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

Нөлінші және үшінші ретті қарапайым қайтымсыз реакциялардын кинетикалық талдауы. Реттілігі әр түрлі реакциялардың жартылай ыдырау периодының теңдеулері

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. Бірінші ретті реакция жылдамдығы константасының өлшемі «уақыт-1» екенін дәлелдеңдер.
2. Бірінші ретті реакцияның жартылай ыдырау периоды әрекеттесуші заттың концентрациясына тәуелді емес, басқа реттілер үшін концентрация әсер ететінін негіздеңіз және математикалық түрде дәлелдеңіз.
3. Әрекеттесуші заттардың тең және әртүрлі концентрацияларындағы екінші ретті реакцияның жылдамдық константасының кинетикалық теңдеулерін талдаңыз.
4. Нөлдік ретті реакциялардың жылдамдығы концентрацияларға тәуелді емес екенін дәлелдеңіз және мұндай реакциялардың жылдамдық константасын анықтау әдістерін көрсетіңіз.

Жоспар

- **Дәріс жоспары**

Қарапайым қайтымсыз химиялық реакциялардың кинетикалық заңдылықтары және реакция реттілігі туралы түсінік.
Нөлінші ретті қайтымсыз реакциялардың кинетикалық ерекшеліктері және жылдамдық теңдеуі.
Нөлінші ретті реакциялардың дифференциалдық және интегралдық кинетикалық теңдеулерін қорыту.
Нөлінші ретті реакцияларда концентрацияның уақыт бойынша өзгеруі және кинетикалық тәуелділіктердің графиктік сипаттамасы.
Үшінші ретті қайтымсыз реакциялардың кинетикалық заңдылықтары және жылдамдық теңдеуі.
Үшінші ретті реакциялардың дифференциалдық және интегралдық кинетикалық теңдеулерін қорыту.
Үшінші ретті реакциялардағы жылдамдық константасының өлшем бірлігі және концентрацияның уақытқа тәуелділігі.
Жартылай ыдырау периоды туралы түсінік және оның жалпы математикалық өрнегі.
Нөлінші, бірінші, екінші және үшінші ретті реакциялар үшін жартылай ыдырау периодының теңдеулерін қорыту.
Әртүрлі ретті реакциялардағы жартылай ыдырау периодының бастапқы концентрацияға тәуелділігін салыстырмалы талдау.
Нөлінші және үшінші ретті реакциялардың кинетикалық ерекшеліктерін графиктік және математикалық әдістермен талдау.

n = 1 (бірінші)	$\ln \frac{C_0}{C} = kt$	$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C}$
n = 2 (екінші, $C_A = C_B$)	$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = kt$	$k = \frac{1}{t}\left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0}\right)$
n = 3 (үшінші, $C_A = C_B = C_C$)	$\frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2} = 2kt$	$k = \frac{1}{2t}\left(\frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2}\right)$

Әртүрлі реттілік үшін интегралдық теңдеулерге эксперименттік $C(t)$ мәндерін қойып, k есептеледі.

1-рет:

$$\ln \frac{C_0}{C} = kt$$

2-рет ($C_A = C_B$):

$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = kt$$

3-рет ($C_A = C_B = C_c$):

$$\frac{1}{C^2} - \frac{1}{C_0^2} = 2kt$$

Концентрацияның әртүрлі функцияларын уақытқа тәуелді етіп графиктейміз.



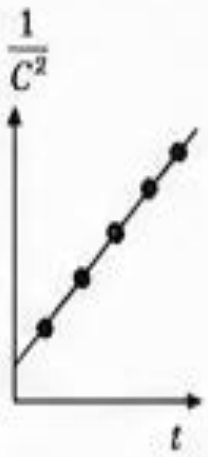
түзу сызық → n = 1

$k = \operatorname{tg} \alpha$



түзу сызық → n = 2

$k = \operatorname{tg} \alpha$



түзу сызық → n = 3

$k = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha$

$t_{1/2}$ – бастапқы концентрацияның 50% ыдырауына кететін уақыт.

$t_{1/2}$-дің C_0-ға тәуелділігі:

- $n = 1$: тәуелді емес
- $n = 2$: $t_{1/2} \sim 1/C_0$
- $n = 3$: $t_{1/2} \sim 1/C_0^2$

Әр түрлі C_0 үшін $t_{1/2}$ анықталып, тәуелділік арқылы реакция реттілігі табылады.

Жеке реттілік артық мөлшердегі басқа реагент үшін анықталады.

Жартылай ыдырау периоды $t_{1/2}$ – бастапқы концентрацияның 50% азаюына кететін уақыт. Оның C_0-ге тәуелділігі реттілікті көрсетеді.

Реттілік (n)	Интегралдық теңдеуден алынған $t_{1/2}$	$t_{1/2}$-дің C_0-ге тәуелділігі
n = 1	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$	Тәуелді емес
n = 2	$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$	$\sim 1/C_0$
n = 3	$t_{1/2} = \frac{1}{\sqrt{2}kC_0^2}$	$\sim 1/C_0^2$

2.3 Үшінші реттілікті қайтымсыз реакция

Үшінші реттілікті A + B + C →D + L реакциясын қарастырайық;

$c_A = c_B = c_C$ жағдайы үшін

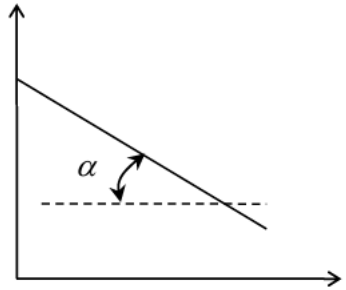
$$-\frac{dc}{dt} = K \cdot c^3 \text{ және } \int_{c_0}^{c} \frac{dc}{c^3} = -K \int_0^t dt .$$

Интегралды шешсек:

$$\frac{1}{c^2} - \frac{1}{c_0^2} = 2Kt, \text{ бұдан } K = \frac{1}{2t} \frac{\left(c_0^2 - c^2\right)}{c_0^2 \cdot c^2}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{3}{2Kc_0^2}, \qquad c_A \neq c_B \neq c_C$$

Нөлінші реттілікті қайтымсыз реакция



Концентрацияның уақытқа тәуелділігі

$$K = \frac{c_0}{2t_{\frac{1}{2}}} \text{ немесе } t_{\frac{1}{2}} = \frac{c_0}{2K}$$

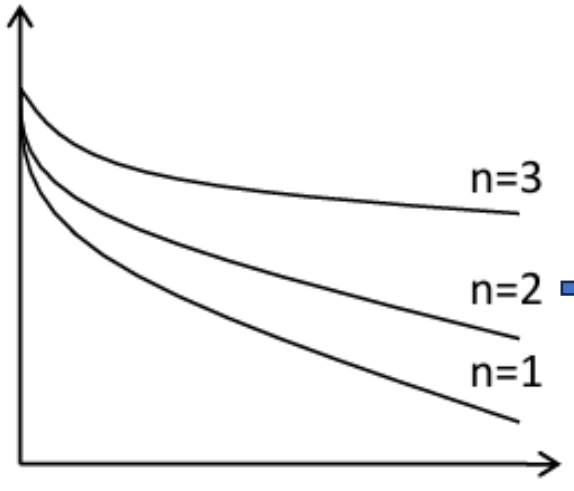
$$K = \frac{c_0 - c}{t} = \frac{x}{t} \qquad Kt = c_0 - c \text{ немесе } c = c_0 - Kt.$$

n - ші реттілікті қайтымсыз реакция

Көптеген химиялық реакциялар күрделі механизммен жүреді, мұндай реакциялардың реттілігі бүтін немесе бөлшек сандарға тең болады.

$A_1 + A_2 \rightarrow B + C$ реакциясы n - ші реттілікпен жүреді дейік. Сонда жылдамдықтың теңдеуін былай жазуға болады: $\omega = Kc^n = -\frac{dc}{dt}$, немесе интегралдауға ыңғайлы түрде жазсақ: $\frac{dc}{c^n} = -Kdt$; C_0 - ден C -ге дейін және t = 0 - ден t - ға дейінгі аралықта интегралдасақ:

$$\frac{1}{(n-1)}\left[\frac{1}{c^{n-1}} - \frac{1}{c_0^{n-1}}\right] = Kt \text{ немесе } K = \frac{1}{t(n-1)}\left[\frac{1}{c^{n-1}} - \frac{1}{c_0^{n-1}}\right] \quad (17)$$



Әртүрлі реттілікті реакциялардың кинетикалық қисықтары

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.