

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA‘LIM FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA
AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI

“Kimyo muhandisligi ” kafedrasi

«KIMYO MUHANDISLIGI MAXSUS BOBLARI»

fanidan bakalavrlar uchun amaliy mashg‘ulotlardan uslubiy ko‘rsatma



Termiz-2025

Mazkur ko'rsatma «Kimyo muhandisligi maxsus boblari» fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarishga o'rgatadigan metodik ko'rsatmaning bayoni va hisobi berilgan.

Uslubiy ko'rsatmada «Kimyo muhandisligi maxsus boblari» fanini o'zlashtirayotganda o'rganilishi lozim bo'lgan bir qancha jarayonlar ustida amaliy mashg'ulotlar olib borish berilgan. Bu mashg'ulotlarda qisqacha nazariy ma'lumotlar ishni bajarish tartiblari va qanday adabiyotlardan foydalanish mumkinligi to'g'risida to'liq ma'lumotlar berilgan.

Uslubiy ko'rsatmadan Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetida «Kimyo muhandisligi maxsus boblari» fani o'qitiladigan barcha yo'nalishlarda ko'rsatma sifatida foydalanish mumkin.

*Ushbu “Kimyo muhandisligi maxsus boblari” fanidan amaliy mashg'ulotlardan
uslubiy ko'rsatmasi barcha qiziquvchlar uchun mo'ljallangan*

Tuzuvchilar:

TDMAU “Kimyo muhandisligi” kafedrası professor-o'qituvchilari:
Berdiyarov O'.M. Shamayev B.E. Zikirov H.A.

Taqrizchilar:

Xodjamkulov S.Z.

TDMAU “Kimyo muhandisligi” kafedrası, dotsenti, DSc

Nuraliyev G'.T.

TerDU “Organik kimyo” kafedrası dotsent v.b. PhD

*Ushbu uslubiy qo'llanma universitet uslubiy Kengashining ____ 2025 yil
__- sonli majlisida ko'rib chiqildi va chop etishga tavsiya qilingan.*

Kirish

Ushbu «**Kimyo muhandisligi maxsus boblari**» fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarishga o'rgatadigan metodik qo'llanmaning bayoni va hisob-kitoblari talabalarning ma'ruzalar davomida olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash, ularni amaliyot bilan bog'lash va ishlab chiqarish jarayonlarini chuqurroq anglashga xizmat qiladi.

Fanda o'rganiladigan asosiy kimyoviy texnologik jarayonlar – gomogen, geterogen va boshqa turdagi kimyoviy reaksiyalar boradigan reaktorlar faoliyati asosida yaratilgan bo'lib, ular xalq xo'jaligida keng qo'llaniladigan texnologik jarayonlarning nazariy modelidir. Ushbu reaktorlar mineral o'g'itlar, sement, ekstraksion fosfat kislotasi, ammiak, xlorid kislota kabi asosiy kimyoviy mahsulotlarni ishlab chiqarishning yuragi hisoblanadi.

Kimyoviy ishlab chiqarish korxonalarida reaktorlar, issiqlik almashinish apparatlari, kontakt qurilmalari va ajratish tizimlari turli harorat va bosim sharoitlarida ishlaydi. Shu sababli, talabalar ushbu metodik qo'llanma orqali reaktorlarning ishlash prinsiplari, jarayon kinetikasi, massaviy va issiqlik muvozanati, hamda texnologik parametrlarning optimal tanlanishi bilan tanishadilar.

Qo'llanmada mineral o'g'itlar ishlab chiqarish texnologiyasi, sement ishlab chiqarish texnologiyasi (xomashyo tarkibini hisoblash, aylanma pechda pishirish jarayoni, klinker fazalari hosil bo'lishi) hamda ekstraksion fosfat kislotasi ishlab chiqarish (P_2O_5 modda balansini tuzish, kislotalash darajasi va texnologik reaktorlar samaradorligi) bo'yicha amaliy mashqlar, nazariy asoslar va hisoblash usullari keltirilgan.

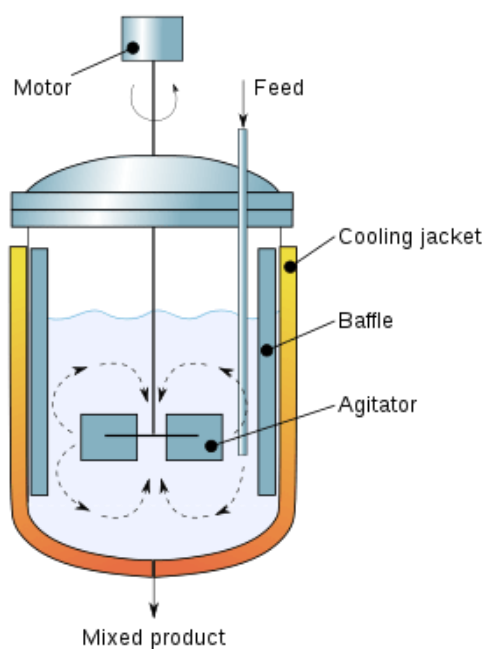
Mazkur uslubiy qo'llanma «Kimyo muhandisligi maxsus boblari» fani o'qitiladigan barcha mutaxassisliklarning bakalaviriyat talabalariga mo'ljallangan. Qo'llanma talabalarga nazariy bilimlarni amaliyot bilan uyg'unlashtirish, ishlab chiqarish texnologik sxemalarini o'qish, texnologik parametrlarni tahlil qilish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish bo'yicha amaliy ko'nikmalarni shakllantirishga yordam beradi.

1-amaliy mashg'ulot

Oddiy kimyoviy reaktor (ideal aralashtirgich va ideal oqimli) uchun moddiy balansni hisoblash.

Maqsad va vazifalar

- CSTR va PFR uchun umumiy modda balansni yozishni va yechishni o'rganish.
- Birinchi tartibli reaksiya misolida chiqish kontsentratsiyasini aniqlash.
- Reaktor hajmi yoki konversiyani hisoblash.
- Eksperimental va nazariy natijalarni solishtirish uchun ko'rsatmalar.



Ideal aralashtirgich reaktori (**CSTR**) ko'pincha aralash oqim reaktori (MFR) deb ham ataladi. Ushbu reaktorda ham reaksiya yopiq reaktorda sodir bo'ladi. Reaktorda reaktivlarni yaxshilab aralashtirish uchun aralashtirgich ham mavjud. U uzlukli reaktordan farq qiladi, chunki nomning o'zi uning uzluksiz turdagi uskuna ekanligini ko'rsatadi.

Reaktivlar reaktorga ma'lum bir massa oqimi tezligida kiradi, idish ichidagi reaksiya reaktorning fazoviy vaqti bilan belgilanadi va keyin ular mahsulot hosil qiladi. Mahsulotlar reaktordan bir xil massa oqim tezligida oqadi. Bir fazoviy vaqt - bitta reaktor hajmini qayta ishlash uchun zarur bo'lgan vaqt.

CSTR barqaror statsionar uskunadir. Bu konvertatsiya darajasi vaqtga bog'liq emasligini anglatadi. Aralashtiruvchi reaktor bo'ylab konsentratsiyaning bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi. Bu shuni anglatadiki, konvertatsiya darajasi ham joylashuvga bog'liq emas. Konversiya darajasi reaktor hajmiga bog'liq.

Afzallik. Sanoatda C.S.T.R dan foydalanishning eng katta afzalligi shundaki, u katta hajmdagi mahsulotlarni ishlab chiqarishi mumkin va uzluksiz barqaror holatdagi reaktor bo'lib, u soatlab ishlay oladi.

Kamchilik. Kamchiligi shundaki, CSTR juda sekin kinetikaga ega bo'lgan reaksiyalar uchun ishlatilmaydi, chunki u juda katta hajmdagi reaktorni talab qiladi. Reaktorni ishlab chiqarish va ishlatish xarajatlari uni amalga oshirib bo'lmaydigan qilib qo'yishi mumkin. Bunday holda davriy reaktor ishlatiladi.

Ideal siquvchi (Plug

flow reactor–PFR) ba'zan

doimiy quvurli reaktor

(CTR) deb ham ataladi.

Ideallashtirilgan modelda

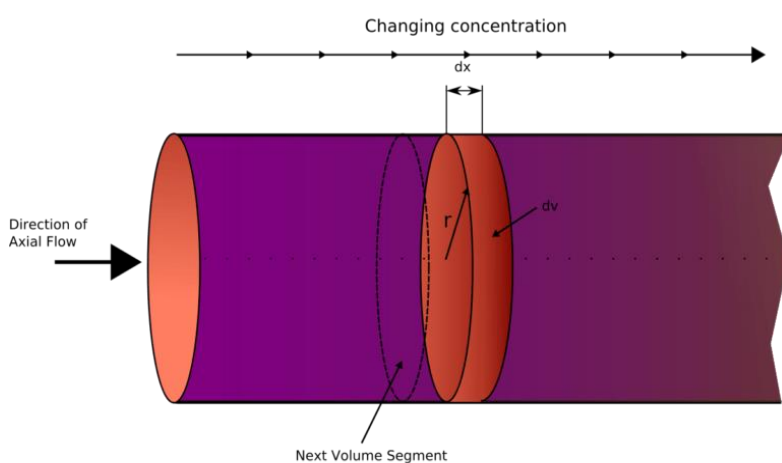
reaksiya aralashmasining

profilini bir nechta

tiqinlardan tashkil topgan va

har bir vilka bir xil

konsentratsiyaga ega deb hisoblash mumkin.



Ideallashtirilgan P.F.R modeli eksenel aralashtirish yo'q degan taxminga ega. Bu reaktor ichida hech qanday qayta aralashish yo'qligini anglatadi.

Afzallik. P.F.R ning C.S.T.R dan afzalligi shundaki, bir xil fazoviy vaqt va bir xil darajadagi konvertatsiya uchun P.F.R hajmi C.S.T.R dan nisbatan kichikroq bo'ladi, bu reaktor uchun kichikroq joy kerakligini, shuningdek, bir xil hajmdagi reaktor uchun konversiya darajasi P.F.R da C.S.T.R ga qaraganda yuqori ekanligini anglatadi. Ko'pincha P.F.R gaz fazali katalitik reaksiyalarning kinetikasini o'rganish uchun ishlatiladi.

Kamchilik. Kamchiligi shundaki, agar P.F.R da ekzotermik reaksiyani amalga oshirilsa, harorat gradientlarini nazorat qilish qiyin. P.F.R ning ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatish narxi ham C.S.T.R.dan kattaroqdir.

1-masala. Ideal aralashtirgich reaktorga (CSTR) 10 kmol/soat tezlikda A moddasi (toza holda) kiritilmoqda. Reaktor hajmi – 5 m³. Reaksiyaning tezlik konstantasi $k=0.5 \text{ soat}^{-1}$

Savol: Reaktordan chiqayotgan A moddasining konsentratsiyasini toping.

Yechim.

Eslatma: faqat molar oqim berilgan, lekin hajmiy oqim yoki kirish konsentratsiyasi aniq emas. Osonlik uchun oddiy taxmin qilamiz: kirishdagi konsentratsiya $C_{A0}=1.000 \text{ kmol/m}^3$ (Bu holda hajmiy oqim $Q=F_{A0}/C_{A0}$)

1. Kirishdagi molar oqim $F_{A0}=10.000 \text{ kmol/soat}$
2. Taxmin bo'yicha $C_{A0}=1.000 \text{ kmol/m}^3$
3. Hajmiy oqimni hisoblaysiz:

$$C = \frac{F_{A0}}{C_{A0}} = \frac{10000}{1,0} = 10000 \text{ m}^3/\text{soat}$$

4. O'rtacha reaktorda qolish vaqti $\tau=V/Q=5.000/10.000=0.500 \text{ soat}$.
5. CSTR uchun birinchi tartibli reaksiya formulasi:

$$C_A = \frac{C_{A0}}{1 + k\tau}$$

Hisoblaymiz: $k\tau=0.5 \times 0.5=0.25$

$1+k\tau=1+0.25=1.25$.

$$C_A = \frac{1,0}{1,25} = 0,8 \text{ kmol/m}^3$$

Javob: $C_A=0.800 \text{ kmol/m}^3$

2-masala. Ideal oqimli reaktor (PFR) hajmi 20 m³, A moddasi kirishda 2 kmol/m³ konsentratsiyada va 5 m³/soat sarf bilan yuborilmoqda. Reaksiya birinchi tartibli: $-r_A=k C_A$, $k=0.2 \text{ soat}^{-1}$.

Savol: Reaktor chiqishidagi A konsentratsiyasini hisoblang.

Shart: $V=20 \text{ m}^3$, $C_{A0}=2.000 \text{ kmol/m}^3$, $Q=5.000 \text{ m}^3/\text{soat}$, $k=0.2 \text{ soat}^{-1}$.

Savol: chiqishdagi C_A aniqlang.

1. O'rtacha qolish vaqti $\tau=V/Q=20.000/5.000=4.000 \text{ soat}$.

2. PFR uchun birinchi tartibli yechim: $C_A = C_{A0}e^{-k\tau}$.

Hisoblaymiz: $k\tau = 0.2 \times 4 = 0.8$.

3. $e^{-0.8}$ qiymatini hisoblaymiz: $e^{-0.8} \approx 0.4493289641$.

4. $C_A = 2.000 \times 0.4493289641 = 0.8986579282 \text{ kmol/m}^3$.

Javob: $C_A \approx 0.899 \text{ kmol/m}^3$.

3-masala. Ideal aralashtirgich reaktorida A moddasining konsentratsiyasi 1.5 kmol/m^3 bo'lishi kerak. Agar kiruvchi oqimda 3 kmol/m^3 bo'lsa va sarf $4 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lsa, reaktor hajmini toping.

Shart: CSTRda maqsad – chiqishda $C_A = 1.5 \text{ kmol/m}^3$. Kirishdagi $C_{A0} = 3.0 \text{ kmol/m}^3$. Sarf $Q = 4.0 \text{ m}^3/\text{soat}$. $k = 0.5 \text{ soat}^{-1}$.

Savol: reaktor hajmi V ni toping.

Avval umumiy formulani yozamiz, so'ng oddiy taxmin bilan misol keltiramiz.

CSTR steady-state tenglamasi (birinchi tartib):

$$Q(C_{A0} - C_A) = kVC_A.$$

Shuning uchun:

$$V = \frac{Q(C_{A0} - C_A)}{kC_A}$$

1. $C_{A0} - C_A = 3.0 - 1.5 = 1.5 \text{ kmol/m}^3$.
2. $Q(C_{A0} - C_A) = 4.0 \times 1.5 = 6.0 \text{ kmol/soat}$.
3. $kC_A = 0.5 \times 1.5 = 0.75 \text{ (1/soat) kmol/m}^3$.
4. $V = 6.0 / 0.75 = 8.0 \text{ m}^3$.

Javob: $V = 8.0 \text{ m}^3$.

Nazorat uchun masalalar:

1. Kirishda $C_{A0} = 2.0 \text{ kmol/m}^3$, konversiya $X = 25\%$ bo'lsa, chiqishdagi C_A ni toping. (**Javob:** $C_A = 1.50 \text{ kmol/m}^3$.)
2. Agar kirishda $C_{A0} = 3.0 \text{ kmol/m}^3$, chiqishda $C_A = 1.5 \text{ kmol/m}^3$, bo'lsa konversiya X qancha? (**Javob:** $X = 50\%$.)

3. PFR reaktorida o'rtacha qolish vaqti $\tau=2$ soat, reaksiyaning tezlik konstantasi $k=0.7 \text{ soat}^{-1}$. Chiqishdagi A moddasining nisbiy ulushi C_A/C_{A0} ni toping. (**Javob:** $C_A/C_{A0}\approx 0.2466$).
4. CSTR reaktorida $C_{A0}=4.0 \text{ kmol/m}^3$. Reaksiya birinchi tartibli, $k=0.4 \text{ soat}^{-1}$, reaktor hajmi $V=8.0 \text{ m}^3$, hajmiy oqim $Q=4.0 \text{ m}^3/\text{soat}$. Chiqishdagi C_A ni toping. (**Javob:** $C_A\approx 2.222 \text{ kmol/m}^3$)
5. PFR reaktorida hajm $V=10 \text{ m}^3$, kirish tezligi $Q=2 \text{ m}^3/\text{soat}$, $k=0.2 \text{ soat}^{-1}$, $C_{A0}=5 \text{ kmol/m}^3$. Chiqishda C_A qancha bo'ladi? (**Javob:** $C_A\approx 1.8394 \text{ kmol/m}^3$.)
6. Reaktor chiqishida $C_A=1.2 \text{ kmol/m}^3$, kirishda $C_{A0}=3.0 \text{ kmol/m}^3$. Reaktor hajmi $V=12.0 \text{ m}^3$, oqim tezligi $Q=6.0 \text{ m}^3/\text{soat}$. Agar reaksiya birinchi tartibli bo'lsa, tezlik konstantasi k ni hisoblang. (**Javob:** $k=0.75 \text{ soat}^{-1}$.)

2-amaliy mashg'ulot

Katalitik reaksiyada tezlik tenglamasi va konversiya darajasini hisoblash.

Katalitik reaksiya – bu reaksiya tezligini oshiruvchi katalizator ishtirokida kechadigan kimyoviy reaksiya. Katalizator o'zi reaksiyada sarflanmaydi, faqatgina reaksiya mexanizmini o'zgartiradi, ya'ni aktivlanish energiyasini kamaytiradi.

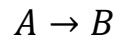
Katalitik reaksiyaning asosiy bosqichlari:

1. **Adsorbsiyalanish** – reaktivlar katalizator sirtiga yutiladi.
2. **Aktivlanish** – katalizator sirtida atom yoki molekulalar faollashadi.
3. **Reaksiya** – faollashgan modda o'zaro reaksiyaga kirishadi.
4. **Desorbsiyalanish** – mahsulotlar katalizator sirtidan ajralib chiqadi.

Reaksiya tezligi tenglamasi

Reaksiya tezligi – bu moddalarning konsentratsiyasi vaqt bo'yicha qanday o'zgarishini ko'rsatadi.

Masalan, umumiy reaksiya:



Reaksiya tezligi:

$$r = -\frac{dC_A}{dt}$$

bu yerda:

- r – reaksiya tezligi (mol/(L·s)),
- C_A – reagent A ning konsentratsiyasi,
- t – vaqt.

Katalitik reaksiya uchun tezlik tenglamasi

Agar reaksiya **birinchi tartibli** bo'lsa:

$$r = kC_A$$

Agar **ikkinchi tartibli** bo'lsa

$$r = kC_A^2$$

bu yerda

k – **tezlik konstantasi**, u **haroratga** bog'liq bo'ladi (Arrenius tenglamasi orqali):

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

bu yerda:

- A – chastota faktori,
- E_a – aktivlanish energiyasi,
- R – gaz doimiysi,
- T – harorat (K).

Konversiya darajasi – bu reaksiya davomida dastlabki moddaning qanchasi

$$X = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}}$$

reaksiyaga kirishganini bildiradi:

bu yerda:

- C_{A0} – boshlang‘ich konsentratsiya,
- C_A – vaqt t da qolgan konsentratsiya.

Agar $X=0.5$ bo‘lsa, bu **50% konversiya**, ya’ni reagentning yarmi reaksiyaga kirishgan degani.

Reaktor turi bo‘yicha bog‘lanish

a) Ideal aralashtirgich (CSTR):

$$\tau = \frac{C_{A0} - C_A}{r_A}$$

b) Ideal oqimli (Plug Flow Reactor, PFR):

$$\tau = \int_0^X \frac{dX}{r_A/C_{A0}}$$

bu yerda τ – o‘rtacha reaktorda **turish vaqt** (s).

Yechish uchun masalalar

1. Birlamchi (birinchi tartibli) katalitik reaksiya uchun tezlik konstantasi $k=0.15 \text{ s}^{-1}$, reagentning joriy konsentratsiyasi $C_A=0.6 \text{ mol/L}$. Reaksiya tezligini r toping.
2. Boshlang‘ich konsentratsiya $C_{A0}=1.2 \text{ mol/L}$. reaksiyadan keyin $C_A=0.3 \text{ mol/L}$. Reagentning konversiya darajasini X toping.
3. Birinchi tartibli reaksiya uchun: $k=0.2 \text{ s}^{-1}$, istalgan konversiya $X=0.8$. Ideal oqimli reaktor (PFR) uchun kerakli reaktorda turish vaqtini toping.
4. Agar reaksiya birinchi tartibli bo‘lsa va $k=0.1 \text{ s}^{-1}$, $X=0.75$, unda ideal aralashtirilgan reaktor (CSTR) uchun reaktorda o‘rtacha qancha vaqt qolish vaqtini hisoblang.
5. Reaksiya: $A \rightarrow B$, birinchi tartibli, $k=0.05 \text{ s}^{-1}$. Boshlang‘ich konsentratsiya $C_{A0}=1.0 \text{ mol/L}$. 10 sekunddan so‘ng C_A va X ni toping.

6. CSTR reaktorida birinchi tartibli reaksiya uchun: reaksiya tezlik konstantasi $k=0.2 \text{ min}^{-1}$ reaktorda turish vaqti $\tau=5 \text{ min}$, reaksiyaning konversiyasi X topilsin.

$$X = \frac{k\tau}{1 + k\tau}$$

3-amaliy mashg'ulot

Radioaktiv izotoplarning yarim parchalanish davrini va aktivligini hisoblash.

Radioaktiv parchalanish qonuni

Radioaktiv modda atomlarining parchalanish tezligi ularning miqdoriga **to'g'ri proporsional**:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

bu yerda:

- N – vaqt momentidagi atomlar soni,
- λ – parchalanish doimiysi (1/s).

Integrallangan shakli:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

- N_0 – dastlabki atomlar soni,
- t – vaqt.

Yarim parchalanish davri $T_{1/2}$ – bu vaqt ichida moddadagi atomlarning yarmi parchalanadi.

Bu ifodadan parchalanish doimiysi ham topiladi:

Aktivlik (A)

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Aktivlik – bir sekundda sodir bo‘ladigan parchalanishlar soni:

$$A = \lambda N$$

O‘lchov birligi: **Bekkerel (Bq)**

1 Bq = 1 parchalanish / soniya.

Agar $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ni qo‘ysak:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

demak, aktivlik ham vaqt o‘tishi bilan **eksponental kamayadi**.

1. Misol

Kobalt-60 (^{60}Co) izotopining yarim parchalanish davri 5,27 yil. 1 g kobalt-60 namunasi uchun **boshlang‘ich aktivlikni** toping.

Berilganlar:

$$T_{1/2} = 5,27 \text{ yil}$$

$$m = 1 \text{ g}$$

$$\text{Atom massasi } M = 60 \text{ g/mol}$$

$$\text{Avogadro soni } N_A = 6,022 \times 10^{23}$$

1-bosqich: Atomlar sonini topamiz

$$N_0 = \frac{m}{M} \times N_A = \frac{1}{60} \times 6,022 \times 10^{23} = 1,0037 \times 10^{22}$$

2-bosqich: Parchalanish doimiysi

Avval $T_{1/2}$ ni soniyaga o‘tkazamiz:

$$5,27 \text{ yil} \times 365 \times 24 \times 3600 = 1,662 \times 10^8 \text{ s}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1,662 \times 10^8} = 4,17 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

3-bosqich: Aktivlik

$$A_0 = \lambda N_0 = 4,17 \times 10^{-9} \times 1,0037 \times 10^{22} = 4,19 \times 10^{13} \text{ Bq}$$

Javob:

1 g ^{60}Co namunasi aktivligi $\approx 4,2 \times 10^{13} \text{ Bq}$ (ya’ni 42 TBq).

2. Misol

^{60}Co namunasi aktivligi dastlab $4,2 \times 10^{13}$ Bq edi. 10,54 yil (ya'ni 2 ta yarim davr) o'tgach aktivlik qanday bo'ladi?

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Lekin $t=2T_{1/2}$, shuning uchun:

$$A = A_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}} = A_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{A_0}{4}$$

$$A = \frac{4,2 \times 10^{13}}{4} = 1,05 \times 10^{13} \text{ Bq}$$

Demak, 10,54 yil o'tganidan so'ng aktivlik 4 marta kamayadi.

Talabalar mustaqil yechishi uchun misollar

1-variant.

Kobalt-60 izotopining yarim parchalanish davri 5,3 yil. Boshlang'ich aktivlik 1000 Bq. 10 yildan so'ng izotopning aktivligini toping.

2-variant.

Yod-131 izotopining yarim parchalanish davri 8 kun. Boshlang'ich aktivlik 5000 Bq. 24 kundan keyin izotopning aktivligini toping.

3-variant.

Uglerod-14 izotopining yarim parchalanish davri 5730 yil. Boshlang'ich aktivlik 1200 Bq bo'lsa, 17190 yildan so'ng qoldiq aktivlikni aniqlang.

4-variant.

Fosfor-32 izotopining yarim parchalanish davri 14 kun. Boshlang'ich aktivlik 8000 Bq. Aktivlik 1000 Bq ga tushishi uchun qancha vaqt kerakligini aniqlang.

5-variant.

Radiy-226 izotopining yarim parchalanish davri 1600 yil. Boshlang'ich aktivlik 10 000 Bq. 4800 yildan so'ng izotopning aktivligi qancha bo'ladi?

6-variant.

Stronsiy-90 izotopining yarim parchalanish davri 28 yil. Aktivlik 4000 Bq dan 500 Bq gacha kamayishi uchun qancha vaqt o'tadi?

7-variant.

Seziy-137 izotopining yarim parchalanish davri 30 yil. Boshlang'ich aktivlik 2000 Bq. 90 yildan so'ng izotopning aktivligini toping.

8-variant.

Poloniy-210 izotopining yarim parchalanish davri 138 kun. Boshlang'ich aktivlik 10 000 Bq bo'lsa, 414 kundan keyin aktivlikni toping.

9-variant.

Toriy-232 izotopining yarim parchalanish davri $1,4 \times 10^{10}$ yil. Boshlang'ich aktivlik 500 Bq. $4,2 \times 10^{10}$ yildan so'ng aktivlikni toping.

10-variant.

Trity (^3H) izotopining yarim parchalanish davri 12,3 yil. Boshlang'ich aktivlik 6000 Bq bo'lsa, 36,9 yildan so'ng aktivlikni toping.

11-variant.

Radiy-228 izotopining yarim parchalanish davri 5,75 yil. Aktivlik 9000 Bq dan 1125 Bq gacha kamayishi uchun qancha vaqt kerak?

12-variant.

Yod-125 izotopining yarim parchalanish davri 60 kun. Boshlang'ich aktivlik 2400 Bq. 180 kundan keyin aktivlikni aniqlang.

13-variant.

Seryum-144 izotopining yarim parchalanish davri 285 kun. Boshlang'ich aktivlik 5000 Bq. 855 kundan so'ng aktivlikni toping.

14-variant.

Natriy-24 izotopining yarim parchalanish davri 15 soat. Boshlang'ich aktivlik 10000 Bq. 60 soatdan so'ng aktivlikni toping.

15-variant.

Bizmut-210 izotopining yarim parchalanish davri 5 kun. Aktivlik 6400 Bq dan 800 Bq gacha kamayishi uchun qancha vaqt kerak?

16-variant.

Qurğoshin-210 izotopining yarim parchalanish davri 22 yil. Boshlang'ich aktivlik 2200 Bq. 44 yildan keyin aktivlikni toping.

17-variant.

Ruteniy-106 izotopining yarim parchalanish davri 373 kun. Aktivlik 12000 Bq dan 1500 Bq gacha kamayishi uchun qancha vaqt kerak?

18-variant.

Ftor-18 izotopining yarim parchalanish davri 110 daqiqa. Boshlang'ich aktivlik 8000 Bq. 330 daqiqadan so'ng aktivlikni aniqlang.

19-variant.

Kaliy-40 izotopining yarim parchalanish davri $1,25 \times 10^9$ yil. Boshlang'ich aktivlik 1000 Bq. $3,75 \times 10^9$ yildan keyin aktivlikni toping.

20-variant.

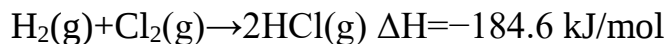
Ameritsiy-241 izotopining yarim parchalanish davri 432 yil. Aktivlik 6400 Bq dan 800 Bq gacha kamayishi uchun qancha vaqt kerak?

4-amaliy mashg'ulot**Xlorid kislota ishlab chiqarishda issiqlik balansi va energiya sarfini hisoblash.**

Xlorid kislota, vodorod va xlor elementlaridan tashkil topgan, vodorod xloridning suvdagi eritmasidir. U odamlar orasida tuz ruhi sifatida ham tanilgan. Xlorid kislota sanoat sohasida dastlab Leblan jarayoni, so'ngra Solvay jarayoni tomonidan ishlab chiqarila boshlandi. Tarixda yangi qulayliklarni kashf etishda xlorid kislota muhim rol o'ynadi. Bugungi kunda xlorid kislota PVXdan temir va po'latgacha, organik moddalar ishlab chiqarishdan oziq-ovqat sektorigacha deyarli barcha sohalarda qo'llaniladi.

Xlorid kislota qulaylik bilan bir qatorda, toksik moddadir va ko'p sirtlarga, ayniqsa inson to'qimalariga katta zarar etkazadi. Shu sababli, ushbu kislota bilan ishlashda xavfsizlik choralarini eng yuqori darajada amal qilish kerak. Kislota toksik bo'lishidan tashqari, ko'z va terini bezovta qiladi, terida kuyish va nafas olish tizimini bezovta qiladi. Xlorid kislota olish uchun avval vodorod xlorid gazini olish kerak.

Vodorod va xlorning birikish reaksiyasi asosida xlorid kislota ishlab chiqarish jarayonining issiqlik balansini tuzish va energiya sarfini hisoblashni o'rganish. Xlorid kislota ishlab chiqarish quyidagi ekzotermik reaksiya asosida olib boriladi:



Reaksiya issiqlik ajratish bilan kechadi, ya'ni **184.6 kJ issiqlik** 1 mol H_2 va 1 mol Cl_2 dan 2 mol HCl hosil bo'lganda ajraladi. Jarayon maxsus reaktor **yoki kvarts reaktorda** amalga oshiriladi, hosil bo'lgan gaz sovutilib, suvda yutiladi (absorberda).

Berilgan ma'lumotlar

1. Reaksiya: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$
2. Reaksiya issiqligi: $\Delta H = -184.6 \text{ kJ/mol}$
3. Ishlab chiqarish unumdorligi: 1 tonna (1000 kg) HCl
4. HCl ning molyar massasi: 36.46 g/mol
5. Reaksiyaning to'liq borishi qabul qilinadi.
6. Sovutish va yo'qotish issiqligi 10% deb olinadi.

Ishlab chiqarish miqdorini molga aylantiramiz:

$$n(\text{HCl}) = \frac{1000 \times 10^3}{36,46} = 27422,9$$

Reaksiyaga ko'ra:



Demak, 2 mol HCl hosil bo'lishi uchun 1 mol reaksiya sodir bo'ladi.

$$n(\text{reaksiya}) = \frac{27422,9}{2} = 13711,45$$

3. Ajraladigan issiqlik miqdori:

$$Q = n(\text{reaksiya}) \times 184.6 = 13\,711.45 \times 184.6 = 2.532 \times 10^6 \text{ kJ}$$

4. Yo‘qotishlarni hisobga olamiz (10%):

$$Q_{\text{foydali}} = 0.9 \times 2.532 \times 10^6 = 2.279 \times 10^6 \text{ kJ}$$

5. 1 kg HCl ishlab chiqarish uchun ajraladigan issiqlik:

$$q = \frac{2,279 \times 10^6}{1000} = 2279 \text{ kJ/kg}$$

Javob:

1 tonna HCl ishlab chiqarishda taxminan 2.28×10^6 kJ issiqlik ajraladi. Bu issiqlik jarayonning o‘zida ishlatiladi (gazni qizdirish, suvni bug‘lantirish) yoki sovutish tizimida chiqarib yuboriladi.

1-jadval

Mustaqil yechish uchun masalalar

№	Talaba F.I.Sh.	HCl miqdori (kg)	Yo‘qotishlar, %
1		100	10%
2		250	8%
3		500	12%
4		750	10%
5		1000	10%
6		1500	15%
7		2000	10%
8		50	5%
9		20	5%
10		5	3%
11		1200	9%
12		1800	12%
13		3000	18%
14		2500	10%
15		600	7%
16		900	11%

17		4000	20%
18		350	6%
19		30	4%
20		2200	13%

5-amaliy mashg'ulot

Keramika materiallarini pishirish jarayonida zichlik va g'ovaklik ko'rsatkichlarini hisoblash.

Keramika materiallari – bu metall bo'lmagan, anorganik moddalar asosida pishirish yo'li bilan olinadigan mustahkam materiallar bo'lib, ular sanoatning turli sohalarida keng qo'llaniladi: qurilish, elektrotexnika, issiqlik izolyatsiyasi, kimyo apparatlari ishlab chiqarish va boshqalar.

Keramika tayyorlash jarayoni xomashyoning tayyorlanishi, shakl berilishi, quritilishi va eng muhim bosqich – **pishirish** (sintering) jarayonidan iborat. Aynan pishirish natijasida materialning fizik-mexanik xossalari, ya'ni **zichlik**, **g'ovaklik**, **mustahkamlik** va **suv shimuvchanlik** shakllanadi.

Shuning uchun pishirish jarayonida zichlik va g'ovaklikning o'zgarishini bilish, ularni aniq o'lchash va hisoblash keramika texnologiyasining eng muhim vazifalaridan biridir.

Pishirish jarayoni – bu material tarkibidagi zarralarning yuqori haroratda biri-biri bilan birlashish (sinterlash) natijasida mustahkam qattiq tanaga aylanish jarayonidir.

Bu jarayon bosqichma-bosqich quyidagicha kechadi:

Bosqich	Harorat, °C	Jarayon tavsifi
Quritish	100–200	Namlilik bug'lanadi, massa hajmi biroz kamayadi

Organik moddalar parchalanishi	200–600	Loy, bog‘lovchi va karbonatlar parchalanadi
Metakaolin hosil bo‘lishi	600–900	Loy fazasi qattiqlasha boshlaydi
Pishirish bosqichi	900–1300	Zarrachalar birlashadi, teshiklar yopiladi, zichlik ortadi

Natijada materialda:

- hajm qisqaradi,
- massasi ozgina kamayadi,
- zichlik ortadi,
- g‘ovaklik kamayadi.

Zichlik turlari va ularning ahamiyati. Keramika materiallarining zichligi ularning strukturasi va fazaviy tarkibini aks ettiradi. Asosan uch turdagi zichlik farqlanadi:

1. **Haqiqiy zichlik (ρ_t)** – g‘ovakliksiz sof qattiq fazaning massasi va hajmi

$$\rho_t = \frac{m_{modda}}{V_{modda}}$$

nisbati:

2. **Ko‘rinish (bulk) zichlik (ρ_b)** – materialning g‘ovaklikni ham hisobga olgan umumiy massasi va hajmi nisbati:

3. **O‘rtacha (apparent) zichlik (ρ_a)** – ayrim hollarda harorat yoki bosim ta’sirida

$$\rho_b = \frac{m_{namuna}}{V_{umumiy}}$$

o‘rtacha qiymat sifatida olinadi.

Umuman, barcha hollarda:

$$\rho_b < \rho_t$$

Bu farqning kattaligi – materialdagi g‘ovaklik miqdorini ko‘rsatadi.

G‘ovaklik va uning turlari

G‘ovaklik – material hajmidagi bo‘shliqlar (teshiklar)ning umumiy hajmga nisbati.

Keramika materialida uch xil g‘ovaklik mavjud:

1. **Ochiq g‘ovaklik (P_o):** tashqi muhit bilan bog‘langan bo‘shliqlar. Suv va havo kirishi mumkin.
2. **Yopiq g‘ovaklik (P_c):** tashqi muhit bilan bog‘lanmagan ichki bo‘shliqlar.
3. **Umumiy g‘ovaklik (P_t):**

$$P_t = P_o + P_c$$

G‘ovaklikning fizik ahamiyati shundaki, u **mexanik mustahkamlik, issiqlik o‘tkazuvchanlik, suv shimuvchanlik, elektr izolyatsiyasi** kabi xossalarga bevosita ta’sir qiladi.

G‘ovaklik darajasi	Afzallik	Kamchilik
Yuqori	Issiqlik izolyatsiyasi yaxshi	Mustahkamlik past
Past	Mustahkamlik yuqori	Issiqlik o‘tkazuvchanlik oshadi

Zichlik va g‘ovaklikni aniqlash usullari

Arximed usuli (suv yordamida aniqlash)

Bu usul keramika zichligi va g‘ovakligini o‘lchashda eng ko‘p qo‘llaniladi.

O‘lchovlar:

- (m_d) – quruq namunani massasi, g
- (m_s) – suv bilan to‘yingan namunani massasi, g
- (m_w) – suvda osib o‘lchangandagi massa, g
- (ρ_w) – suv zichligi ($\approx 0.9982 \text{ g/cm}^3$, 20°C da)

Formulalar:

$$V = \frac{m_d - m_w}{\rho_w}$$

$$\rho_{bulk} = \frac{m_d}{V}$$

$$P_{open} = \frac{(m_s - m_d)\rho_w}{(m_d - m_w)} \times 100$$

$$\rho_{true} = \frac{m_d \rho_w}{2m_d - m_s - m_w}$$

$$P_{total} = \left(1 - \frac{\rho_{bulk}}{\rho_{true}}\right) \times 100$$

$$P_{closed} = P_{total} - P_{open}$$

O'lchovlar aniq bo'lishi uchun namuna to'liq quritilgan, suv bilan to'yingan, va suv ostidagi og'irligi to'g'ri o'lchanishi kerak.

Pishirish jarayonida zichlik va g'ovaklikning o'zgarishi

Keramika massasi pishirish davomida o'zgarib boradi:

Harorat oralig'i (°C)	Zichlik	G'ovaklik	Jarayon
100–600	Past	Yuqori	Quritish, gaz chiqishi
900–1100	Orta	Kamayadi	Zarrachalar yaqinlashadi
1200–1300	Yuqori	Juda past	Pishirish to'liq kechadi
>1400	Barqaror	Yopiq poralar paydo bo'ladi	Eritilma faza boshlanishi

Pishirish davomida **zichlik ortadi, g'ovaklik kamayadi**, lekin haddan ortiq haroratda yopiq g'ovakliklar paydo bo'lishi mumkin. Shu sababli optimal pishirish harorati har bir keramika turi uchun alohida tanlanadi.

Amaliy ahamiyati. Zichlik va g'ovaklik keramika mahsulotining sifatini baholashda asosiy mezonlardan biridir. Ular quyidagi xossalarga ta'sir ko'rsatadi:

- **Mexanik mustahkamlik:** zichlik ortganda mustahkamlik ham ortadi.
- **Issiqlik o'tkazuvchanlik:** zich materiallar issiqlikni yaxshi o'tkazadi, g'ovaklar esa izolyator rolini bajaradi.
- **Suv shimuvchanlik:** g'ovaklik ko'p bo'lsa, suv shimuvchanlik ortadi.
- **Elektr xossalari:** g'ovak materiallar elektr izolyatsiyasi uchun qulay.

Shu sababli har bir mahsulot turiga mos ravishda zichlik va g'ovaklik darajasi normativ hujjatlar bilan belgilanadi. Masalan:

- Qattiq texnik keramika – g'ovaklik $< 3\%$
- Qurilish g'ishtlari – g'ovaklik 15–25%
- Issiqlik izolyatsion keramika – g'ovaklik 30–50%

Keramika materiallarini pishirish jarayonida zichlik va g'ovaklik – ularning sifatini, mustahkamligini va ishlash muddatini belgilovchi eng muhim ko'rsatkichlardir.

- Pishirishda massa jipslanadi, natijada zichlik ortadi, g'ovaklik kamayadi.
- Ushbu jarayonni Arximed usuli orqali aniq baholash mumkin.
- O'lchov natijalari yordamida pishirish rejimini optimallashtirish, sifatni nazorat qilish va kerakli texnik xossalarni ta'minlash imkoniyati yaratiladi.

Keramika pishirish texnologiyasining asosiy vazifasi – zarrachalar orasidagi bo'shliqlarni kamaytirish, optimal zichlikni ta'minlash va yuqori sifatli, mustahkam material olishdan iboratdir.

6-amaliy mashg'ulot

Atrof-muhitga chiqindi ajratishni kamaytirish uchun atom samaradorligi va E-faktor hisoblash

Kimyo sanoatida ishlab chiqarish jarayonlarining asosiy maqsadi – mahsulot olish bilan birga atrof-muhitga zararli chiqindilarni kamaytirishdir. Zamonaviy kimyoda bu maqsadga "yashil kimyo" tamoyillari orqali erishiladi. Ularning asosiy g'oyasi – reaksiya jarayonlarini ekologik, iqtisodiy va energetik

jihatdan samarali qilishdir. Shu tamoyillardan eng muhim ikki ko'rsatkich – atom samaradorligi (atom economy) va E-faktor (environmental factor) hisoblanadi. Atom samaradorligi – bu kimyoviy reaksiyada ishtirok etgan barcha atomlarning nechta qismi kerakli mahsulot tarkibiga kirganligini ko'rsatadigan foizli kattalikdir.

Formula:

$$\text{Atom samaradorligi (\%)} = (\text{Asosiy mahsulot molyar massasi} / \text{Reaktivlarning molyar massalari yig'indisi}) \times 100$$

Yuqori atom samaradorligi kam chiqindi, resurslardan to'liq foydalanishni bildiradi.

E-faktor – ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'lgan chiqindi massasi va olingan foydali mahsulot massasi orasidagi nisbatdir.

Formula:

$$E = \text{Chiqindi massasi} / \text{Mahsulot massasi}$$

E-faktor qanchalik kichik bo'lsa, jarayon shunchalik ekologik toza hisoblanadi.

1. **Misol.** Aspirin sintezi



$$\text{Atom samaradorligi} = (180.16 / (138.12 + 102.09)) \times 100 = 75.00\%$$

$$\text{E-faktor} = 60.05 / 180.16 = 0.33$$

Natija: Atom samaradorligi 75%, E-faktor 0.33 kg chiqindi / 1 kg mahsulot.

2 Misol. Etil asetat sintezi



$$\text{Atom samaradorligi} = (88.11 / (60.05 + 46.07)) \times 100 = 83.03\%$$

$$\text{E-faktor} = 18.02 / 88.11 = 0.21$$

Natija: Atom samaradorligi 83%, E-faktor 0.21 kg chiqindi / 1 kg mahsulot.

Taqqoslash natijalari

t/r	Reaksiya	Atom samaradorligi (%)	E-faktor	Yon mahsulot	Ekologik baho
1	Aspirin sintezi	75.0	0.33	Sirka kislota	O'rtacha
2	Etil asetat sintezi	83.0	0.21	Suv	Juda yaxshi

Atom samaradorligi va E-faktor kimyo muhandisligida chiqindisiz ishlab chiqarish konsepsiyasini asoslaydi.

Ularning asosiy maqsadi – reaksiya samaradorligini oshirish va atrof-muhit ifloslanishini kamaytirishdir.

- Yuqori atom samaradorlik → xomashyo to'liq foydalanilgan.
- Past E-faktor → chiqindi kam, jarayon ekologik.

Shunday qilib, yangi texnologiyalar ishlab chiqishda bu ikki ko'rsatkichdan foydalanish barqaror ishlab chiqarish tizimlarini yaratishda muhim ahamiyatga ega.

Hisoblang: atom samaradorligi va E-faktor.

3. Metanol sintezi: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$

4. Ammiak sintezi (Gaber jarayoni): $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

5. Sirka kislota sintezi: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$

6. Etilen oksid olish: $2\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

7. Aseton sintezi: 2-propanol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$) $\rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2$

8. Suv hosil bo'lishi: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

9. Etanol hosil bo'lishi: $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

10. Kaltsiy karbonat parchalanishi: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

11. Natriy gidroksid ishlab chiqarish (xlorli jarayon): $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

12. Etilen glikol sintezi: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$

13. Benzil spirti sintezi: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaCl}$
14. Nitrobenzen sintezi: $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
15. Anilin sintezi: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
16. Na_2CO_3 ishlab chiqarish (Solvay jarayoni soddalashtirilgan): $2\text{NaCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$
17. Urea (karbamid) sintezi: $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
18. Etanol oksidlanishi (aseton hosil bo'lishi): $\text{C}_3\text{H}_8\text{O} + \text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
19. Propilen oksid sintezi: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{O}$
20. Na_2SO_4 ishlab chiqarish: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Qo'shimcha topshiriqlar:

1. Har bir reaksiyada qanday **yon mahsulotlar** hosil bo'ladi?
2. Qaysi reaksiyada **E-faktor eng past** bo'lishi kutiladi?
3. Qaysi reaksiyada atom samaradorligi 100% ga yaqin bo'ladi?
4. Qaysi jarayonni "yashil kimyo"ga eng mos deb hisoblash mumkin?
5. Chiqindini kamaytirish uchun qanday texnologik o'zgarishlar kiritish mumkin?

7-amaliy mashg'ulot

Polimer matritsali kompozit materialning zichligini va mexanik mustahkamligini hisoblash.

Polimer matritsali kompozit materiallar – bu ikki yoki undan ortiq turdagi moddalar birikmasidan hosil bo'lgan, yengil, ammo yuqori mexanik xossalarga ega murakkab materiallardir. Bunday kompozitlar tarkibida polimer asosli matritsa va mustahkamlovchi tola yoki zarralar bo'ladi. Matritsa asosiy birikmani tashkil qiladi, mustahkamlovchi komponent esa unga mustahkamlik, qattqlik va shakl barqarorligini beradi. Shuning uchun kompozit materiallar oddiy plastmassalarga nisbatan ancha puxta, metallarga nisbatan esa yengil hisoblanadi.

Kompozitlarning asosiy afzalligi ularning nisbatan past zichligi va yuqori mexanik mustahkamligidir. Masalan, uglerod yoki shisha tolali epoksid kompozitlar metallardan bir necha baravar yengil bo'lsa-da, ularning mustahkamligi metallnikidan kam emas. Shu sababli bunday materiallar aviatsiya, avtomobilsozlik, kemasozlik, sport buyumlari va qurilish sohalarida keng qo'llanadi.

Kompozit materialning zichligi uning tarkibidagi komponentlarning zichligi va ularning miqdoriga bog'liq bo'ladi. Agar mustahkamlovchi tola zichroq modda bo'lsa, umumiy zichlik ham yuqoriroq bo'ladi. Aksincha, agar tola yengil, masalan, organik yoki uglerod asosli bo'lsa, kompozitning zichligi kamayadi. Demak, zichlik tola va matritsa miqdori, ularning joylashishi va birikma tuzilishiga qarab o'zgaradi.

Kompozitning mexanik mustahkamligi ham xuddi shunday omillarga bog'liq. Asosan, mustahkamlikni belgilovchi omil – mustahkamlovchi tola turi va uning miqdoridir. Tolalar qancha ko'p bo'lsa, material shuncha mustahkam bo'ladi. Ammo tolalar haddan tashqari ko'p bo'lsa, matritsa ularni yetarlicha birlashtira olmaydi, natijada material mo'rtlashadi. Shuning uchun har bir kompozit uchun optimal nisbat tanlanadi.

Kompozit materialning mustahkamligi yuklanish yo'nalishiga ham bog'liq. Agar yuklanish tolalar yo'nalishiga parallel tarzda berilsa, u holda material eng katta mustahkamlikka ega bo'ladi, chunki kuchlanish to'g'ridan-to'g'ri tolalar orqali o'tadi. Agar esa yuklanish tolalarga perpendikulyar yo'nalishda bo'lsa, matritsa katta rol o'ynaydi va umumiy mustahkamlik sezilarli darajada kamayadi. Shu sababli ko'p qatlamli yoki turli yo'nalishlarda joylashgan tolali kompozitlar ishlatiladi – bu usul materialni barcha yo'nalishlarda bir xil mustahkamlikda ushlab turadi.

Elastiklik yoki qattqlik ham kompozitning muhim xususiyatlaridan biridir. Bu ko'rsatkich tashqi kuch ta'sirida materialning deformatsiyaga qarshi turish qobiliyatini bildiradi. Agar tola juda qattiq, matritsa esa nisbatan yumshoq bo'lsa, ular bir-birini to'ldiradi va natijada material ham mustahkam, ham egiluvchan bo'lishi mumkin.

Kompozitlarning zichligi va mustahkamligiga ta'sir etuvchi omillar ko'p. Ularga tola va matritsa nisbati, ularning o'zaro bog'lanish sifati, tolalarning yo'nalishi, ishlov berish texnologiyasi, harorat va namlik sharoiti kiradi. Tola va matritsa orasidagi yopishish sifati qanchalik yaxshi bo'lsa, yuklanish bir komponentdan boshqasiga shunchalik samarali o'tadi. Agar yopishish yomon bo'lsa, kuchlanish to'liq uzatilmaydi va material tezroq buziladi.

Polimer matritsali kompozit materiallarning zichligi va mexanik mustahkamligi ularning tarkibi, tuzilishi va ishlab chiqarish texnologiyasiga bog'liq. To'g'ri tanlangan tola va matritsa kombinatsiyasi, optimal nisbiy ulushlar va sifatli ishlab chiqilgan interfeys tufayli bunday materiallar yengil, bardoshli va uzoq muddat xizmat qiluvchi konstruksiyalar yaratishda muhim ahamiyatga ega. Shu jihatdan polimer kompozitlar zamonaviy texnika va sanoatda metallarga muqobil eng istiqbolli materiallar hisoblanadi.

Polimer matritsali kompozit material (PMKM) – bu ikki asosiy qismdan iborat:

- **Tola (mustahkamlovchi qism)** – mexanik yukni ko'taradi.
- **Matritsa (bog'lovchi qism)** – tolalarni bir-biriga biriktiradi va yukni ularga uzatadi.

Hisoblashdan maqsad:

1. Kompozitning **zichligini** aniqlash.
2. Uning **mexanik mustahkamligini (elastiklik moduli va chidamlilikni)** baholash.

Zarur ma'lumotlar

Hisoblash uchun quyidagi ma'lumotlar kerak bo'ladi:

- Tolalarning hajm ulushi V_f
- Matritsaning hajm ulushi $V_m = 1 - V_f$
- Tolaning zichligi ρ_f

- Matritsaning zichligi ρ_m
- Tola va matritsaning elastiklik moduli va mustahkamlik ko'rsatkichlari (E_f , E_m , σ_f , σ_m)

Zichlikni hisoblash bosqichlari

1-bosqich. Har bir komponentning zichligini bilamiz:

- Masalan, uglerod tolasi – 1,8 g/sm³
- Epoksid matritsa – 1,2 g/sm³

2-bosqich. Tola hajm ulushini tanlaymiz:

- Masalan, $V_f=0,6$ (ya'ni 60%)
- Shunda $V_m=0,4$

3-bosqich. Har bir komponentning ulushini hisoblaymiz:

- Tola hissasi: $V_f \times \rho_f = 0,6 \times 1,8 = 1,08$
- Matritsa hissasi: $V_m \times \rho_m = 0,4 \times 1,2 = 0,48$

4-bosqich. Ikkalasini qo'shamiz:

- Umumiy zichlik = $1,08 + 0,48 = 1,56 \text{ g/sm}^3$

Xulosa: kompozit zichligi tolaga nisbatan kichikroq, matritsaga nisbatan kattaroq bo'ladi.

Elastiklik modulini (mustahkamlik) hisoblash bosqichlari

1-bosqich. Yuklanish tolalar yo'nalishida bo'lsa (uzunlamas yo'nalishda), tola va matritsa parallel yuk ko'taradi.

2-bosqich. Har bir komponentning elastiklik modulini bilamiz:

- Uglerod tolasi $E_f=230 \text{ GPa}$
- Epoksid matritsa $E_m=3,5 \text{ GPa}$

3-bosqich. Hajm ulushlarini hisobga olamiz ($V_f=0,6$ $V_m=0,4$)

4-bosqich. Ularning yig'ma ta'siri natijasida umumiy modul topiladi (aralashma qoidasi bo'yicha).

Natijada **kompozit moduli** taxminan 140–150 GPa atrofida chiqadi.

Mustahkamlikni hisoblash bosqichlari

1-bosqich. Yuk asosan tolalar orqali o'tadi, chunki ular mustahkamroq.

2-bosqich. Tola uzilishdan oldin matritsa yumshab deformatsiyalanadi, lekin umumiy mustahkamlik tolalarning ulushi va ularning birikish sifati bilan aniqlanadi.

3-bosqich. Mustahkamlik taxminan tola mustahkamligining 50–80% atrofida bo'ladi, chunki matritsa stressni to'liq uzata olmaydi. Masalan, agar uglerod tolası 3500 MPa bo'lsa, kompozitning mustahkamligi 2000–2500 MPa bo'lishi mumkin.

Polimer matritsali kompozit materialning zichligi va mexanik mustahkamligini aniqlash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1. Har bir komponentning zichligi va hajm ulushi aniqlanadi.
2. Ularning kombinatsiyasi orqali umumiy zichlik topiladi.
3. Har bir komponentning elastiklik moduli va mustahkamligi inobatga olinib, kompozitning umumiy mexanik xususiyatlari baholanadi.
4. Natijalar shuni ko'rsatadiki, kompozitlar og'irligi yengil, ammo mustahkamligi yuqori materiallardir.

Mustaqil yechishi uchun masalalar. (zichlik g/sm^3 (g/cm^3), modul GPa.)

1. Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=230$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=60\%$. Vazifa: kompozit ρ_c , E_L , E_T .
2. Tola: shisha (E-glass), $\rho_f=2.60$, $E_f=72$ GPa; Matritsa: poliester, $\rho_m=1.38$ $\rho_m=1.38$, $E_m=3.0$ GPa; $V_f=55\%$.
3. Tola: Kevlar, $\rho_f=1.44$, $E_f=70$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.18$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=50\%$

4. Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=230$ GPa; Matritsa: poliamid (Nylon), $\rho_m=1.15$, $E_m=2.5$ GPa; $V_f=40\%$.
5. Tola: shisha, $\rho_f=2.60$, $E_f=72$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=35\%$.
6. Tola: uglerod, $\rho_f=1.95$, $E_f=350$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=45\%$.
7. Tola: Kevlar, $\rho_f=1.44$, $E_f=70$ GPa; Matritsa: poliester, $\rho_m=1.38$, $E_m=3.0$ GPa; $V_f=30\%$.
8. Tola: shisha, $\rho_f=2.60$, $E_f=72$ GPa; Matritsa: polipropilen, $\rho_m=0.90$, $E_m=1.5$ GPa; $V_f=40\%$.
9. Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=230$ GPa; Matritsa: fenol, $\rho_m=1.30$, $E_m=4.0$ GPa; $V_f=65\%$.
10. Tola: shisha, $\rho_f=2.60$, $E_f=72$ GPa; Matritsa: poliamid, $\rho_m=1.15$, $E_m=2.5$ GPa; $V_f=50\%$.
11. Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=230$ GPa; Matritsa: PLA (polilaktid), $\rho_m=1.25$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=25\%$.
12. Tola: shisha, $\rho_f=2.60$, $E_f=72$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=70\%$.
13. Tola: aramid, $\rho_f=1.45$, $E_f=125$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=55\%$.
14. Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=230$ GPa; Matritsa: poliester, $\rho_m=1.38$, $E_m=3.0$ GPa; $V_f=50\%$.
15. Tola: shisha, $\rho_f=2.60$, $E_f=72$ GPa; Matritsa: polipropilen, $\rho_m=0.90$, $E_m=1.5$ GPa; $V_f=25\%$.
16. Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=200$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=75\%$.

17.Tola: Kevlar, $\rho_f=1.44$, $E_f=70$ GPa; Matritsa: fenol, $\rho_m=1.30$, $E_m=4.0$ GPa; $V_f=45\%$.

18.Tola: uglerod, $\rho_f=1.80$, $E_f=230$ GPa; Matritsa: PMMA (akril), $\rho_m=1.18$, $E_m=3.0$ GPa; $V_f=33\%$.

19.Tola: shisha, $\rho_f=2.48$, $E_f=86$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; $V_f=60\%$.

20.Tola: uglerod + shisha aralash (50:50 by vol. tola tarkibi), umumiy tola zichligi o'rta hisob – $\rho_f=2.20$, $E_f=151$ GPa; Matritsa: epoksid, $\rho_m=1.20$, $E_m=3.5$ GPa; to'plam $V_f=55\%$.

Qo'shimcha ko'rsatma: har bir masalada

- (A) kompozit zichligini toping (komponentlarning hajm ulushiga ko'ra),
 - (B) vertikal yo'nalish uchun umumiy elastiklik modulini baholang (tolalar parallel holatda),
 - (C) ko'ndalang yo'nalish uchun modulni baholang (tolalar ketma-ket ta'sirda),
- va oxirida natijalarni qisqacha tahlil qilib (qaysi komponent qanchalik ta'sir ko'rsatgani haqida) yozsinlar.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. S.Q.Qahhorov, I.I.Rahmatov, Sh.M.Muxamedov. Materialshunoslik (materialshunoslik va kostruktion materiallar) fanidan amaliy mashg'ulotlar. O'quv qo'llanma. Buxoro: Durdona, 2022. -176 b.
2. Б.К.Тилабов, Ж.А.Шербутаев, У.Э.Нормуродов. Материаловедение. Учебно-методические указания. Алмалык. 2020 г.125 с.
3. U. Ziyamuxamedova, Materialshunoslik: o'quv qo'llanma. - Toshkent: Shafolat Nur Fayz, 2020. - 276 b
4. M. Chidambaram. Mathematical Modelling and Simulation in Chemical Engineering. Cambridge University Press. 2018 – 265 p.
5. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. Foundations of materials science and engineering (7th Edition). Published by McGraw Hill LLC. USA 2023 1137 p.
6. Brian S. Mitchell. Materials Engineering and Science: Principles, Properties, and Processes, 2nd Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc. 2024 – 781 p.

Mundarija

Kirish.....	3
1-amaliy mashg‘ulot. Oddiy kimyoviy reaktor (ideal aralashtirgich va ideal oqimli) uchun moddiy balansni hisoblash.....	4
2-amaliy mashg‘ulot. Katalitik reaksiyada tezlik tenglamasi va konversiya darajasini hisoblash.....	8
3-amaliy mashg‘ulot. Radioaktiv izotoplarning yarim parchalanish davrini va aktivligini hisoblash.....	11
4-amaliy mashg‘ulot. Xlorid kislota ishlab chiqarishda issiqlik balansi va energiya sarfini hisoblash.....	15
5-amaliy mashg‘ulot. Keramika materiallarini pishirish jarayonida zichlik va g‘ovaklik ko‘rsatkichlarini hisoblash.....	18
6-amaliy mashg‘ulot. Atrof-muhitga chiqindi ajratishni kamaytirish uchun atom samaradorligi va E-faktor hisoblash.....	22
7-amaliy mashg‘ulot. Polimer matritsali kompozit materialning zichligini va mexanik mustahkamligini hisoblash.....	25
Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.....	32