Дәріс 5.
Н.Н. Семеновтың жылулық жарылыс теориясы. Өздігінен тұтанудың параметрлерден тәуелділігі.

Дәріскер: х.ғ.к., доцент

Кудьярова Ж.Б.

- **Дәрістің мақсаты:** білім алушыларға Семеновтың жылулық жарылыс теориясының мәнін және маңыздылығын ашып түсіндіру және өздігінен тұтанудың параметрлерге тәуелділігін талдау.
- Дәрісте Н. Семеновтың жылулық жарылыс теориясы, өздігінен тұтану үдерісі, жүйедегі жылудың температура әсерінен өзгерісі, жылулық жарылыстың орын алу себептері қарастырылады.

Неліктен төмен температурада баяу әрекеттесетін қоспа жоғары температурада тұтанады? Бұл сұрақтың жауабын Н.Н. Семеновтың жылулық жарылыс теориясы тұрғысынан қарастырайық.

Қабырғаларының температурасы T_0 жабық ыдыстағы экзотермиялық химиялық реакцияның өтуін қарастырайық. Бастапқы уақыт мезетінде газ температурасы да T_0 - ге тең, сосын ол айнымалы Т - ға өзгереді. Реакция жылдамдығы температураға тәуелді. Ыдыста жылу бөліну жылдамдығы:

$$q_+ = QW \qquad (1)$$

мұндағы: α - жылу берілу коэффициенті, S, V - ыдыстың ауданы мен көлемі.

Реакциялық ыдыс қабырғасына жылу берілу жылдамдығы:

$$q_- = \alpha S(T-T_0) / V \qquad (2)$$

Реакцияның стационарлық режимде жүру жағдайы жылу бөліну мен жылу берілу бір-біріне теңескенде $q_+ = q_-$ аяқталады, бұл теңдік ыдыстағы температураның стационарлық шамасының мүмкін болатын шамасын анықтайды.

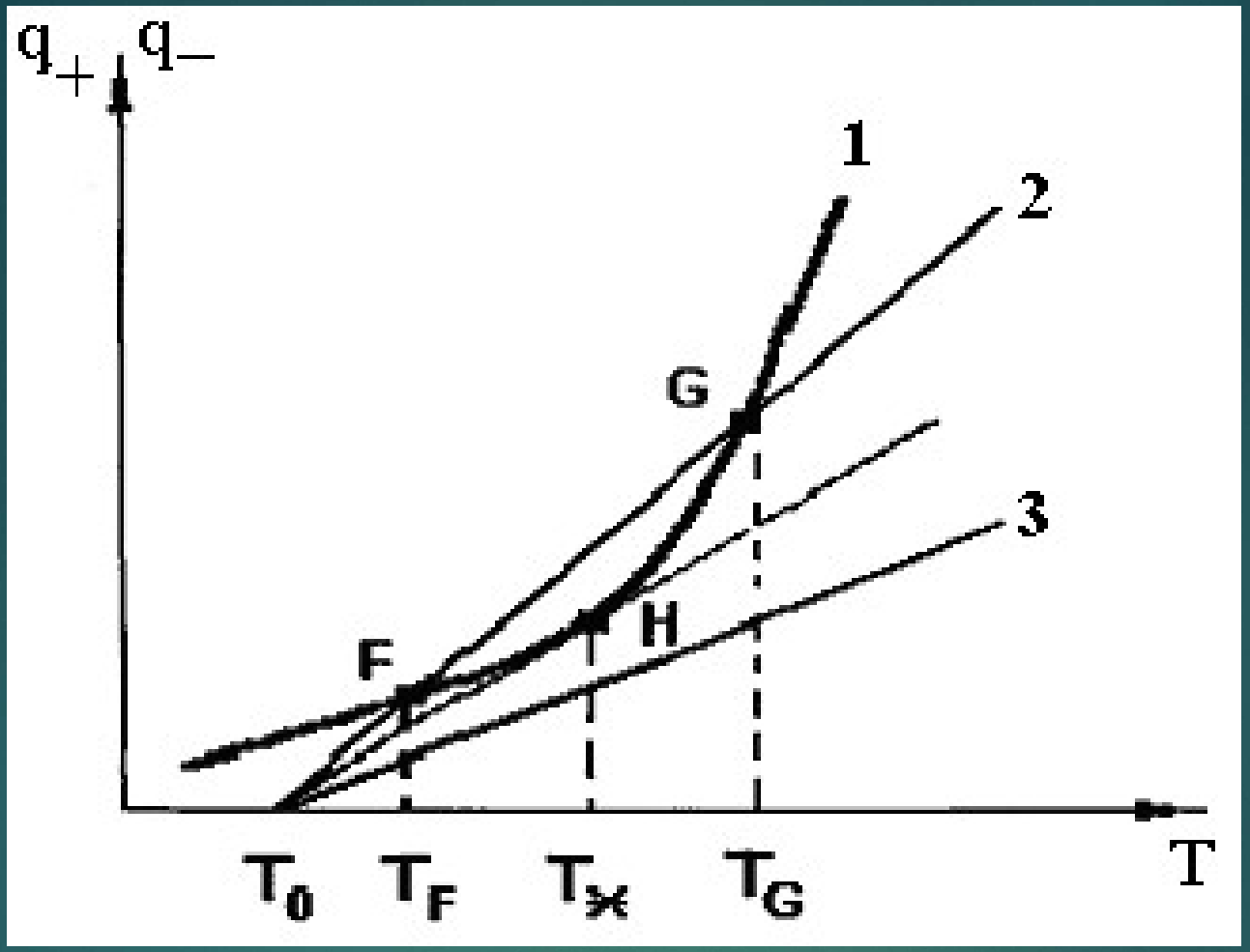
Жылу берілудің әр түрлі жағдайларындағы q_+ және q_- мәндерінің температураға тәуелділігін қарастырайық (1 - сурет).

Температура өскен сайын жылу бөліну жылдамдығы q_+ Аррениус заңына сәйкес реакция жылдамдығы сияқты өседі (1 - қисық), ал жылу берілу жылдамдығы q_- сызықты түрде өседі.

Жылудың берілуі өте айтарлықтай болып, q_- түзуі жылудың бөліну қисығын қиып өтсін деп қарастырайық (2 - қисық).

$T_{қоспа} = T_0$ (ыдыс қабырғасы) болғандықтан жылу әкетілмейді, реакцияда жылу бөлініп, қоспа температурасы өсе бастайды, осының негізінде газ бен ыдыс қабырғасының температураларының айырымы да өсе бастайды, бұл жылу берілу жылдамдығының өсуіне алып келеді.

$T = T_F$ газдың қандай да бір температурасында Ғ нүктесінде q_+ пен q_- теңесіп, газ ары қарай қыздырылмайды.



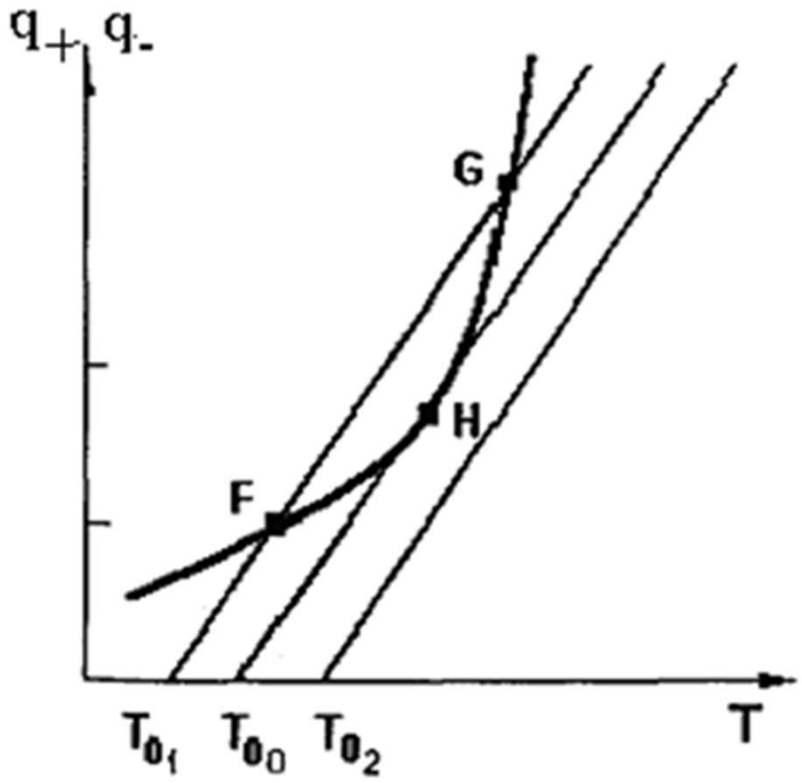
Сурет 1 - Жылу бөліну (q_+) және жылу берілу жылдамдықтарының (q_-) температураға тәуелділігі

Егер газды $T_ж \geq T_ғ$ дейін қыздырса, температура $T_ғ$-қа дейін төмендейді, бұл Ғ нүктесіне сай келетін стационарлық режимнің тұрақтылығын көрсетеді, яғни жылу берілу айтарлықтай және q_+ пен q_- қиылысатын болса, газ T_0-ге жақын $T_ғ$ температураға дейін қызады да, осы температурада ұзақ уақыт әрекеттесетін болады.

$T = T_G$ тең болғанда 2-қиылысу нүктесіне G жетеді, ол тұрақсыз режимге сәйкес келеді. Шынында да, егер T мәні T_G мәнінен төмен болса, онда $q_- > q_+$ және $T > T_ғ$. Егер газды T_G мәнінен жоғары мәнге қыздырса, онда q_+ өсе түседі. Бұл экспоненциалды жарылысқа алып келеді. Осылайша G нүктесі айырық нүктесінің ролін атқарады.

Енді жүйені T_0 температурада жылу берілу нашарлады (мысалы S/V қатынасының азаюынан) деп қарастырайық. Жылу бөліну қисығы өзгермейді, бірақ q_- түзуінің бұрыштық коэффициенті азаяды (3 - қисық). 1 - қисық барлық температура мәнінде осы 3 - қисықтан жоғары жататын болады. Бұл жағдайда әрекеттесуші қоспа температурасы мен реакция жылдамдығы шексіз жоғарылайды. Осы кезде *өздігінен тұтану* болады. Экзотермиялық реакцияның стационарлық режимі болмайды.

- Мұндай нәтижеге жылу берілу шартын емес, ыдыс қабырғасының температурасын T_0 өзгерте отырып та, қол жеткізуге болады. Бұл кезде жылу берілу түзуінің көлбеуі сол қалпынша қалады да, бірақ температураның өзгеру бағытына қарай параллель ығысады (2 - сурет). $T_{01} < T_*$ температурада стационарлы режим орнайды, ал T_{02} температурада қисықтар қиылыспайды, жарылыс орын алады.
- Стационарлық режим мүмкін болатын ыдыс қабырғасының ең жоғары температурасы T_{00} болады, бұл кезде q_+ және q_- қисықтары жанасады.
- Сонымен, жанғыш қоспаның тұтану қабілеті алғашқы зерттеушілер айтқандай қоспаның реакцияға түсу қабілетіне байланысты қандай да бір физикалық тұрақтымен сипатталмайды.
- Өздігінен тұтану реакциялық ыдыс пішіні мен өлшемдеріне, газдың жылу өткізгіштігіне және т.б. факторларға тәуелді. Химиялық реакцияның жылдамдығына тәуелді емес.



2 - сурет. Жылу бөліну (q_+) және жылу берілу жылдамдықтарының (q_-) температураға тәуелділігі

- Семенов теориясының ерекшелігі - стационарлы емес процеске жататын жарылысты (өздігінен тұтануды) талдауға стационарлы бағыт қолданылған. Стационарлы емес режим - жарылыстың пайда болу шарты стационарлы режимнің жойылу шартымен түсіндіріледі, яғни жылудың берілуімен тепе-теңдіктегі жылу бөле жүретін баяу реакцияның өтуі мүмкін еместігімен түсіндіріледі.
- Семенов көрсеткендей, тұтану $T_{ст}$ жоғары температураларда жүзеге асады, қабырға температурасы тұтану шарттарын, реакция уақыты сияқты процестің маңызды сипаттамаларын анықтайды. Мысалы, егер 580 °С - та өздігінен тұтану болмай, ал 600 °С - та тұтану болса, бұл 600 °С - та реакция жылдамдығы өсетін жағдайлар туады.
- Демек, тұтану температурасында жылудың берілуі жылудың бөлінуін теңестіре алмайды.

Бақылау сұрақтары:

- Төмен температурада баяу әрекеттесетін қоспаның жоғары температурада тұтану себебіг түсіндіріңіз.
- Өздігінен тұтануды сипаттаңыз.
- Семенов теориясының ерекшелігін бағалаңыз.
- Критикалық нүктенің мәнін ашып түсіндіріңіз.
- Жүйедегі жылу бөліну мен жылудың берілу жылдамдықтарының температура бойынша өзгерісін талқылаңыз.

Әдебиеттер:

- Ведрученко В.Р., Крайнов В.В., Гаак В.К. Топливо и основы теории горения. Изд-во: Инфра-Инженерия, 2024. – 220 с.
- Мансұров З.А. Жану теориясы: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2011 – 164 бет.
- Ермолин Н.Е., Фомин В.М. Горение газофазных и конденсированных систем. Методы расчета. Структура пламен. Изд-во: Физматлит, 2022. – 520 с.
- Головченко О.Ю. Современные проблемы процессов горения, детонации и взрыва: учеб.пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 152 б.