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

Аррениус заңы және активтену энергиясы: теориялық негіздері, анықтау әдістері және теріс активтену энергиясы

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

PhD Савденбекова Б.Е.

Алматы, 2026

Дәрістің мақсаты

Аррениус заңының теориялық негіздерін, реакция жылдамдығы константасының температураға тәуелділігін және активтену энергиясының физикалық мәнін түсіндіру; активтену энергиясын эксперименттік кинетикалық деректер мен графиктік әдістер арқылы анықтау тәсілдерін қарастыру, сондай-ақ теріс активтену энергиясының пайда болу себептері мен кинетикалық ерекшеліктерін түсіндіру.

Бақылау сұрақтары

1. Аррениус заңы дегеніміз не және оның химиялық кинетикадағы маңызы қандай?
2. Аррениус теңдеуін жазыңыз және оның құрамындағы шамалардың физикалық мағынасын түсіндіріңіз.
3. Активтену энергиясы дегеніміз не?
4. Активтену энергиясы реакция жылдамдығына қалай әсер етеді?
5. Аррениус теңдеуінің логарифмдік түрі қалай өрнектеледі?
6. Аррениус графигі дегеніміз не және оның көмегімен активтену энергиясы қалай анықталады?
7. Активтену энергиясын эксперименттік жолмен анықтаудың қандай әдістері бар?
8. Экспоненциалдық көбейткіштің (жиілік немесе алдын ала экспоненциалдық фактордың) физикалық мағынасы қандай?
9. Теріс активтену энергиясы дегеніміз не және ол қандай жағдайларда байқалады?
10. Теріс активтену энергиясы кезінде температураның жоғарылауы реакция жылдамдығына қалай әсер етуі мүмкін?
11. Оң және теріс активтену энергияларының айырмашылығы неде?
12. Аррениус заңының қолданылу шектеулері қандай?

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.



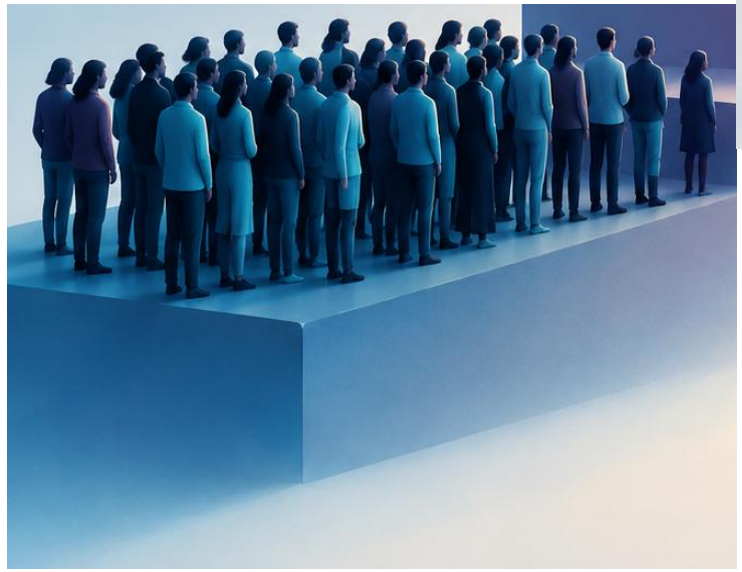
Активтену энергиясы – ескі байланысты әлсіретіп (немесе үзіп),
жаңа байланыстың түзілуі басталатын өтпелі күйге жетуге қажетті минималды энергия.

Активті молекулалар – химиялық реакцияға түсу үшін қажетті энергияға ие, яғни активтену энергиясынан кем емес энергиясы бар және тиімді соқтығысу нәтижесінде өнім түзетін молекулалар.

АКТИВТЕНУ ЭНЕРГИЯСЫ ҚАЙДАН ПАЙДА БОЛАДЫ?

Активтену энергиясы химиялық байланысты уақытша әлсірету қажеттілігінен туындайды.
Реакция жүруі үшін молекулалардың иеленуі тиіс минималды энергия деңгейі.

Активтену энергиясы – заттың ішінде сақталып тұрған энергия емес,
ол энергетикалық тосқауылдың биіктігі.







Низкий энергетический барьер

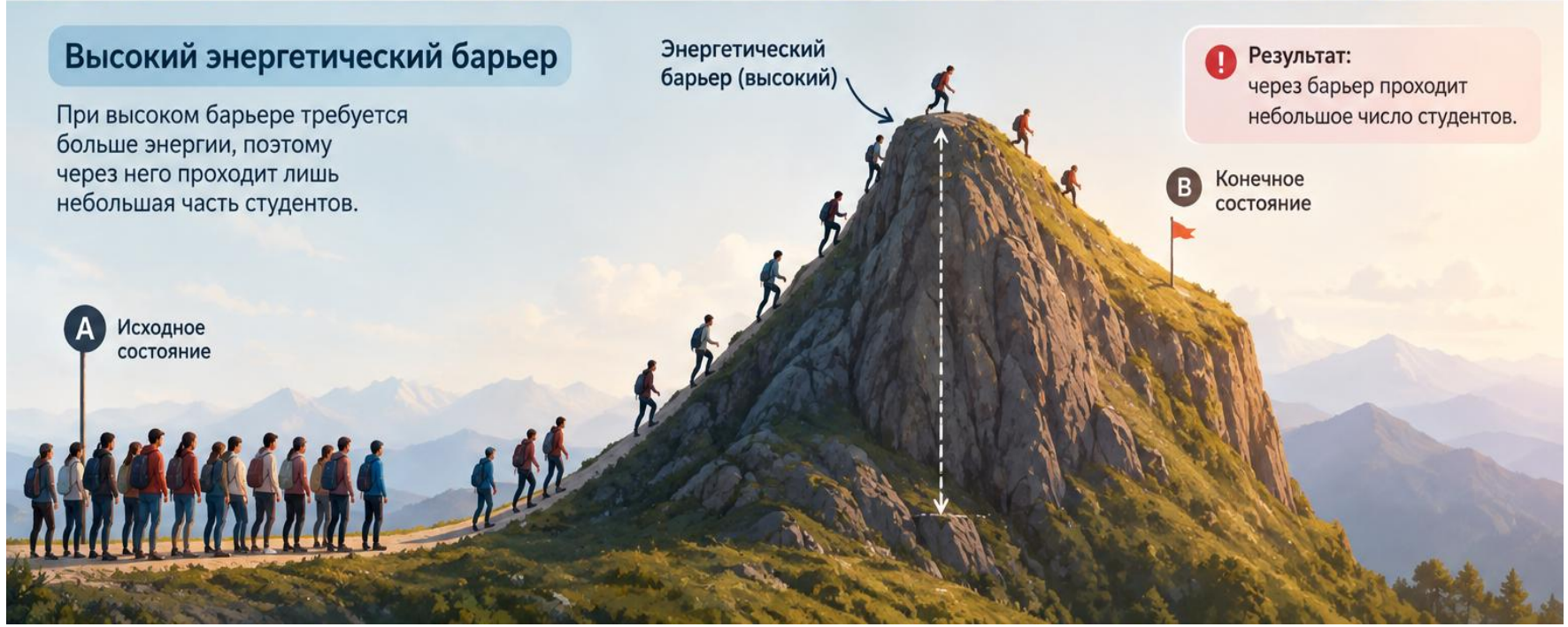
При низком барьере достаточно меньшей энергии, поэтому многие студенты могут его преодолеть.



Результат: через барьер проходит много студентов.

Высокий энергетический барьер

При высоком барьере требуется больше энергии, поэтому через него проходит лишь небольшая часть студентов.



Результат: через барьер проходит небольшое число студентов.

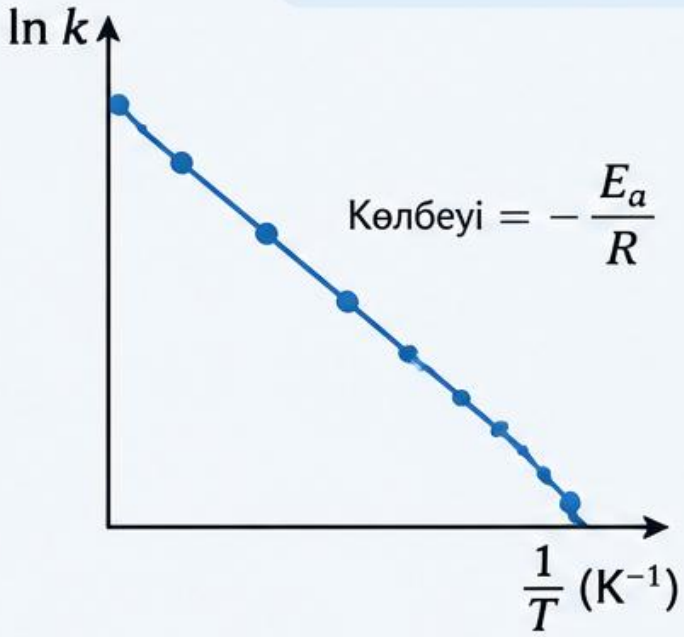
Активтену энергиясын анықтау жолдары

Активтену энергиясы (E_a) – реакцияның жүруі ұшін қажет минималды энергия.
Оны екі негізгі жолмен анықтауға болады: графиктік және есептік.

1. Графиктік жол

Аррениус теңдеуін логарифмдік тұрде жазып,
$\ln(k) - \frac{1}{T}/\frac{1}{T}$ графигі бойынша E_a анықталады.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$



Графиктің көлбеуін анықтап, E_a есептеледі:

$$E_a = -(\text{көлбеу}) \cdot R$$

мұндағы:

R – газ тұрақтысы (8,314 Дж/(моль·К)

Активтену энергиясын анықтау жолдары

Активтену энергиясы (E_a) – реакцияның жүруі ұшін қажет минималды энергия.
Оны екі негізгі жолмен анықтауға болады: графиктік және есептік.

2. Есептік жол

Температураға тәуелділік берілген кезде, Аррениус теңдеуінен E_a тікелей есептеледі.

$$k = A\,e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Екі температурадағы жылдамдық константаларының қатынасын қолданып, E_a анықтауға болады:

$$\ln\frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

мұндағы:

k_1, k_2 – жылдамдық константалары

T_1, T_2 – температуралар (К)

R – газ тұрақтысы (8,314 Дж/(моль·К))

Қорытынды: Активтену энергиясын графиктік жолмен ($\ln k - \frac{1}{T}/\frac{I}{T}$) немесе есептік жолмен $\left(\ln\frac{k_2}{k_1}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$ анықтауға болады.



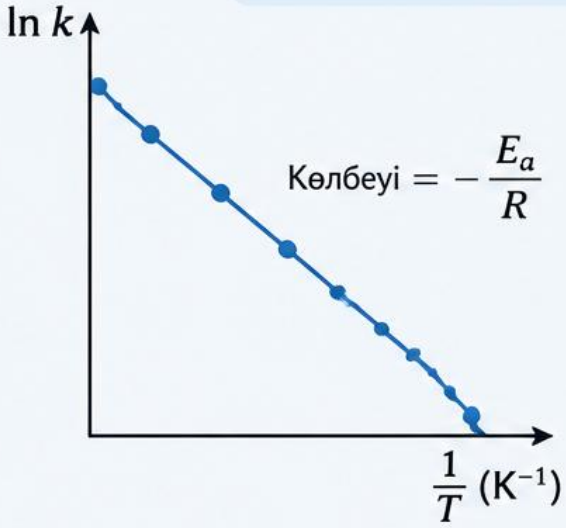
Активтену энергиясын анықтау жолдары

Активтену энергиясы (E_a) – реакцияның жүруі үшін қажет минималды энергия.
Оны екі негізгі жолмен анықтауға болады: графиктік және есептік.

1. Графиктік жол

Аррениус теңдеуін логарифмдік тұрде жазып, $\ln(k) - {}^{1}/_{T}$ графигі бойынша E_a анықталады.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$



Графиктің көлбеуін анықтап, E_a есептеледі:

$$E_a = -(\text{көлбеу}) \cdot R$$

мұндағы:
R – газ тұрақтысы (8,314 Дж/(моль·К)

2. Есептік жол

Температураға тәуелділік берілген кезде, Аррениус теңдеуінен E_a тікелей есептеледі.

$$k = A\, e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Екі температурадағы жылдамдық константаларының қатынасын қолданып, E_a анықтауға болады:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

мұндағы:
k_1, k_2 – жылдамдық константалары
T_1, T_2 – температуралар (К)
R – газ тұрақтысы (8,314 Дж/(моль·К))

Қорытынды: Активтену энергиясын графиктік жолмен ($\ln k - {}^{1}/_{T}$) немесе есептік жолмен $\left(\ln \frac{k_2}{k_1}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$ анықтауға болады.

Теріс активтену энергиясы – температура жоғарылаған кезде реакция жылдамдығының төмендеуімен сипатталатын кинетикалық құбылыс, яғни реакция жылдамдығы константасының температураға тәуелділігінен есептелетін эффективті активтену энергиясының теріс мәнге ие болуы.

Неліктен пайда болады?

- Күрделі реакциялардың көпсатылы механизмі кезінде;
- Реакция алдында аралық тұрақсыз кешендер немесе адсорбцияланған бөлшектер түзілгенде;
- Алдын ала тепе-теңдік сатысының температураға тәуелділігі жалпы реакция жылдамдығына әсер еткенде.

Аррениус теңдеуі бойынша:

$$E_a = -R\frac{d\ln k}{d(1/T)}$$

Маңызды: теріс активтену энергиясы реакцияның энергетикалық тосқауылы мүлдем жоқ немесе энергия бөлінуі теріс дегенді білдірмейді. Ол көбінесе күрделі реакция механизмінің нәтижесінде байқалатын эффективті кинетикалық параметр болып табылады.

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.