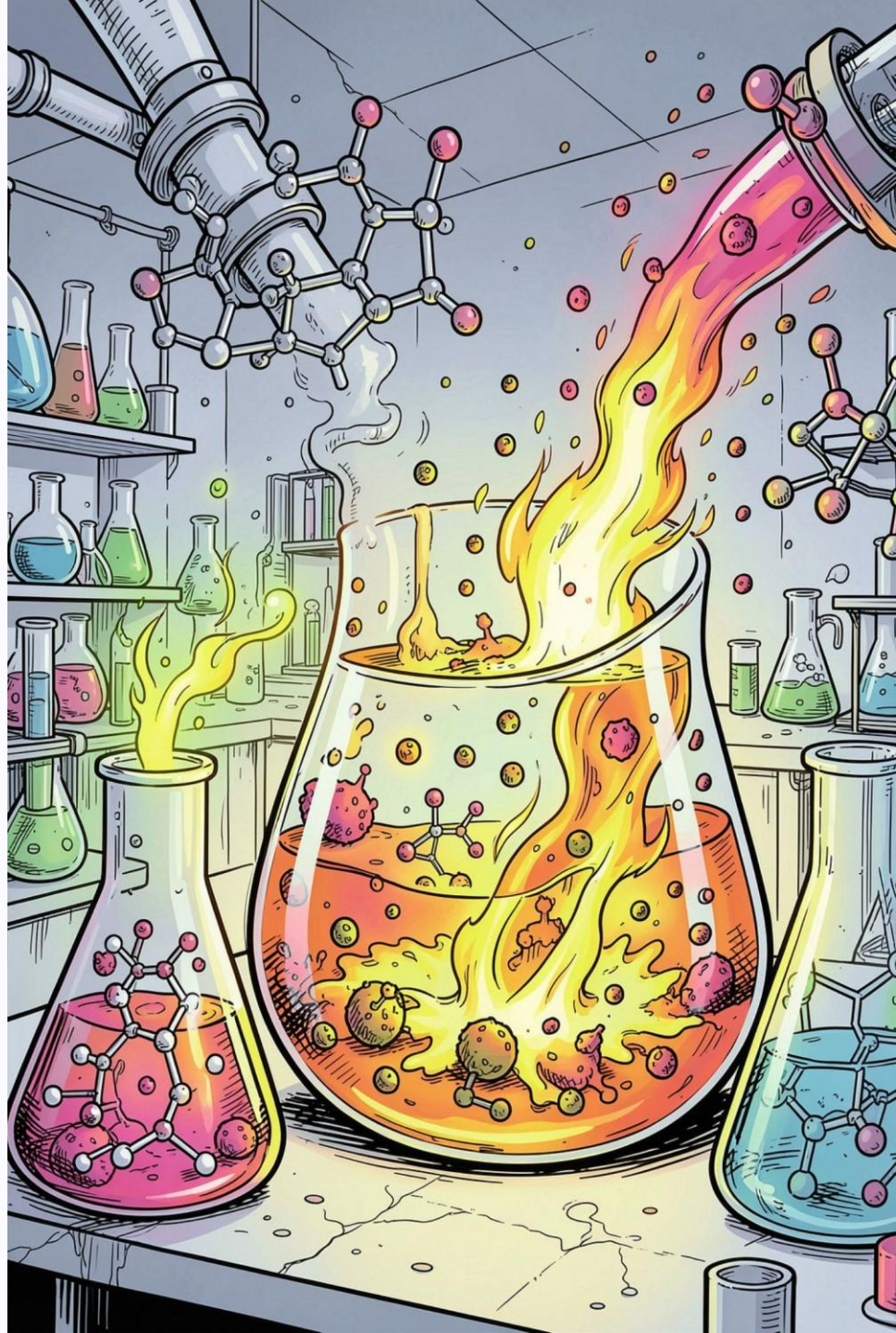
Жоспар

1. Гомогенді катализ туралы жалпы түсінік. Гомогенді каталитикалық жүйелердің ерекшеліктері және олардың гетерогенді катализден айырмашылығы.
2. Катализаторлардың каталитикалық активтілігі. Активтілікті сипаттайтын негізгі көрсеткіштер және оған әсер ететін факторлар.
3. Каталитикалық селективтілік ұғымы. Катализатордың реакция бағыты мен негізгі өнімнің түзілуіне әсері.
4. Гомогенді каталитикалық реакциялардың кинетикалық заңдылықтары. Реакция жылдамдығының катализатор мен реагенттер концентрациясына тәуелділігі.
5. Гомогенді катализ механизмдері. Аралық қосылыстардың түзілуі және катализатордың каталитикалық циклдегі рөлі.
6. Қышқылды-негізді катализ туралы түсінік. Жалпы және арнайы қышқылды-негізді катализ механизмдері.
7. Қышқылды және негізді катализаторлардың реакция жылдамдығына әсері. Протонның тасымалдануы және аралық бөлшектердің түзілуі.
8. Ферментативті катализдің теориялық негіздері. Ферменттердің құрылысы, белсенді орталығы және субстратпен әрекеттесуі.
9. Ферментативті реакциялардың кинетикасы. Михаэлис–Ментен теңдеуі, Михаэлис константасы және максималды реакция жылдамдығы.
10. Гомогенді, қышқылды-негізді және ферментативті катализдің ерекшеліктерін салыстыру. Олардың химиялық және биохимиялық процестердегі қолданылуы.

Катализ — катализатордың әсерінен химиялық реакция жылдамдығының өзгеруі. Катализатор реакцияның нәтижесін емес, оған жету жолын өзгертеді.

Катализатор – химиялық реакцияның жылдамдығын өзгертіп (арттырып немесе төмендетіп), реакция барысында өзі жұмсалмайтын және реакция соңында бастапқы химиялық күйіне қайта оралатын зат. Катализатор реакцияның активтену энергиясын төмендететін балама реакция жолын қамтамасыз етеді.

Катализатор маңыздылығы: Катализаторлар химиялық реакцияларды қажетті жылдамдықпен жүргізуге, энергия шығынын азайтуға және мақсатты өнімнің түзілу тиімділігі мен селективтілігін арттыруға мүмкіндік береді.



Катализатордың қасиеттері, түрлері және гомогенді катализ механизмі

Катализатордың негізгі қасиеттері

- Реакцияның жылдамдығын өзгертеді
- Жаңа механизм ұсынады
- Активтену энергиясын төмендетеді
- Реакция соңында өзгеріссіз қалады
- Тепе-теңдік константасын өзгертпейді

Катализдің түрлері

Оң катализ
Жылдамдық артады (↑)

Теріс катализ
Ингибирлеу — жылдамдық азаяды (↓)

Гомогенді катализ

Катализатор мен реагенттер **бір фазада** болады.

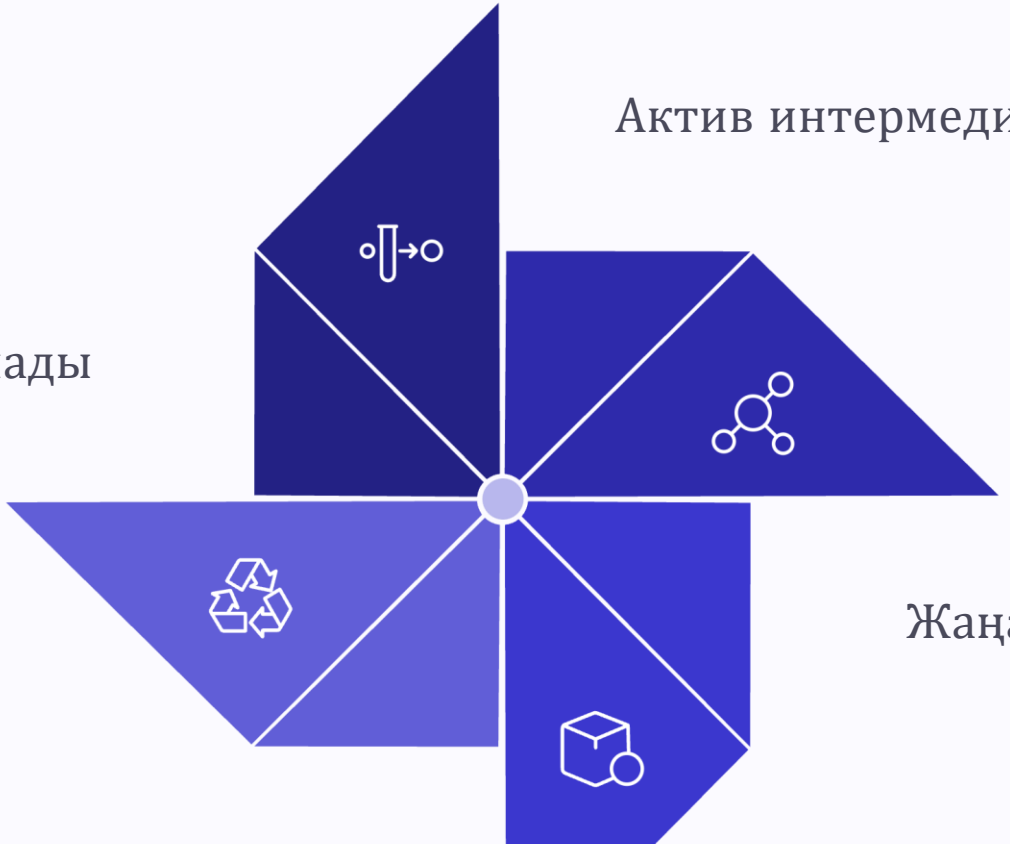
Гетерогенді катализ

Катализатор мен реагенттер **әртүрлі фазада** болады.

Есте сақта: Катализатор реакцияның нәтижесін емес, оған жету жолын өзгертеді.

Гомогенді катализдің механизмі

Катализатор қосылады



Актив интермедиат түзілді

Жаңа өнім пайда болды

Made with GAMMA

Катализатордың реакция \жылдамдығына әсері

Энергетикалық түсінік

Катализатор аралық активті комплекс түзу арқылы реакцияның активтену энергиясын **төмендетеді**. Энергетикалық кедергі азайғанда, молекулалардың реакцияға қабілетті соқтығысу саны артады, нәтижесінде реакция жылдамдығы өседі.

Жаңа механизм

Катализатор реакцияға мүлдем жаңа жол ұсынады

Энергия шығыны азаяды

Активтену энергиясы төмендеп, реакция жеңілдейді

Тиімділік артады

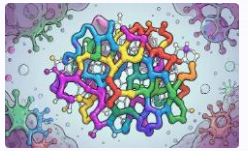
Реакция қысқа уақытта толық жүреді

Қолданылуы



Қышқылды-негізді катализ

H^+ және OH^- иондары катализатор ретінде қызмет атқарады. Органикалық синтезде кеңінен қолданылады.



Ферментативті катализ

Ферменттер — биологиялық катализаторлар. Ағзадағы барлық метаболизм реакцияларын басқарады.

Қызықты факт: Адам ағзасындағы көптеген реакциялар **36–37°C** температурада ғана тиімді жүреді, себебі ферменттердің белсенділігі осы аралықта ең жоғары болады.

Made with GAMMA

КАТАЛИТИКАЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР КИНЕТИКАСЫН АНЫҚТАУДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

Каталитикалық реакциялардың кинетикасы – реакция жылдамдығының катализатор, реагент концентрациясы, температура сияқты факторларға тәуелділігін сандық сипаттайтын және процестің механизмін, тиімділігін және оңтайлы жұмыс режимдерін анықтауға мүмкіндік беретін ғылым.

НЕГЕ КИНЕТИКА ҚАЖЕТ?

1 КАТАЛИЗАТОРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Кинетикалық параметрлер арқылы катализаторлардың белсенділігін салыстырамыз.



Катализатор A

Катализатор B

САЛЫСТЫРУ КРИТЕРИЙЛЕРІ

- ✓ Жылдамдық тұрақтысы k
- ✓ Активтену энергиясы Ea
- ✓ Реакция жылдамдығы v
- ✓ Селективтілік
- ✓ Тұрақтылық

томен және k жоғары катализатор – тиімдірек.

2 ӨНДІРІСТІҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІН ТАҢДАУ

Кинетикалық теңдеулер арқылы оптималды шарттар анықталады.



Температура (T)



Қысым (P)



Катализатор мөлшері



Тұру уақыты (τ)



Реагенттер концентрациясы

Мақсат: максималды өнім шығымы, минималды энергия және шығын.

3 ШЕКТЕУШІ САТЫНЫ АНЫҚТАУ

Реакция бірнеше сатыдан тұрады, бірақ ең баяу саты жалпы жылдамдықты анықтайды.



Диффузия → Адсорбция → Аралық комплекс түзілуі → Өнімнің түзілуі → Өнімнің бөлінуі

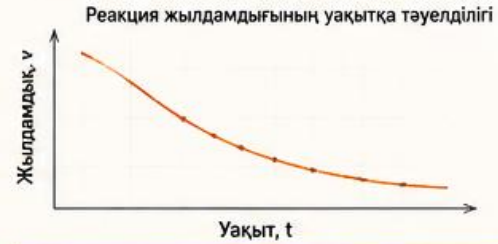
Кинетикалық талдау арқылы шектеуші саты анықталады және процесс сол саты бойынша жетілдіріледі.

КИНЕТИКА НЕ БЕРЕДІ?

- Реакция жылдамдығын (v)
- Жылдамдық тұрақтысын (k)
- Активтену энергиясын (Ea)
- Реакция ретін және механизмін
- Шектеуші (ең баяу) сатыны анықтау
- Катализатордың активтілігі мен селективтілігін бағалау
- Оңтайлы режимдерді анықтау

4 КАТАЛИЗАТОРДЫҢ БЕЛСЕНДІЛІГІН ТӨМЕНДЕУІН БАҚЫЛАУ

Уақыт өте катализатор улануы, агломерацияға ұшырауы немесе белсенді орталықтарды жоғалтуы мүмкін.



СЕБЕПТЕРІ

Улану

- Кокс түзілуі
- Белсенді орталықтардың жойылуы
- Агломерация

Кинетика катализатордың қызмет ету мерзімін бағалауға мүмкіндік береді.

5 РЕАКТОРДЫ ЖОБАЛАУ

Реактордың колемі мен геометриясы кинетикалық деректерге негізделіп есептеледі.



ЕСКЕРІЛЕТІН ПАРАМЕТРЛЕР

- ✓ Реакция жылдамдығы (v)
- ✓ Реакция реті
- ✓ Катализатордың активтілігі
- ✓ Температура және қысым
- ✓ Тұру уақыты

НӘТИЖЕ

- Оптималды колем
- Минималды шығын
- Жоғары өнімділік
- Қауіпсіз жұмыс

Кинетикасыз реакторды дұрыс жобалау мүмкін емес.

6 ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ МЕХАНИЗМДІ ТҮСІНУ

Кинетикалық деректер реакция механизмін және аралық комплекстердің рөлін анықтауға көмектеседі.



НӘТИЖЕ

- Реакция механизмі анықталады
- Аралық комплекстердің табиғаты түсіндіріледі
- Жаңа катализаторларды жобалау мүмкіндігі пайда болады
- Процестерді ғылыми негізде оңтайландыру

ГОМОГЕНДІ ЖӘНЕ ГЕТЕРОГЕНДІ КАТАЛИТИКАЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАРДЫҢ АЙЫРМАШЫЛЫҒЫ

ГОМОГЕНДІ КАТАЛИЗ

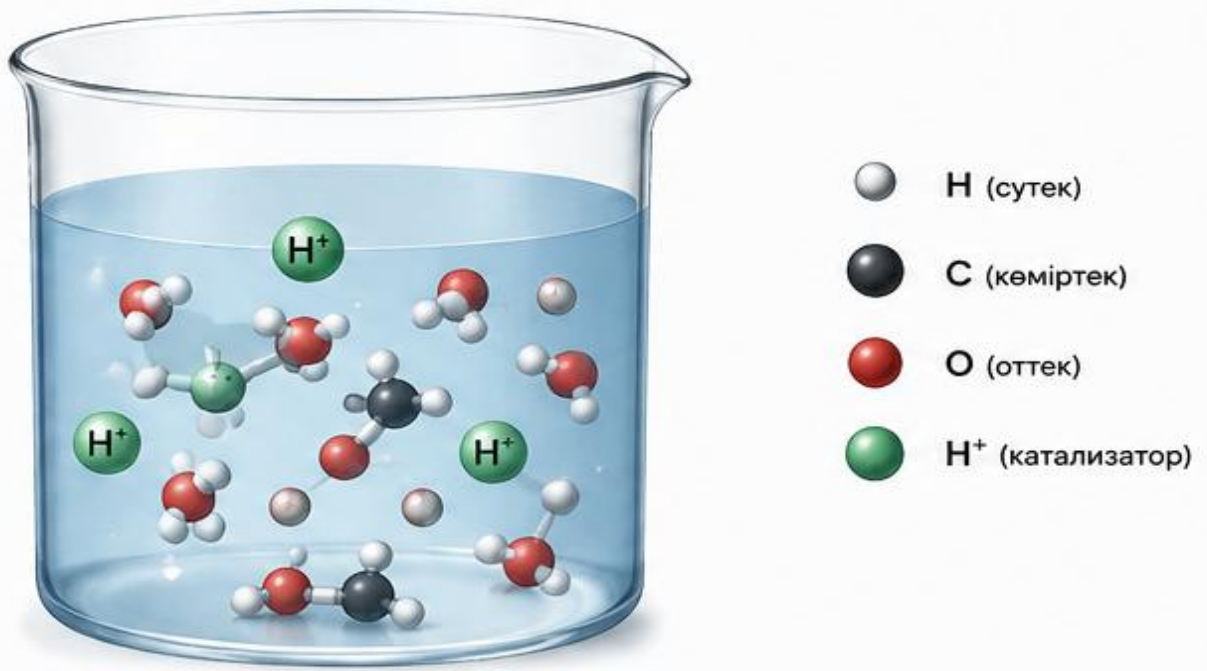
Катализатор мен реагенттер бір фазада болады
(көбіне сұйық ерітіндіде немесе газда).

МЫСАЛ (ГОМОГЕНДІ):

Сірке қышқылының қышқылды катализі

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + C_2H_5OH$$

(катализатор: H^+, бір фазалы сұйық ерітінді)



Реакциялық қоспа – бір фазалы сұйық ерітінді.
Катализатор (H^+) және реагенттер молекулалық деңгейде біркелкі таралған.

ГОМОГЕНДІ ЖӘНЕ ГЕТЕРОГЕНДІ КАТАЛИТИКАЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАРДЫҢ АЙЫРМАШЫЛЫҒЫ

ГЕТЕРОГЕНДІ КАТАЛИЗ

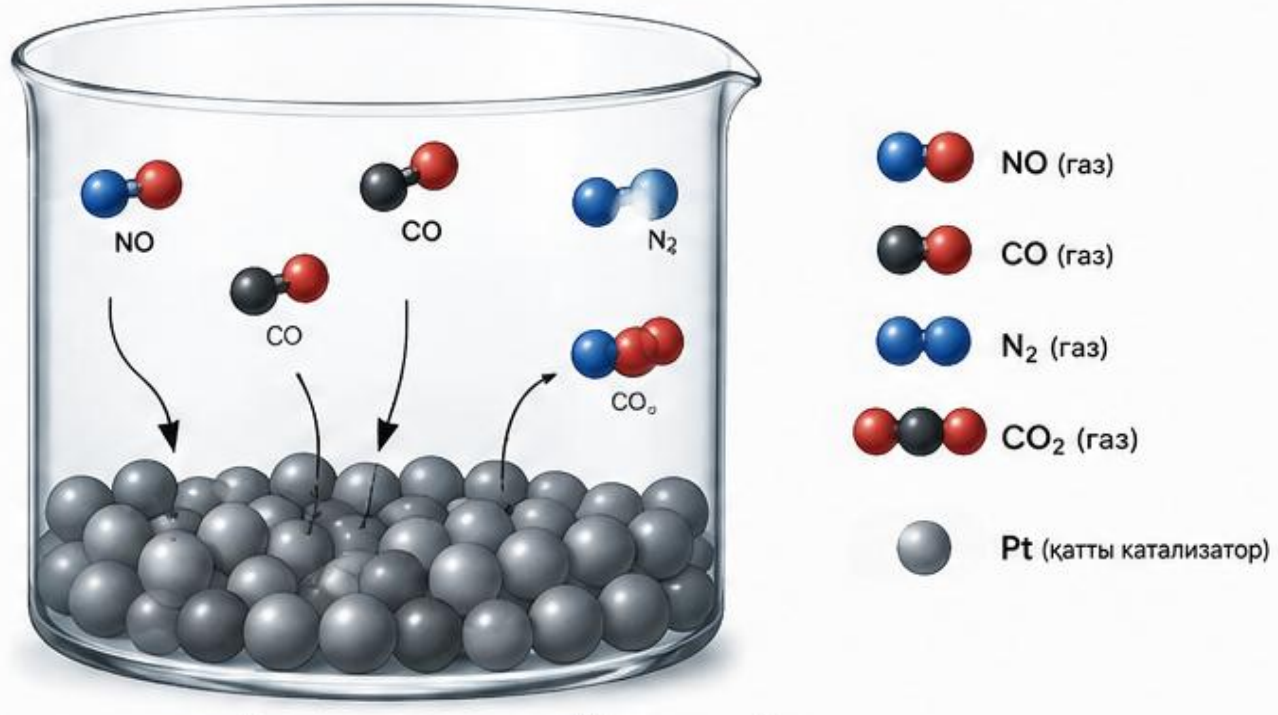
Катализатор мен реагенттер әр түрлі фазада болады
(катализатор – қатты, реагенттер – газ немесе сұйық).

МЫСАЛ (ГЕТЕРОГЕНДІ):

Азот оксидінің тотықсыздануы (автокаталитикалық процесс)

$2NO\ (газ) + 2CO\ (газ) \rightarrow N_2\ (газ) + 2CO_2\ (газ)$

(катализатор: Pt қатты бетінде)



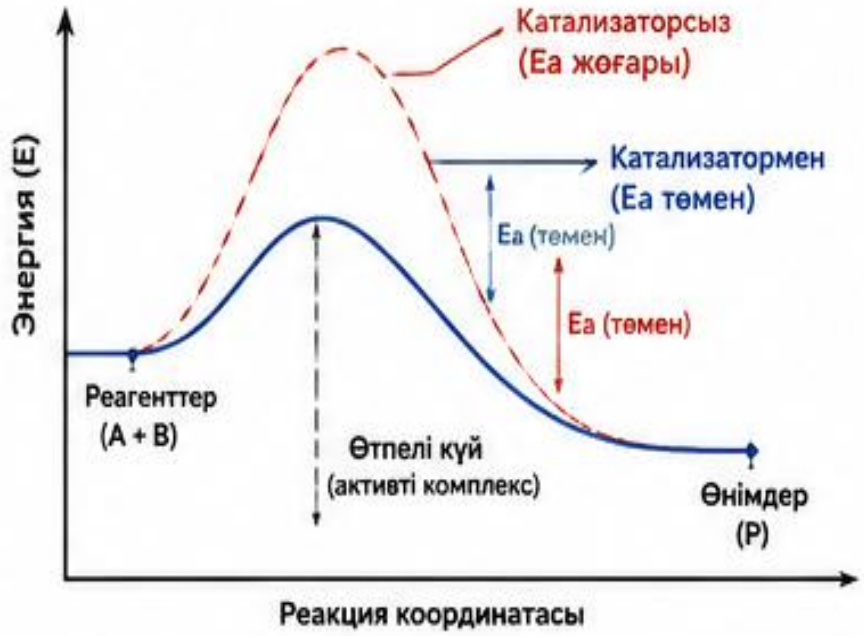
Реакциялық қоспа – екі фазалы жүйе.
Катализатор қатты бетте орналасқан, реагенттер газ фазасында.

1-СҰРАҚ. Катализатор қалайша реакцияның активтену энергиясын төмендетеді?

СҰРАҚ: Жалпы катализатор қалайша реакцияның активтену энергиясын төмендетеді?

ЖАУАП: Катализатор реагенттермен уақытша аралық комплекс түзіп, реакцияның жаңа механизмін ұсынады. Соның нәтижесінде байланыстардың ұзілуі мен түзілуі жеңілдейді, өтпелі күй тұрақтанып, активтену энергиясы (Ea) төмендеп, реакция жылдамдығы артады.

1. ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТҮСІНІК



ҚОРЫТЫНДЫ: Катализатор жаңа, энергетикалық тиімді жол ұсынады.

2. МЕХАНИЗМ

Катализаторсыз жол (тікелей):

$$A + B \dashrightarrow P$$

Катализатор қатысындағы жол:

$$A + K \rightleftharpoons AK \rightleftharpoons AKB^{\ddagger} \rightarrow P + K$$

(аралық комплекс)

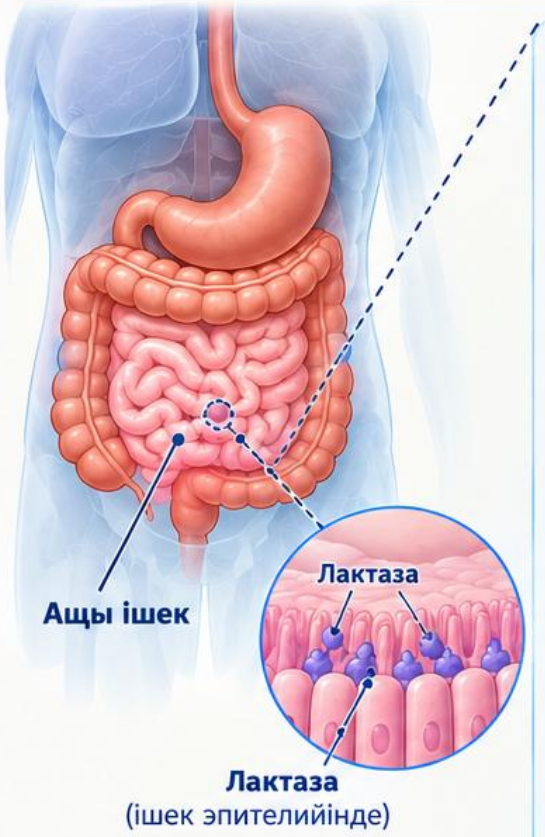
Катализатор реагенттермен әрекеттесіп, аралық комплекс түзеді және өтпелі күйді тұрақтандырады.

НЕГІЗГІ ИДЕЯ

- ✓ Катализатор энергия бермейді.
- ✓ Реакцияны бірнеше қарапайым сатыларға бөледі.
- ✓ Өтпелі күйді тұрақтандырады.
- ✓ Байланыстарды әлсіретеді.
- ✓ Активтену энергиясы төмендейді, реакция жылдамдығы артады.

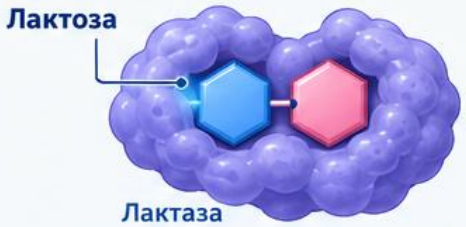
Ферментативті катализге мысал

Лактаза ферменті – сүт қантын (лактозаны) ыдыратады



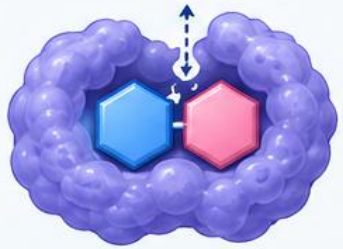
Қалай жұмыс істейді?

1 **Лактоза** ферменттің активті орталығына байланысады.

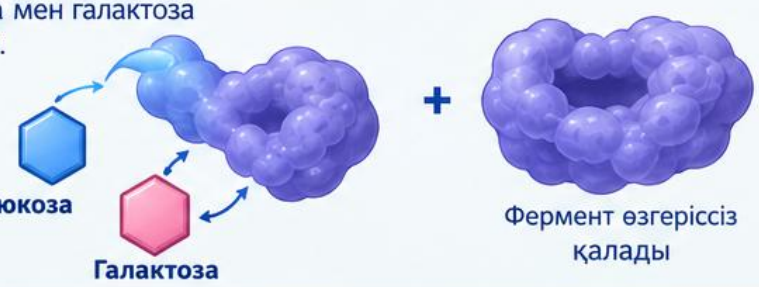


Фермент–субстрат кешені

2 Фермент байланыс энергиясын төмендетіп, реакцияны жылдамдатады.



3 Лактоза ыдырап, глюкоза мен галактоза түзіледі.

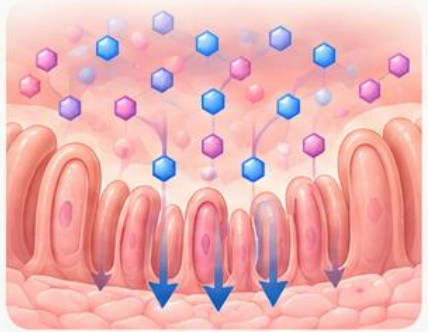


Фермент өзгеріссіз қалады

Нәтижесі

Глюкоза (энергия көзі)

Галактоза (организмде қоректік зат ретінде қолданылады)



Қоректік заттар ішек арқылы сіңеді

Оптималды жағдайлар

pH: 6–7
(аш ішек ортєы)

Температура: 37 °C
(дене температурасы)

Ферментативті катализдің ерекшелігі

- Реакция жылдамдығын едәуір арттырады.
- Өзі өзгеріссіз қалады (қайтымды).



Маңызды ерекшелігі

Фермент реакцияға тек белгілі бір субстратпен (лактоза) әрекеттеседі және көп рет қолданылуы мүмкін.

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.