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

Химиялық кинетиканың негізгі постулаты. Химиялық реакцияның жылдамдық константасы, физикалық мәні.

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

PhD Савденбекова Б.Е.

Алматы, 2026

Дәрістің мақсаты: химиялық кинетиканың негізгі постулаты (Массалар әрекеттесу заңы) мен оның математикалық өрнегін түсіндіру; химиялық реакцияның жылдамдық константасының физикалық мағынасын, оған әсер ететін факторларды және оның өлшем бірліктерін анықтау\

Бақылау сұрақтары:

1. Химиялық кинетиканың негізгі постулатын (Массалар әрекеттесу заңын) тұжырымдаңыз және оның математикалық теңдеуін жазыңыз.
2. Химиялық реакцияның жылдамдық константасының (k) физикалық мағынасы қандай? Оны неліктен «меншікті жылдамдық» деп атайды?
3. Жылдамдық константасының шамасы қандай факторларға (концентрация, температура, катализатор, заттың табиғаты) тәуелді, ал қандай факторларға мүлдем тәуелді емес?
4. Әртүрлі реттіліктегі (нөлінші, бірінші, екінші ретті) химиялық реакциялар үшін жылдамдық константасының өлшем бірліктері қалай өзгереді?
5. Массалар әрекеттесу заңындағы стехиометриялық коэффициенттер мен реакцияның нағыз кинетикалық реттілігі қандай жағдайда сәйкес келеді, ал қандай жағдайда сәйкес келмейді?
6. 1-1. Метанның ыдырау жылдамдығының өрнегін жазыңыз: метан мен сутегінің парциалды қысымдары арқылы $CH_4(г) = C(к) + 2H_2(г)$.

1–2. Аммиак синтезінің реакция жылдамдығы қалай өзгереді: $1/2\ N_2 + 3/2\ H_2 = NH_3$, теңдеу былай жазылса: $N_2 + 3\ H_2 = 2NH_3$?

8. 1–3. Элементар реакциялардың жалпы реті қандай:
9. a) $CI_2 + H_2 = 2\ HCI$, b) $2NO + CI_2 = 2NOCI$?

Жоспар

Кіріспе-

1.1 Химиялық реакция жылдамдығы

1.2 Реакция жылдамдығын есептеу формулалары

1.3 Гомогенді және гетерогенді реакциялардың жылдамдық теңдеулерін айқындай

1.4. Реакция жылдамдығына әсер ететін факторлар

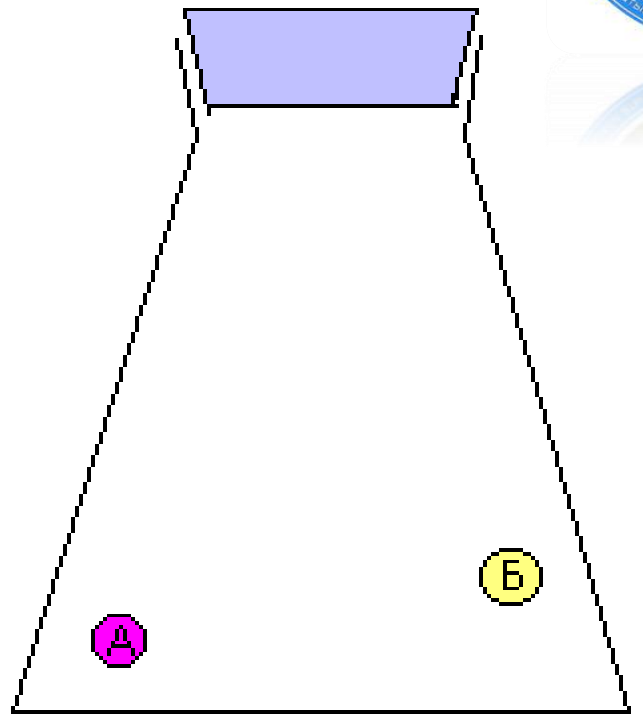
Химиялық реакция жылдамдығы дегеніміз

бірлік уақыт ішіндегі және бірлік көлемдегі элементарлық актілер саны

Химиялық реакциялар жүрген сайын, қатысушы заттардың концентрациялары өзгереді:

Реагенттердің концентрациясы азаяды;

Өнімдердің концентрациясы артады.



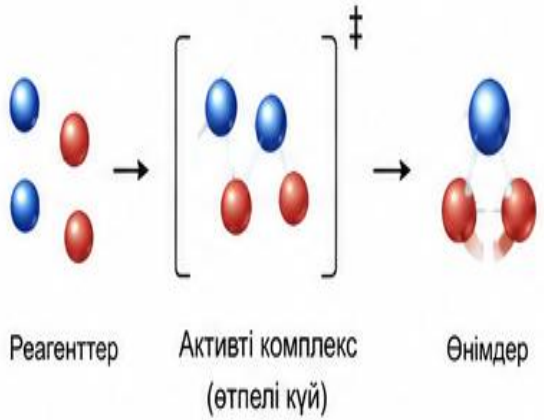
Сурет 1
Пайдаланған дереккөз-
Jeffrey I. Steinfeld, Joseph S. Francisco, William L. Hase — «Chemical Kinetics and Dynamics»

ХИМИЯЛЫҚ КИНЕТИКА: НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАРЫ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ

Химиялық кинетика – химиялық реакциялардың уақыт бойынша жүру заңдылықтарын, олардын механизмін және реакция жылдамдығына әсер ететін факторларды зерттейтін физикалых химия бөлімі.

1. КИНЕТИКА НЕ ЗЕРТТЕЙДІ?

- реакцияның жүру механизмі;
- реакция жылдамдығы;
- аралық бөлшектердің түзілуі;
- активті комплекстің пайда болуы;
- реакцияға әсер ететін факторлар.



2. КИНЕТИКА МЕН ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ АЙЫРМАШЫЛЫҚТАРЫ

	ТЕРМОДИНАМИКА	КИНЕТИКА
Негізгі сұрақ	Реакция жүруі мумкін бе?	Реакция қаншалықты тез жүреді?
Нені қарастырады?	Бастапқы және соңғы күйді қарастырады	Барлық аралық сатыларды зерттейді
Уақыт	Уақыт ескерілмейді	Уақыт негізгі параметр
Қолданатын заңдар	Термодинамиканың негізгі заңдары ($\Delta G, \Delta H, \Delta S$)	Кинетикалық заңдар (жылдамдық теңдеуі, механизм, т.б.)
Нәтиже	Реакцияның мүмкіндігі мен тепе-теңдік құрамы	Реакцияның жылдамдығы, механизмі және уақыт бойынша жүруі

ХИМИЯЛЫҚ КИНЕТИКА: НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАРЫ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ

3. НЕГІЗГІ МЫСАЛ: ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТҰРҒЫДА МҮМКІН, БІРАҚ КИНЕТИКАЛЫҚ ТҰРҒЫДА БАЯУ (КАТАЛИЗАТОР ҚАЖЕТ)

Реакция	ΔH°, кДж	Реакцияның өздігінен жүруі	Түсініктеме
$H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	–451	Мүмкін (экзотермиялық)	Қалыпты жағдайда өте баяу жүреді
$SO_2 + 1/2O_2 \rightarrow SO_3$	–71	Мүмкін (экзотермиялық)	Катализатор қатысында ғана өздігінен жүреді

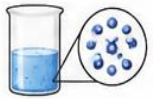
Демек, **термодинамика** реакцияның жүру мүмкіндігін көрсетеді,
ал кинетика – оның қандай жолмен және қанша уақытта жүретінін анықтайды.

4. КИНЕТИКАНЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

- Кез келген реакция бірден жүрмейді, ол бірнеше элементар сатылар арқылы өтеді.
- Аралық радикалдар, иондар, активті бөлшектер және өтпелі күйлер түзіледі.
- Әр сатының жүрісіне белгілі бір уақыт қажет.
- Химиялық процестерді басқару, оңтайландыру және болжау үшін реакция механизмін және жылдамдығын білу қажет.

ХИМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯНЫҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫ

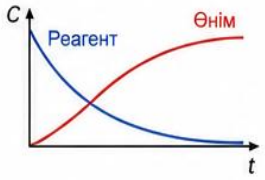
1. РЕАКЦИЯ ТҮРЛЕРІ БОЙЫНША

Гомогенді	Бір фазада		Көлем бойынша анықталады
Гетерогенді	Әртүрлі фазаларда		Жанасу бетінің ауданы бойынша

2. РЕАКЦИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТОРЛАР

Концентрация	Температура	Орта қасиеті (pH, еріткіш)	Катализатор
Жарық	Сәулелену	Реактор беті (жанасу беті)	Электр тогы

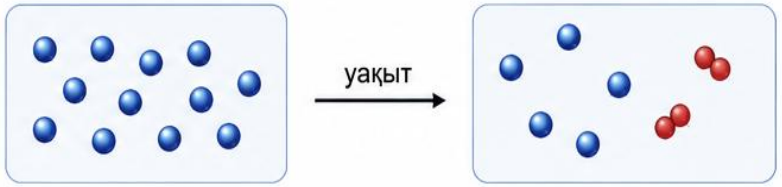
5. КОНЦЕНТРАЦИЯ ӨЗГЕРІСІ МЕН ЖЫЛДАМДЫҚ



- Реагент концентрациясы төмендейді
- Өнім концентрациясы артады

Нәтиже:
Реакцияның жүру бағыты мен жылдамдығы концентрация өзгерісімен сипатталады.

3. РЕАГЕНТ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ НЕЛІКТЕН АЗАЯДЫ?



- Бөлшектер соқтығысып, жаңа заттарға айналады.
- Сонзықпаи реагент концентрациясы төмендейді, ал өнім концентрациясы артады.

4. ЖЫЛДАМДЫҚ ТҮРЛЕРІ

Орташа жылдамдық

Белгілі бір уақыт аралығында есептеледі.

$$\bar{v} = -\frac{\Delta C_A}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{өнім}}{\Delta t}$$

ΔC_A – реагент концентрациясының өзгерісі

$\Delta C_{өнім}$ – өнім концентрациясының өзгерісі

Δt – уақыт аралығы

Лездік (шын) жылдамдық

Нақты уақыт мезетіндегі жылдамдық.

$$v = -\frac{dC_A}{dt} = \frac{dC_{өнім}}{dt}$$

dC_A – реагент концентрациясының дифференциалы

$dC_{өнім}$ – өнім концентрациясының дифференциалы

dt – уақыт дифференциалы

Реакция жылдамдығын есептеу формулалары

V – біртекті (гомогенді) реакция үшін

Реакцияға түсетін заттар бірдей агрегаттық күйде немесе фазада болады.

$$V = \Delta C / \Delta t$$

$\Delta C = C2 - C1$ (реакцияға түсетін заттардың немесе өнімдердің молярлық концентрациялары)

$t = t2 - t1$ (уақыт аралығы)

Реакция жылдамдығының өлшем бірлігі — моль/(л·с)



V – гетерогенді реакция үшін

Реакцияға түсетін заттар әртүрлі агрегаттық күйде немесе әртүрлі фазада болады.

$$V = \Delta C / \Delta t \cdot S$$

S – әрекеттесуші заттардың жанасу ауданы

Реакция жылдамдығының өлшем бірлігі – моль/(м²·с)

Кинетикалық реакция теңдеуі

Кинетикалық теңдеу — химиялық реакция жылдамдығын әрекеттесуші заттардың молярлық концентрацияларымен байланыстыратын математикалық өрнек:

$$v = k \cdot [A]^x \cdot [B]^y$$

- Мұндағы:
- (v) — химиялық реакция жылдамдығы (уақыт бірлігі ішіндегі зат концентрациясының өзгеруі
- (k) — реакция жылдамдығының константасы (концентрацияға тәуелсіз, бірақ температура мен катализаторға тәуелді);
- ([A]) және ([B]) — әрекеттесуші заттардың молярлық концентрациялары;
- (x) және (y) — концентрациялардың дәрежелік көрсеткіштері (A) және (B) заттары бойынша реакцияның дербес реттері

Ескерту: Бұл теңдеу массалар әрекеттесу заңына (Гульдберг-Вааге заңы) негізделген. (x) және (y) көрсеткіштері әрқашан реакция теңдеуіндегі стехиометриялық коэффициенттерге тең бола бермейді; олар тек тәжірибе жолымен анықталады.

ХИМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯ РЕТТІЛІГІ: МӘНІ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ ТҰСІНІГІ

1. АНЫҚТАМА

Реакция реттілігі – жылдамдық теңдеуіндегі концентрацияның дәреже көрсеткіші.
Ол концентрация өзгергенде реакция жылдамдығының қалай өзгеретінін көрсетеді.

ЖАЛПЫ ЖЫЛДАМДЫҚ ТЕҢДЕУІ

$$v = k[A]^m[B]^n$$

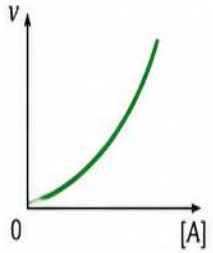
m – А бойынша реттілік
n – В бойынша реттілік
жалпы реттілік = $m + n$

v – реакция жылдамдығы
k – жылдамдық константасы
[A], [B] – реагенттердің концентрациялары
m, n – концентрациялардың реттіктері (тәжірибелік анықталатын шама)

2. РЕТТІЛІК ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ МАҒЫНАСЫ

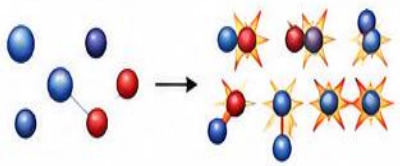
2.1. ОҢ РЕТТІЛІК (n>0)

$$v = k[A]^n,\ n>0$$



Концентрация артқан сайын реакция жылдамдығы артады.

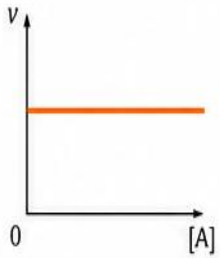
Мысал: $v = k[A]^2$
[A]-ны 2 есе арттырсақ, v $2^2 = 4$ есе артады.



Бөлшектер көбейген сайын соқтығысулар жиілейді, реакция жылдамдайды.

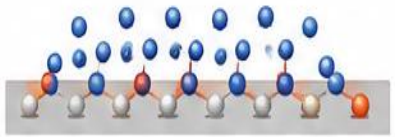
2.2. НӨЛДІК РЕТТІЛІК (n=0)

$$v = k[A]^0 = k$$



Концентрация өзгергенмен, реакция жылдамдығы өзгермейді.

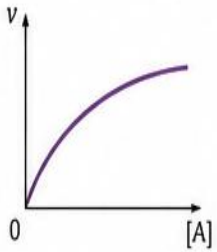
Мысал: $v = k$
[A]-ны 10, 100, 1000 есе өзгертсе де, v өзгермейді.



Катализатор бетінің барлық белсенді орталықтары толып қойған. Жаңа молекулалар реакцияға қатыса алмайды.

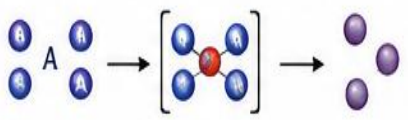
2.3. БӨЛШЕК РЕТТІЛІК (0<n<1)

$$v = k[A]^n,\ 0<n<1$$



Концентрация артқан сайын реакция жылдамдығы артады, бірақ баяу өседі.

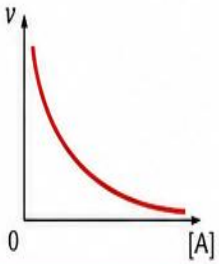
Мысал: $v = k[A]^{1/2}$
[A]-ны 4 есе арттырсақ, $v = 4^{1/2} = 2$ есе артады.



Реакция бірнеше сатымен жүреді немесе аралық бөлшектер түзіледі, сондықтан жылдамдық концентрацияға әлсіз тәуелді болады.

2.4. ТЕРІС РЕТТІЛІК (n<0)

$$v = k[A]^n,\ n<0$$



Концентрация артқан сайын реакция жылдамдығы баяулайды.

Мысал: $v = k[A]^{-1}$
[A]-ны 2 есе арттырсақ, v $2^{-1} = 1/2$ есе азаяды.



Белгілі бір реагент немесе өнім катализатор орталықтарын жауып тастайды немесе аралық бөлшектерді жояды. Нәтижесінде реакция баяулайды.

ХИМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯ РЕТТІЛІГІ: МӘНІ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ ТҰСІНІГІ

3. НЕЛІКТЕН РЕТТІЛІК БӨЛШЕК НЕМЕСЕ ТЕРІС БОЛАДЫ?

ЖАЛПЫ РЕАКЦИЯ | **КӨП ЭЛЕМЕНТАР САТЫЛАР** | **ТӘЖІРИБЕЛІК РЕТТІЛІК**

A + B → өнім ⇒ 1-саты ⟷ 2-саты → ... → n-саты ⇒ $v = k[A]^m[B]^n$

↓

ЕҢ БАЯУ САТЫ
(rate-determining step)

Жылдамдықты барлық сатылар емес, ең баяу саты анықтайды.
Сондықтан реттілік жаллы теңдеудің стехиометриялық көэффициенттеріне тең болмауы мүмкін және бөлшек немесе теріс мән қабылдай алады.

4. ҚОРЫТЫНДЫ КЕСТЕ

Реттілік	Математикалық түрі	Концентрация артқанда v қалай өзгереді?	Физикалық мағынасы
Оң (n>0)	$v = k[A]^n$	Артады	Бөлшектер көбейеді → соқтығысулар жиілейді → реакция жылдамдайды.
Нөлдік (n=0)	$v = k$	Өзгермейді	Басқа фактор (катализатор беті, жарық, массаның тасымалдануы т.б.) шектеуші.
Бөлшек (0<n<1)	$v = k[A]^n$	Артады, бірақ баяу	Реакция көпсатылы немесе аралық бөлшектер түзіледі.
Терiс (n<0)	$v = k[A]^n$	Баяулайды	Реагент/өнім катализаторды улайды немесе аралық бөлшектерді жояды (ингибирлеу).

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.