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

Химиялық үдерістердің термодинамикалық негіздері: энергия, жылу сыйымдылығы және жылу эффектілері

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

PhD Савденбекова Б.Е.

Алматы, 2026

Дәрістің мақсаты — Жылу сыйымдылықтың негізгі ұғымдарын, оның температураға тәуелділігін және Гесс заңын меңгерту, сондай-ақ олардың химиялық және фармацевтикалық жүйелердегі жылу эффектілерін сипаттаудағы рөлін түсіндіру.

Бақылау сұрақтары:

1) Жылу сыйымдылық ұғымына анықтама беріп, оның тұрақты қысымдағы және тұрақты көлемдегі түрлерін атаңыз.
2) Жылу сыйымдылықтың температура өзгерген кезде неліктен өзгеретінін түсіндіріңіз.
3) Жылу сыйымдылықтың температураға тәуелділігін ескере отырып, белгілі бір температура аралығындағы жүйенің жылу мөлшерін есептеңіз.
4) Тұрақты қысымдағы және тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылықтардың айырмашылығын талдап, олардың арасындағы байланысты көрсетіңіз.
5) Тікелей калориметриялық өлшеу мүмкін болмаған жағдайда реакцияның жылу эффектісін анықтау үшін Гесс заңын қолданудың тиімділігін бағалаңыз.
6) Берілген химиялық реакцияның жылу эффектісін анықтау үшін бірнеше белгілі реакцияларды пайдалана отырып, Гесс заңы негізінде термохимиялық есептеу сызбасын құрастырыңыз.

Дәріс жоспары:

1. Жылу сыйымдылығы туралы жалпы түсінік. Жылу сыйымдылығының физикалық мәні және өлшем бірліктері.
2. Жылу сыйымдылығының түрлері: меншікті, молярлық, тұрақты қысымдағы және тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылықтары.
3. Жылу сыйымдылықтың температураға тәуелділігі. Кирхгоф теңдеуі және оның термохимиялық есептеулердегі қолданылуы.
4. Жылу сыйымдылықтың заттың агрегаттық күйіне және молекулалық құрылысына тәуелділігі.
5. Химиялық реакциялардың жылу эффектісі және энтальпия өзгерісі.
6. Гесс заңы және оның термодинамикалық негіздері.
7. Түзілу, жану және басқа термохимиялық процестердің стандартты энтальпиялары арқылы реакцияның жылу эффектісін есептеу.
8. Гесс заңын фармацевтикалық және химиялық жүйелердегі жылу эффектілерін анықтауда қолдану.

$p = \text{const}$

$$C_p = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p$$

$$C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$$

$$\delta Q_p = C_p \, dT$$

$V = \text{const}$

$$C_v = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V$$

$$C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$$

$$\delta Q_v = C_v \, dT$$

1. Жылу сыйымдылығының физикалық мағынасы

Жылу сыйымдылығы C— жүйенің температурасын 1К-ге өзгерту үшін қажет жылу мөлшерін сипаттайтын шама.

Дифференциалдық түрде:

$\boxed{C = \frac{\delta Q}{dT}}$ немесе: $\boxed{\delta Q = C\,dT}$

Егер Cтұрақты деп есептесек:

$$\boxed{Q = C\Delta T}$$

2. Жылу сыйымдылығы нені білдіреді?

Мысалы, екі материалға бірдей:

$$Q = 100\ \text{J}$$

жылу берілді.

Егер бірінші материалдың температурасы аз ғана өзгерсе, ал екіншісінікі айтарлықтай өзгерсе, онда бірінші материалдың жылу сыйымдылығы жоғары.

Жылу сыйымдылығын бірнеше белгі бойынша жіктеуге болады: **меншікті, молярлық, тұрақты қысымдағы және тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылықтар**.

1. Меншікті жылу сыйымдылық *c*

Заттың **1 грамының температурасын 1 К-ге өзгертуге қажетті жылу мөлшері**.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Өлшем бірлігі:

$$\text{Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$$

немесе

$$\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

$$Q = mc\Delta T$$

---

2. Молярлық жылу сыйымдылық C_m

Заттың **1 молінің температурасын 1 К-ге өзгертуге қажетті жылу мөлшері**.

$$C_m = \frac{Q}{n\Delta T}$$

Өлшем бірлігі:

$$\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

4. Жылу сыйымдылығы температураға тәуелді ме?
Иә.
Көптеген заттар үшін Cтемпература өзгерген сайын өзгереді.
Сондықтан шын мәнінде:

$$\boxed{C = C(T)}$$

деп қарастыру керек.
Бұл жағдайда қарапайым:

$$Q = C\Delta T$$

теңдеуін барлық температура аралығында тұрақты Cүшін қолдану дұрыс болмайды.
Оның орнына:

$$\boxed{\delta Q = C(T)dT}$$

және белгілі бір температура аралығында:

$$\boxed{Q = \int_{T_1}^{T_2} C\,(T)\,dT}$$

5. Температураға тәуелділіктің теңдеуі
Орташа температуралық аралықтарда жылу сыйымдылығын эмпирикалық түрде полиноммен өрнектеуге болады:

$$\boxed{C_P(T) = a + bT + cT^2 + \cdots}$$

Сонда:

$$Q_P = \int_{T_1}^{T_2} C_P\,(T)dT$$

яғни:

$$\boxed{Q_P = a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3)}$$

$$C = C(T)$$

$$\delta Q = C(T)\,dT$$

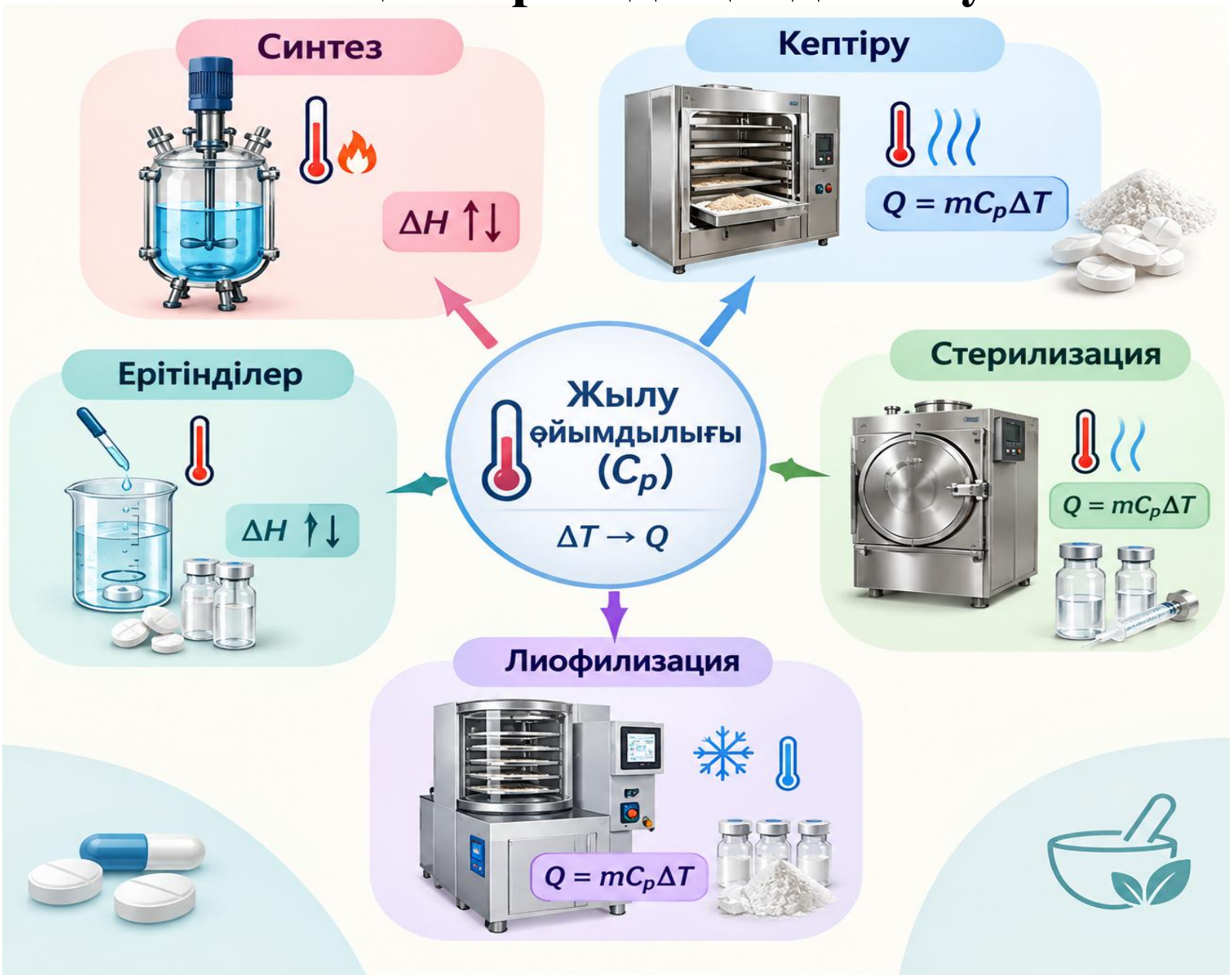
$$Q = \int_{T_1}^{T_2} C(T)\,dT$$

$$C(T) = a + bT + cT^2 + dT^3 + \cdots$$

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2 + dT^3 + \cdots)\,dT$$

$$Q = a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \cdots$$

Жфлу эффектісі және жылу сыйымдылығы бойынша ілімнің тәжірибеде қолданылуы



Гесс заңының физикалық негізі

Химиялық реакциялар көбінесе тұрақты қысымда жүргізілетіндіктен, мұндай жағдайда реакцияның жылу эффектісін **энтальпия өзгерісімен** байланыстырамыз:

$$\boxed{Q_p = \Delta H}$$

Энтальпия — **күй функциясы**. Күй функциясы болғандықтан, оның өзгерісі жүйенің қандай жолмен бастапқы күйден соңғы күйге өткеніне тәуелді емес.

$$\boxed{\Delta H = H_2 - H_1}$$

Реакция бір сатыда жүрсе де, бірнеше аралық саты арқылы жүрсе де:

$$\boxed{\Delta H_{\text{жалпы}} = \sum_i \Delta H_i}$$

Осы қағида **Гесс заңын** береді. **Гесс заңы:**

Химиялық реакцияның жылу эффектісі реакцияның жүру жолына тәуелді емес, тек бастапқы және соңғы күйдегі заттардың күйіне тәуелді.

Математикалық түрде:

$$\boxed{\Delta H_{\text{реакция}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \cdots}$$

егер:

$$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$$

арқылы жүрсе:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

және:

$$\boxed{\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3}$$

Неліктен Гесс заңы маңызды?

Кейбір химиялық реакциялардың жылу эффектісін **тікелей тәжірибе жүзінде анықтау қиын немесе мүмкін емес.**

Мысалы, қажетті реакция өте баяу жүруі мүмкін немесе бірнеше параллель/аралық реакциялар қатар жүруі мүмкін.

Бірақ сол реакцияға байланысты басқа реакциялардың:

$$\Delta H_1,\ \Delta H_2,\ \Delta H_3$$

мәндері белгілі болса, қажетті:

$$\Delta H$$

мәнін есептеуге болады.

Яғни:

тәжірибеде өлшеу қиын ΔH → белгілі ΔH-тар арқылы есептеу

Гесс заңының бірінші маңызды салдары

А) Заттың түзілу энтальпиялары арқылы реакция энтальпиясын есептеу

Кез келген реакция үшін:

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

реакцияның стандартты энтальпия өзгерісі:

$$\Delta_r H^\circ = \sum \nu_i \, \Delta_f H_i^\circ(\text{өнімдер}) - \sum \nu_i \, \Delta_f H_i^\circ(\text{реагенттер})$$

Мұндағы:

$$\Delta_f H^\circ$$

— заттың **стандартты түзілу энтальпиясы**.

Яғни 1 моль заттың стандартты жағдайда өзінің элементтерінен түзілу кезіндегі энтальпия өзгерісі.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. Физикалық химия (химиялық кинетика және электрохимия): оқулық / Ә.Қ. Оспанова, Г.А. Сейілханова; Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2023. - 243, [1] б. - ISBN 978-601 04-6459-9 :
2. Оспанова, Әлия Қапанқызы. Физикалық химияның теориялары мен мәселелері : оқу құралы / Ә. Қ. Оспанова, Г. Х. Шәбікова, Л. И. Сыздықова ; Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2021. - 188, [1] б. - ISBN 978-601-04-5546-7 :
3. Физикалық химия пәні бойынша есептер. (Химиялық кинетика және электрохимия) : оқулық / Г. Х. Шабікова, Ә. Қ. Оспанова, Н. С. Ашимхан ; ҚР Білім және ғылым м-гі, Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2016. - 285
4. Физикалық химия : оқулық / С.Х. Хұсайын ; ҚР Білім және ғылым м-гі, Қ.И. Сәтбаев атын. ҚазҰТУ. - Алматы : ҚазҰТУ, 2014. - 403, [1] б. : сур. - Библиогр.: 355-356 б. - ISBN 978-601-228 643-4