

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

Химия және химиялық технология факультеті

Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технологиясы кафедрасы

**Полимерлер ерітінділерінің табиғаты, олардың
физика-химиялық қасиеттерінің ерекшеліктері.
Гидрогельдер, оларды алу әдістері және физика-
химиялық қасиеттері.**

6B07101 – Химиядағы наноматериалдар және нанотехнологиялар» білім беру бағдарламасы

К.х.н., доцент: Тоқтабаева Асель Қырғызбаевна

- ▶ **Мақсаты:**
- ▶ Полимер ерітінділерінің табиғаты мен олардың физика-химиялық қасиеттерін түсіндіру, полимер мен еріткіш арасындағы термодинамикалық өзара әрекеттесудің маңызын ашу. Сонымен қатар гидрогельдердің құрылымы, алыну әдістері мен ісіну, тұтқырлық, механикалық және сорбциялық қасиеттерінің ерекшеліктерін қарастыру.

► Жоспары:

1. Полимер ерітінділері туралы жалпы түсінік
2. Полимер мен еріткіштің өзара әрекеттесу табиғаты
3. Полимер ерітінділерінің физика-химиялық қасиеттері: тұтқырлық, осмостық қысым, тығыздық, молекулалық масса
4. Полимер ерітінділерінің концентрациялық аймақтары: сұйылтылған, жартылай сұйылтылған және концентрлі ерітінділер
5. Гидрогельдер туралы ұғым және олардың құрылымдық ерекшеліктері
6. Гидрогельдерді алу әдістері:
 1. химиялық тігуші агенттер арқылы тор түзу
 2. физикалық тігілудің (сутектік, иондық, Ван-дер-Ваальс) нәтижесінде алу
7. Гидрогельдердің физика-химиялық қасиеттері мен қолданылу салалары

Полимерлер ерітіндісі

Полимер ерітінділері олардың молекулалық массасын және макромолекулалардың өлшемін анықтау үшін де қажет.



шын ерітінділер

компоненттер арасында бір-біріне ынтықтық бар

өздігінен пайда болады

молекулалық немесе иондық дисперстілік (біркелкілік)

термодинамикалық тұрақтылық

дисперстік дәрежеленуі уақытқа байланысты өседе

агрегаттық тұрақтылық

бір фазалық

беттік бөліну жоқ

қайтымды

коллойдтық жүйелер

ынтықтық жоқ

мәжбүрлік түрде пайда болады

коллойдтық дисперстілік

термодинамикалық тұрақсыздық

дисперстік дәрежеленуі уақытқа байланысты кемиді

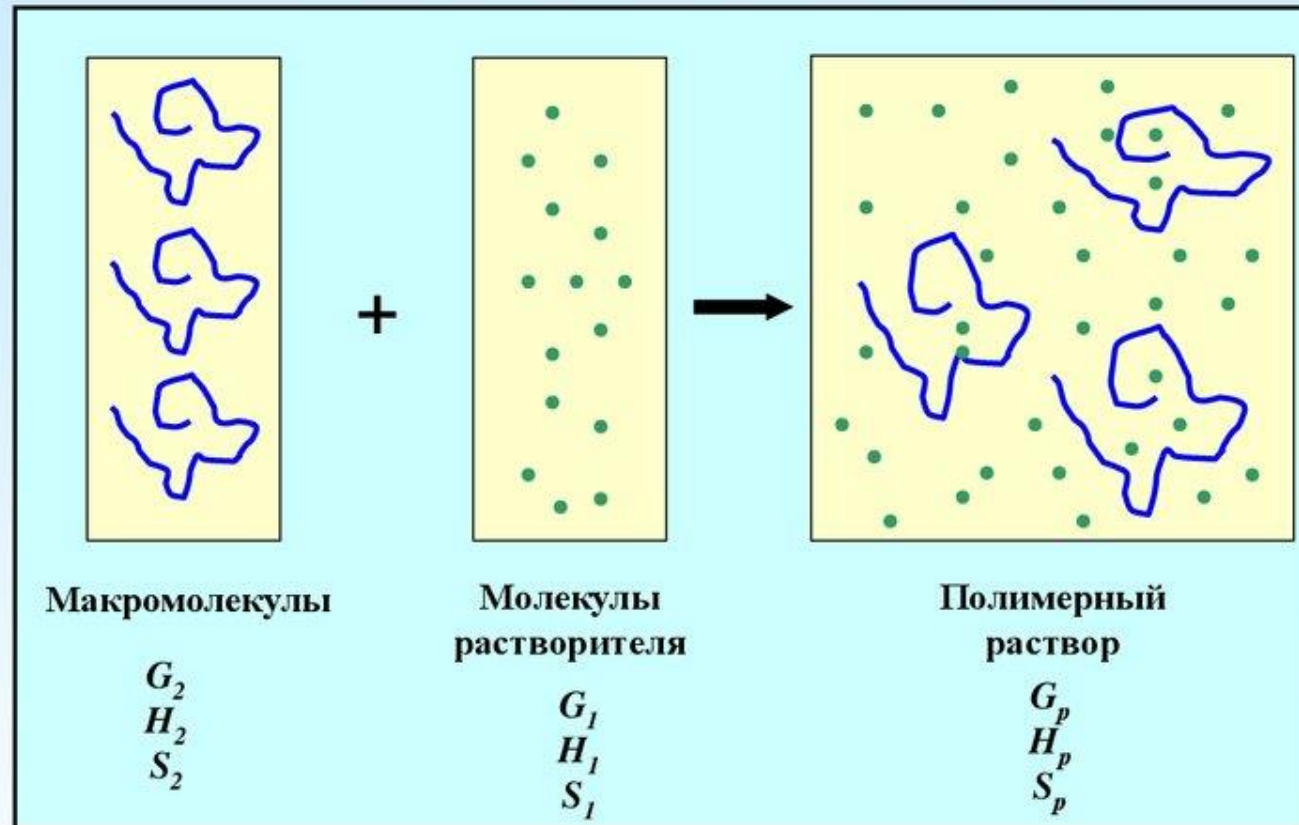
агрегаттық тұрақсыздық

екі фазалық

беттік бөліну бар

қайтымсыз

Полимерные растворы – условия образования



$$\Delta G_{\text{см}} = \Delta H_{\text{см}} - T \Delta S_{\text{см}} \leq 0$$

$$\Delta G_{\text{см}} = G_p - G_1 - G_2$$

$$\Delta H_{\text{см}} = H_p - H_1 - H_2$$

$$\Delta S_{\text{см}} = S_p - S_1 - S_2$$

$$\Delta G_{\text{см}} = \Delta G_{\text{см}}(T, C)$$

Правило фаз Гиббса

$$K - \Phi + 1 = f$$

K – количество компонентов;

Φ – количество фаз;

f – количество степеней свободы;

- ▶ Шын ерітінділерде еріген заттың молекулаларының әрекеттесуінен *ассоциаттар* пайда болады, ал бұл ассоциаттар жылу қозғалысының нәтижесінде қайтымды бұзыла алады. Сөйтіп, шын ерітіндіде қайтымды процестер болуы мүмкін. Сондықтан шын ерітіндіні қыздыруға, суытуға, сұйылтуға, концентрлеуге болады, бірақ белгілі бір температура мен қысымда ерітіндінің концентрациясы, қасиеттері және құрылымы өзгермейді (ерітіндіні дайындау әдісіне тәуелсіз). Осындай тепе-теңдік жағдайды шын ерітінді жағдайы дейді.
- ▶ **Шын ерітінділер** – полимер макромолекулярлық деңгейге дейін бөлініп, қасиеттері уақыттың ұзақтығынан өзгермейтін бір фазалы ерітінділер.

- ▶ Ал коллойдты жүйелердің қасиеті мен құрылымы дайындау әдісіне тәуелді болады, оларда агрегаттық өзгеріс болып тұрады, соның салдарынан жүйе екі фазаға бөлінеді. Қандай да болмасын полимерден әрі шын ерітінді, әрі коллойдты жүйе алуға болады. Мысалы, полистирол бензолда, яғни алифатикалық еріткіштерде өздігінен ериді, бұл шын ерітінді, ал осы полимерлер суда немесе метанолда коллойдты жүйе береді.
- ▶ **Коллоидты ерітінділерге** уақыт өткен сайын біртіндеп екі фазаға бөлінетін, тұрақсыз жүйелер жатады. Коллойдты ерітінділер түзетін компоненттер өздігінен әрекеттеспейді. Полимерді еріту үшін механикалық немесе басқа энергия жұмсап, мәжбүр ету қажет.

Шын ерітінділердің ерекшеліктері

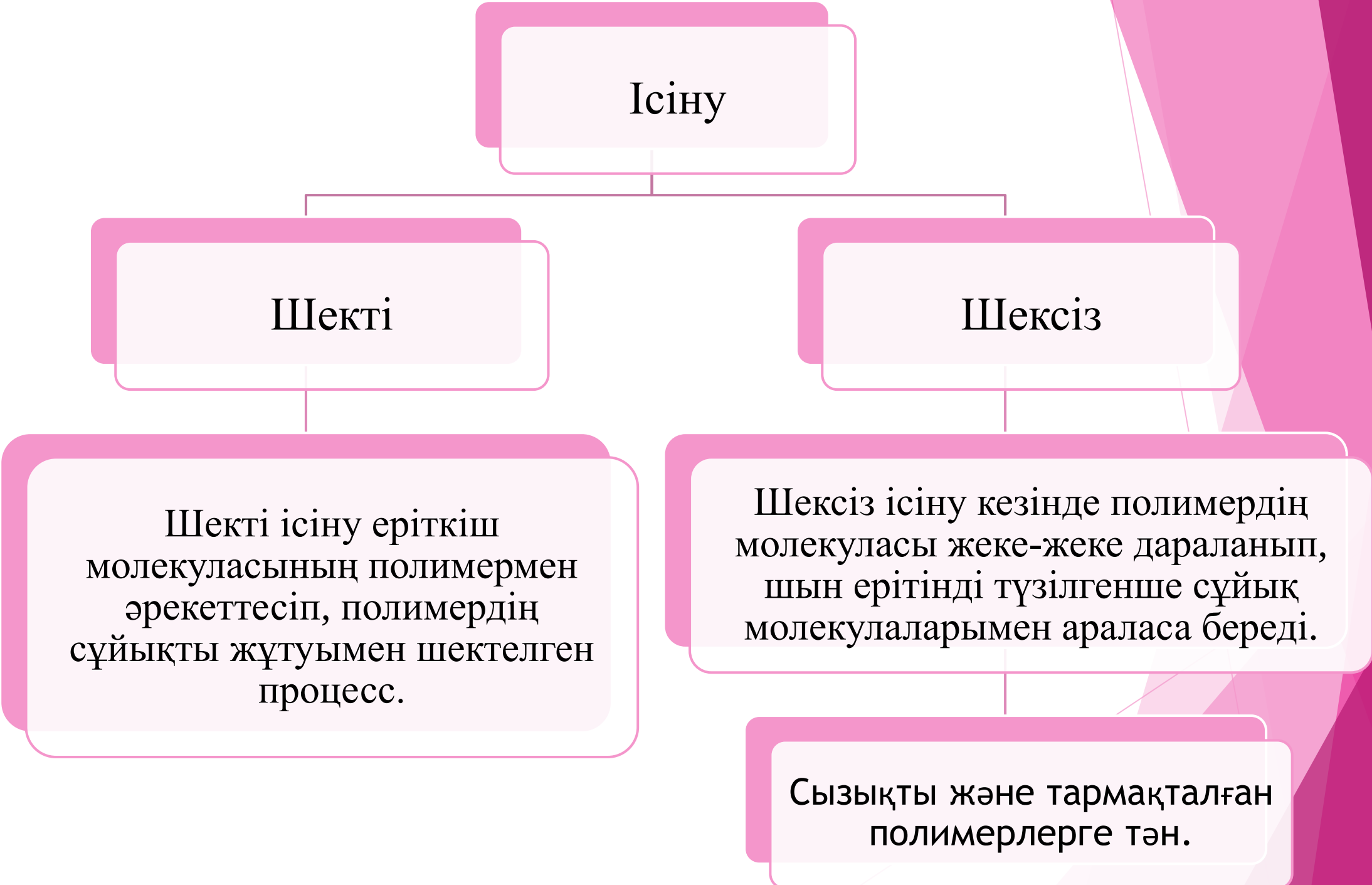
1. Ісіну.

2. Полимер ерітіндісінің
жоғары тұтқырлығы.

3. Классикалық
термодинамика заңдары мен
теңдеулерінен кейбір
ауытқулары жатады.

- ▶ Полимер мен еріткіштің молекулалары бір-біріне жанасқанда сұйықтың молекуласы полимер фазасының ішіне жылдам кіреді, ал макромолекула еріткіштің фазасына еніп үлгермейді. Сондықтан ерімей тұрып полимер ісінеді.
- ▶ *Ісіну* – полимердің төмен молекулалық сұйықты сіңіру немесе сору процесі. Ісінгенде полимердің құрылымы өзгереді, массасы мен көлемі өседі.
- ▶ Полимер молекуласы мен еріткіш молекулаларының арасында әрекеттесу болады, оны *сольваттау* деп атайды. Еріткіш буылып-түйілу тығыздығы бастау макромолекулаға тез енеді.

Ісіну



```
graph TD; A[Ісіну] --> B[Шекті]; A --> C[Шексіз]; B --> D[Шекті ісіну еріткіш молекуласының полимермен әрекеттесіп, полимердің сұйықты жұтуымен шектелген процесс.]; C --> E[Шексіз ісіну кезінде полимердің молекуласы жеке-жеке дараланып, шын ерітінді түзілгенше сұйық молекулаларымен араласа береді.]; E --> F[Сызықты және тармақталған полимерлерге тән.];
```

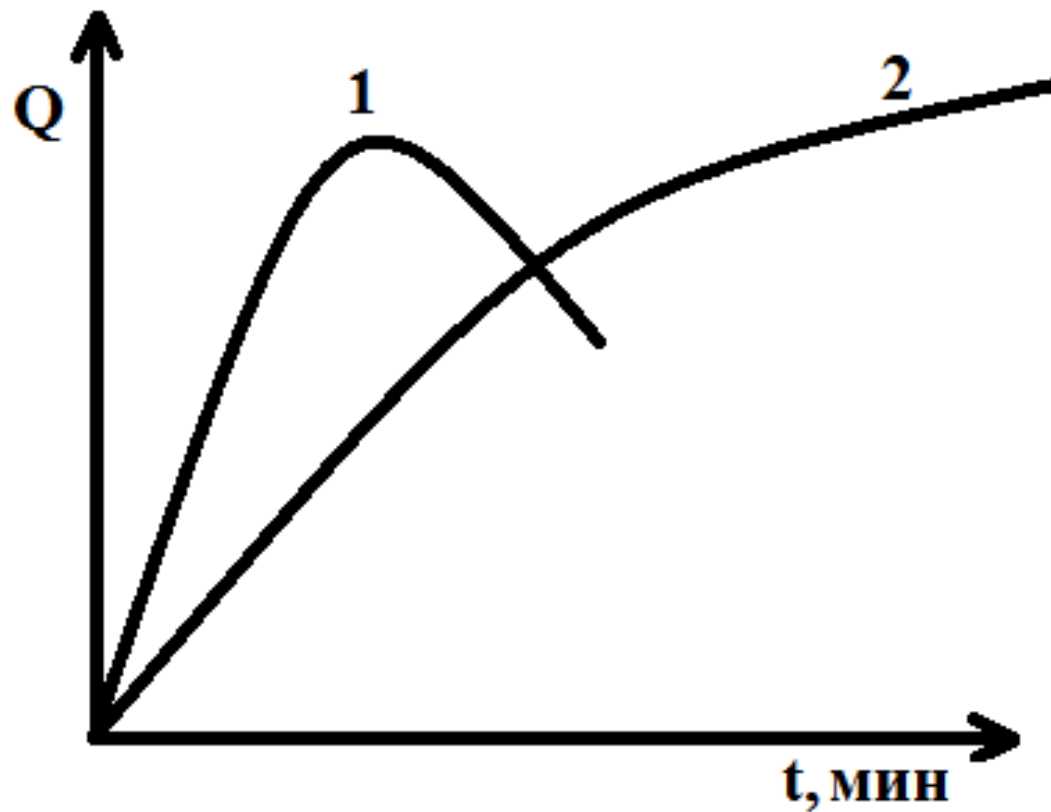
Шекті

Шекті ісіну еріткіш молекуласының полимермен әрекеттесіп, полимердің сұйықты жұтуымен шектелген процесс.

Шексіз

Шексіз ісіну кезінде полимердің молекуласы жеке-жеке дараланып, шын ерітінді түзілгенше сұйық молекулаларымен араласа береді.

Сызықты және тармақталған полимерлерге тән.



- Шекті (1); шексіз (2) ісіну; Q – ісіну дәрежесі; τ – уақыт

- ▶ Ісіну процесін көптеген көрсеткіштермен сипаттайды. Мысалы, ісіну дәрежесі, ісіну жылдамдығы, ісіну қысымы және т.б.
- ▶ *Ісіну дәрежесі* – белгілі бір жағдайда ісінген полимердің массасының (Q_m) не көлемінің (Q_v) өсуін айтады.

$$Q_m = \frac{m_i - m_0}{m_0} 100\%$$

$$Q_v = \frac{V_i - V_0}{V_0} 100\%$$

m_0 , m_i – полимердің стандартты үлгісінің ісінуден кейінгі және бастапқы массасы.

V_i , V_0 – полимердің стандартты үлгісінің ісінуден кейінгі және бастапқы көлемі.

Полимердің еру немесе
ісіну қабілеті мынадай
факторлармен анықталады:

Полимер мен төмен молекулалық сұйықтық табиғаты;

Макромолекула тізбегінің жылжымалылығы мен иілгіштігі;

Полимердің молекулалық массасы мен полимерлену дәрежесі;

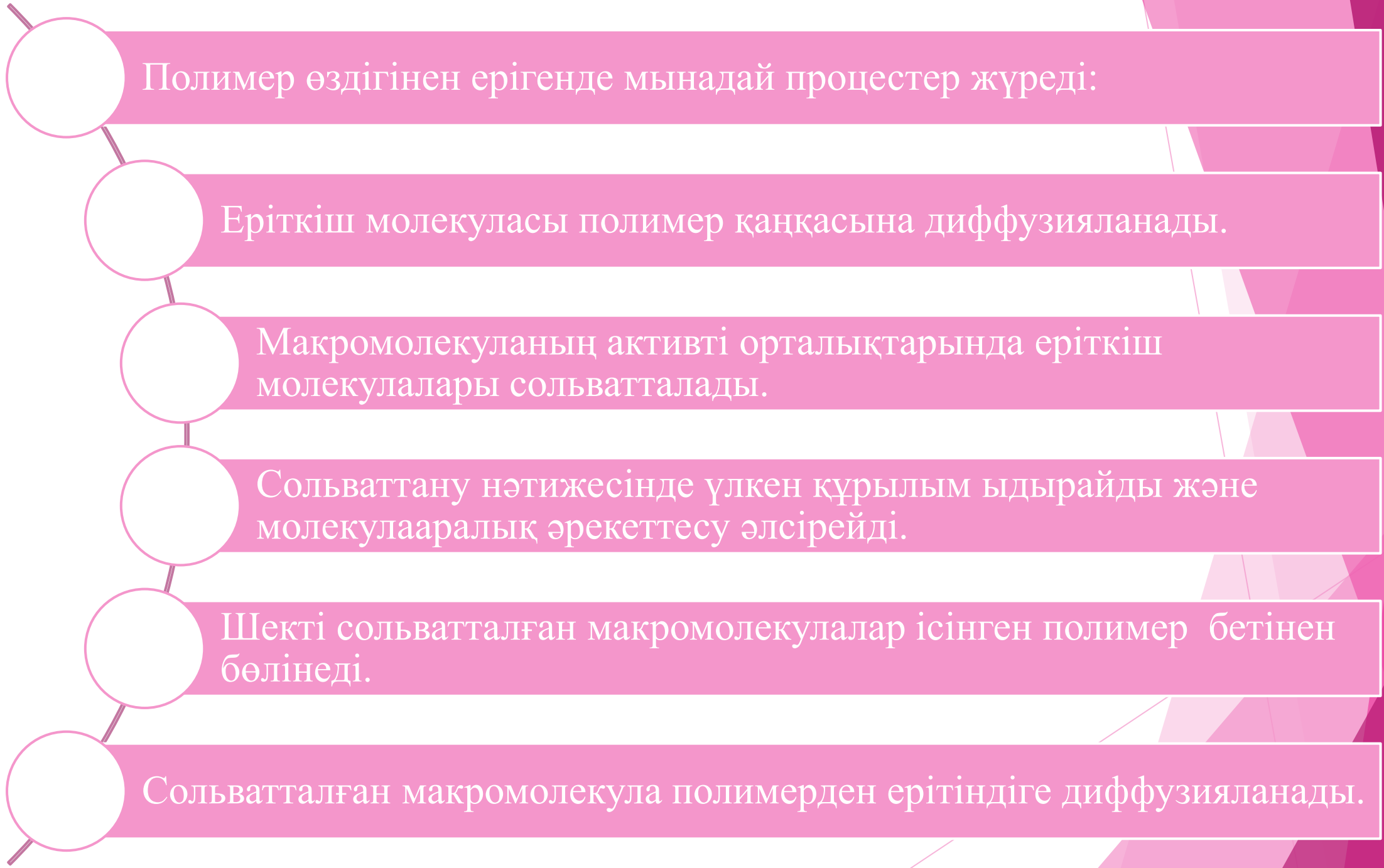
Полимердің молекуладан ірі құрылымы;

Макромолекулада көлденең химиялық байланыстың болуы;

Жүйенің температурасы және компоненттердің концентрациясы.

► Еру термодинамикасы

- Термодинамикалық тұрақты, гомогенді жүйе түзетін өздігінен жүретін процесті *еру* дейді.



Полимер өздігінен ерігенде мынадай процестер жүреді:

Еріткіш молекуласы полимер қаңқасына диффузияланады.

Макромолекуланың активті орталықтарында еріткіш молекулалары сольватталады.

Сольваттану нәтижесінде үлкен құрылым ыдырайды және молекулааралық әрекеттесу әлсірейді.

Шекті сольватталған макромолекулалар ісінген полимер бетінен бөлінеді.

Сольватталған макромолекула полимерден ерітіндіге диффузияланады.

- ▶ Ерудің міндетті шарты – компоненттерді араластырғанда бос энергияның азаюы.
- ▶ Полимерді ерітуде ерекшелік – **энтропия рөлінің жоғары** болуы, себебі полимер ертіндіні сіңіргенде макромолекула конформациясының өзгеру ықтималдылығы артады. Энтропияның өзгеруі Флори-Хаггинс теңдеуімен анықталады:

$$\Delta S = -R(n_1 \ln \phi_1 + n_2 \ln \phi_2)$$

мұндағы R – универсал газ тұрақтысы; n_1 , n_2 – компоненттердің мольдер саны; ϕ_1 , ϕ_2 – олардың көлемдік үлесі.

- ▶ **Полимер мен еріткіштің термодинамикалық ынтықтығы**
- ▶ Еру (ісіну) процесі компоненттер бір-бірімен араласқанда ғана жүреді, яғни олардың арасында **термодинамикалық ынтықтық** болуына байланысты.
- ▶ Еріткіштердің полимерге деген термодинамикалық ынтықтығының дәрежесіне қарай олар полимерлермен термодинамикалық **сыйысатындар және сыйыспайтындар** болып бөлінеді.
- ▶ Компоненттердің термодинамикалық ынтықтығының сандық мөлшерін олардың химиялық потенциалдарының бір-бірімен әрекеттескенде азаюынан анықтауға болады. Химиялық потенциал мынаған тең:

$$\mu_i = \left(\frac{dG}{dn_i} \right)_{p,T,\eta}$$

яғни химиялық потенциал тұрақты, қысым мен температура тұрақты.

i - тұрақты компонентінің өте аз мөлшерін қосқанда ерітіндінің еркін бос энергиясының өзгеруі не өсуі химиялық потенциал болып табылады.

► Осмостық қысым

- Төменгі молекулалық сұйылтылған қосылыстар үшін осмостық қысым Вант-Гофф заңына бағынады.

$$\pi = cRT$$

- c – концентрация, R – универсал газ тұрақтысы, T – температура.
- Полимерлер ерітіндісінің осмос қысымы Вант-Гофф заңына бағынбайды, ол макромолекуланың иілгіштігіне тәуелді. Иілгіштік неғұрлым жоғары болса, осмос қысымы да жоғары болады.
- Осмостық қысымының полимер концентрациясына тәуелділігі Ван-дер-Ваальс теңдігімен көрсетіледі:

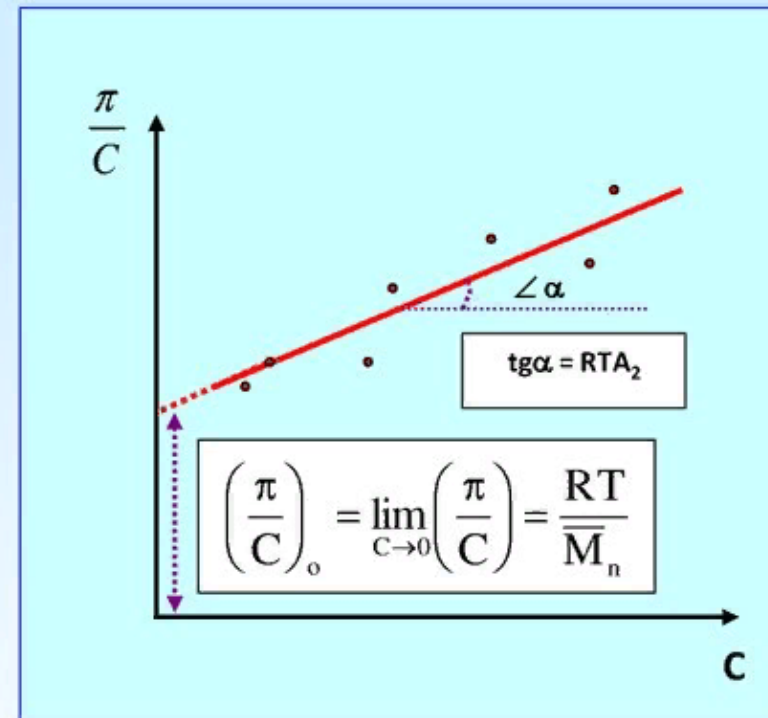
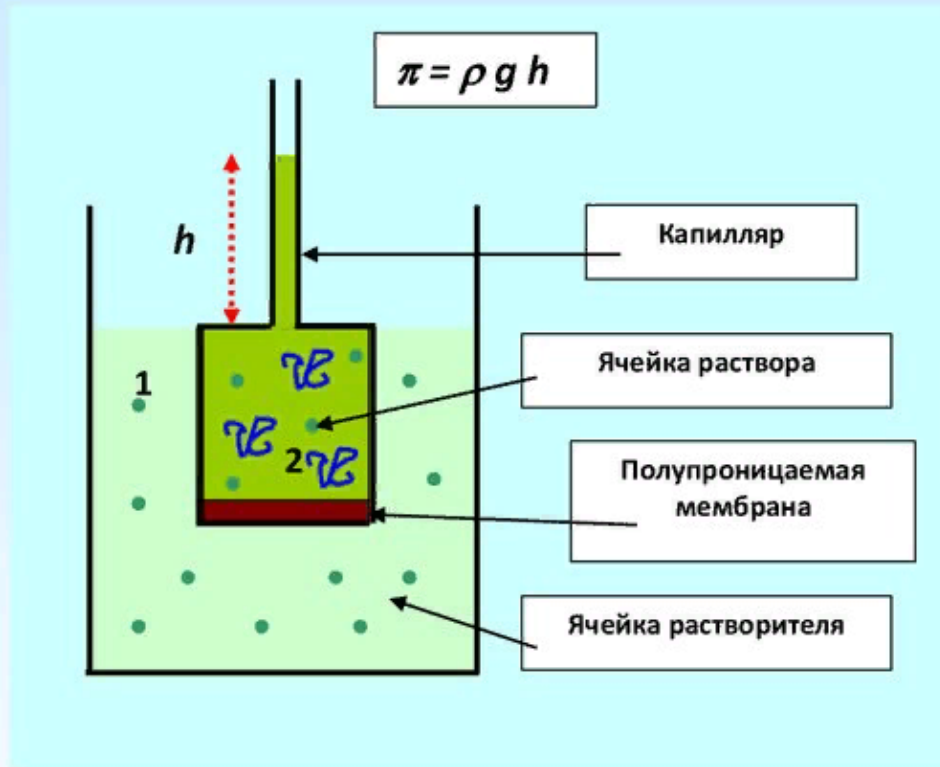
$$\pi = RT(A_1C + A_2C^2 + A_3C^3 + \dots)$$

- Немесе

$$\frac{\pi}{C} = RT(A_1 + A_2C + A_3C^2 + \dots)$$

- C – полимердің ерітіндідегі концентрациясы, $A_1, A_2, A_3 \dots$ – I, II, III вириал коэффициенттері, олар еріген зат молекулаларының формалары мен өлшемдеріне және олардың арасындағы әрекеттесуші күштерге тәуелді.

Осмометрия



$$\frac{\pi}{C} = \frac{RT}{\overline{M}_n} + RTA_2C$$

► Коэффициент мәнін $\pi/C = f(\tau)$ эксперименталды тәуелділіктен есептеуге болады.

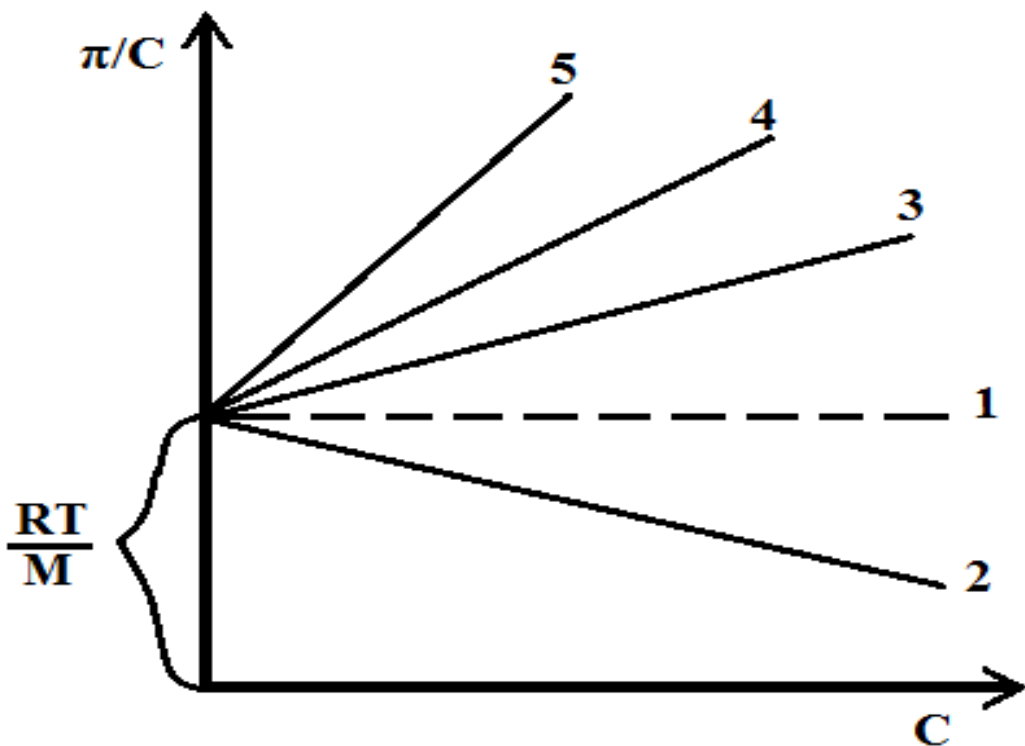
► Бірінші вириал А коэффициенті полимердің молекулалық массасына тікелей қатынасымен байланысқан

$$A_1 = 1/M$$

► Үшінші және одан кейінгі мүшелері нәтижеге көп бөлінбейді, сондықтан жоғарыдағы теңдеуді былай жазуға болады:

$$\frac{\pi}{C} = RT \left(\frac{1}{M} + A_2 C \right)$$

- Бір полимердің әртүрлі еріткіштердегі ерітіндісі үшін $\pi/C=f(c)$ тәуелділік желпігіш сияқты қисықтар құрайды.



1– $A_2=0$ идеал ерітінді,

2– $A_2<0$ нашар еріткіш

3, 4, 5 – $A_2>0$ жақсы еріткіш

- ▶ **Полимер-еріткіш жүйесіндегі фазалық тепе-теңдік**
- ▶ Жүйенің тұрақтылығы компоненттердің термодинамикалық дәрежесімен анықталады және олардың химиялық құрамы мен құрылымына, сыртқы жағдайларға тәуелді. Көп фазалы көп компонентті жүйенің негізгі тепе-теңдік заңы Гиббстің фазалар ережесі болып табылады.

$$C = K - \Phi + 2$$

C – жүйенің еркіндік дәрежесі, K – компоненттер саны, Φ – фазалар саны, 2 – қысым (P) және температура (T).

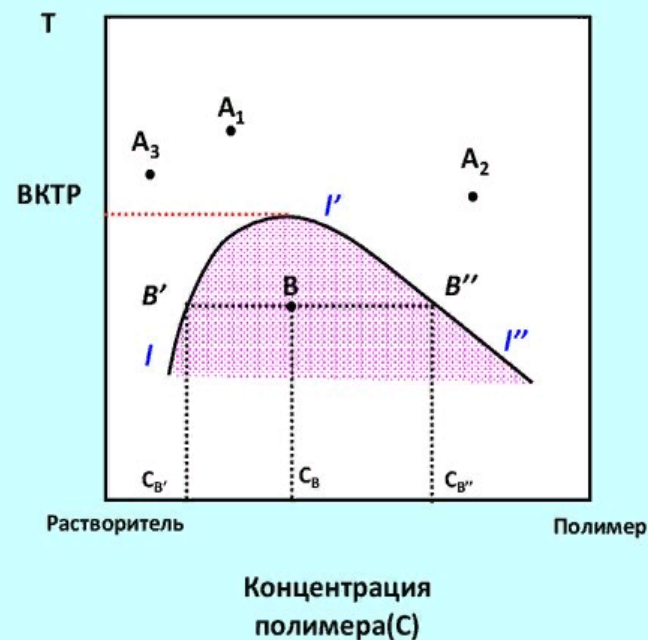
- ▶ Жіктелу басталған температура **фазамен жіктелу немесе фазалық ыдырау** (T_{ϕ}) температурасы деп аталады. Әртүрлі концентрациялы ерітінділерде өзіне тән T_{ϕ} болады және оның ерітінді құрамына тәуелділігі өзара араласу қисығымен белгіленеді. Ол қисық бір фазалы ерітіндіні екі фазалылардан бөліп тұрады. Фазалар диаграммасы деп T мен жүйенің құрамы арасындағы тәуелділікті график түрінде бейнелеуін айтады. Ол диаграммалардың бірнеше түрі болады.



- а) Жоғары критикалық еру температура (ЖКЕТ) (мысалы целлюлазы ацетаты мен хлороформ полиизобутилен-бензол, полистирол-циклогексан)



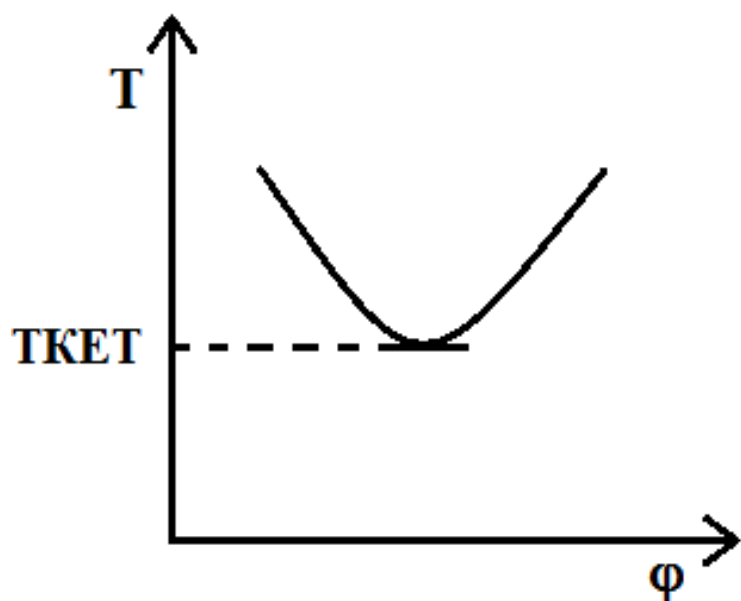
$$\frac{V_{\text{фаза}(B')}}{V_{\text{фаза}(B'')}} = \frac{|BB'|}{|BB''|}$$



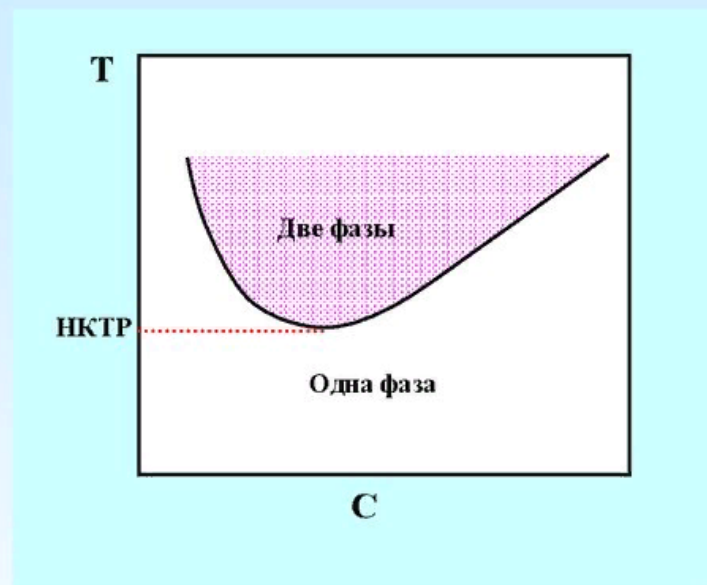
$$\Delta H_{cm} \leq 0, \Delta S_{cm} \geq 0, T \geq T_{кр.} = \Delta H_{cm} / \Delta S_{cm}$$

Полистирол-циклогексан; Полиизобутилен - бензол

► ә) Төменгі критикалық еру температурасы (ТКЕТ)
(полиэтиленоксид-су, метилцеллюлоза-су)



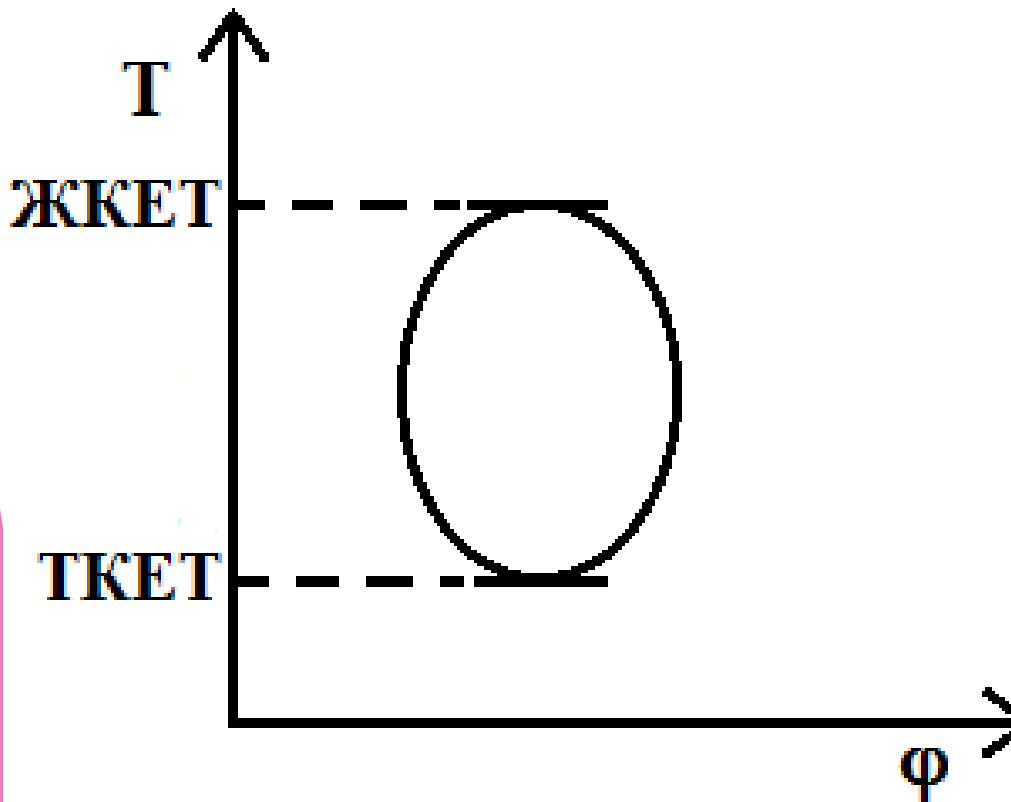
Фазовые диаграммы системы полимер – растворитель
Система с нижней критической температурой растворения (НКТР)



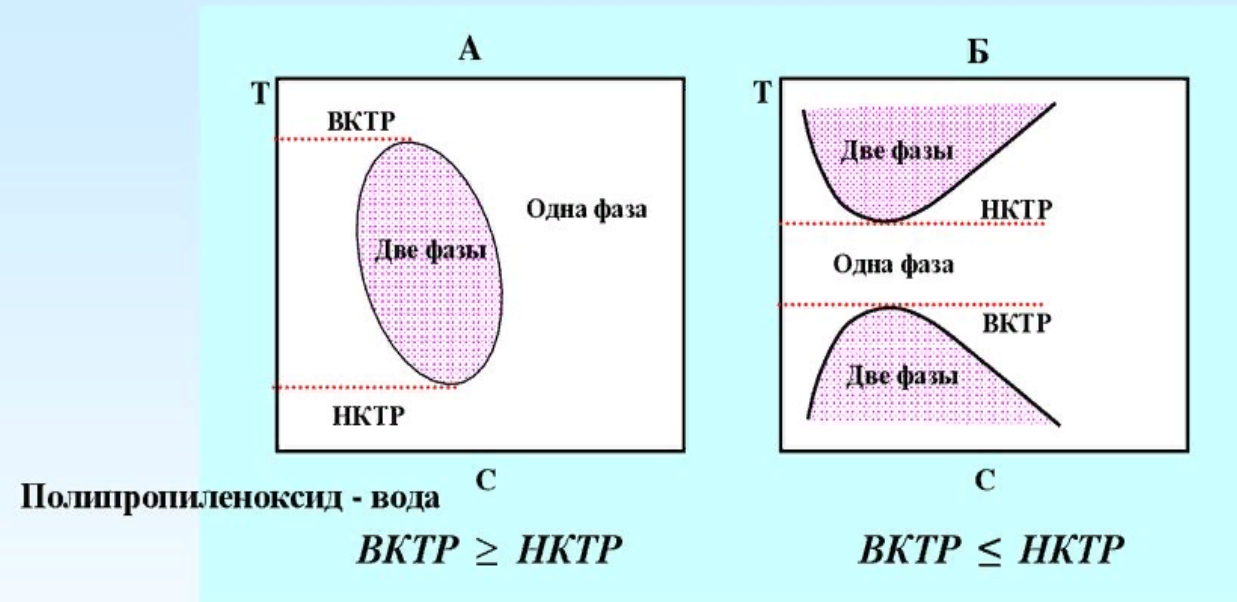
$$\Delta H_{см} \leq 0, \Delta S_{см} \leq 0, T \leq T_{кр.} = \Delta H_{см} / \Delta S_{см}$$

Полюксиэтилен - вода; нитроцеллюлоза – этанол;

- б) Тұйық ерігіштік қисықтар полипропиленоксид-су,
 $T_{KET} < T_{ЖKET}$, T_{KET} еріткіштің қайнау температурасы төмен

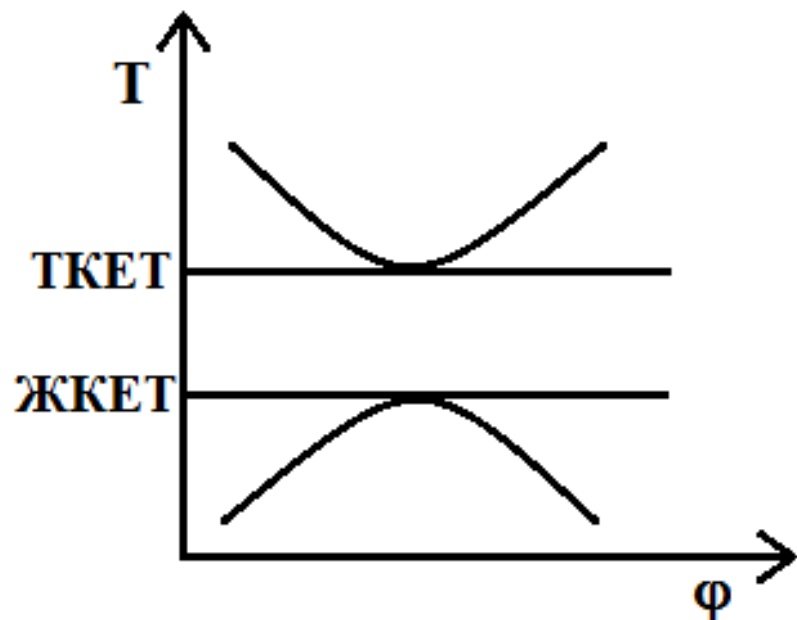


Фазовые диаграммы системы полимер – растворитель
 Системы с НКТР и ВКТР

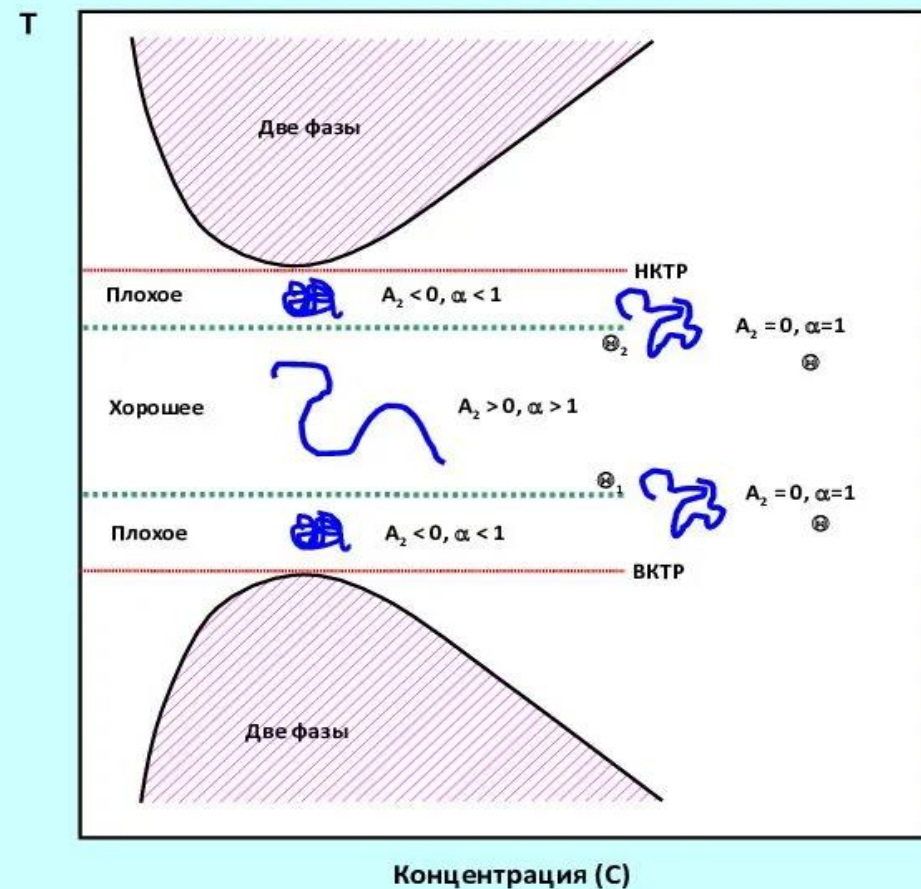


Система	ВКТР, °C	НКТР, °C
Полистирол – циклогексан	30	180
Полистирол – циклопентан	6	150
Полистирол – этилбензол	-5,8	295
Полиизобутилен – бензол	23	160
Поливинилацетат – метанол	-3	206
Поливиниловый спирт – вода	-	231

- в) $T_{KET} > T_{ЖKET}$. Химиялық құрылымы жағынан бір-біріне жақын, бірақ өлшемі жөнінен көп айырмашылығы бар жүйелерге тән. Полиэтилен-алкан, полистирол-циклогексан



Общая картина поведения полимерного клубка в разбавленном растворе



► *Полимердің сұйылтылған ерітіндісі*

- Полимерді еріткішке қосқанда системаның тұтқырлығы күрт жоғарылайды. Мұндай ерітіндінің тұтқырлық коэффициенті капиллярлы түтікті **вискозиметрде** анықталады. Орташа молекулалық массаны анықтау үшін тұтқырлық коэффициенті *салыстырмалы тұтқырлық* деген мәнін қолданады.

$$\eta_{\text{сал}} = \frac{\eta_{\text{ерітінді}}}{\eta_{\text{еріткіш}}} = \frac{\tau_{\text{еріт}}}{\tau_0}$$

мұндағы τ , τ_0 – ерітінді мен еріткіштің түтіктен ағып өтетін уақыты

$$\eta_{\text{мен}} = \frac{\eta_{\text{ерітінді}} - \eta_0}{\eta_0}$$

мұндағы η_0 – еріткіштің тұтқырлығы, $\eta_{\text{мен.}}$ – *меншікті тұтқырлық*, осы тұтқырлықтың концентрацияға қатынасын келтірілген тұтқырлық дейді

$$\eta_{\text{келт}} = \frac{\eta_{\text{мен}}}{c}$$

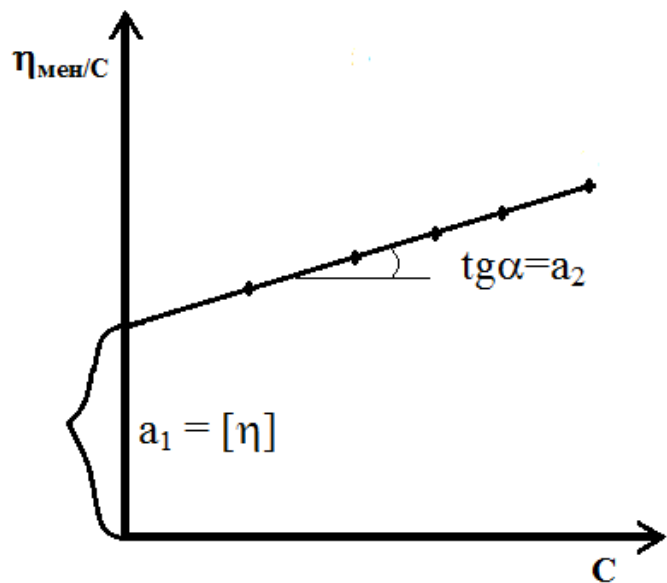
Концентрация өскен сайын осы тұтқырлықтың бәрі өседі.

$$\frac{\eta_{\text{мен}}}{c} = f(c)$$

қатынасы сұйылтылған ерітінділерде түзу сызықпен көрсетіліп, мына теңдікпен өрнектеледі:

$$\frac{\eta_{\text{мен}}}{c} = a_1 + a_2 c$$

a_1 – түзумен ордината өсінің қиылған кесіндісі, a_2 – түзудің еңкею бұрышының тангенсі.



Еріткіштің қасиетін Хаггинс константасы анықтайды. $\operatorname{tg} \alpha = a_2$. Нашар еріткіш үшін $a_2 = 0,7-0,8$, ал жақсы еріткіш үшін $a_2 = 0,1-0,3$.

Егер $c \rightarrow 0$, онда $a_1 = \left[\lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{мен}}{c} \right]$ – бұл сипаттамалық тұтқырлық.

$$[\eta] = \left[\lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{мен}}{c} \right]$$

- **Сипаттамалық тұтқырлықты** ($[\eta]$) сұйытылған ерітінділердің бірнеше концентрациясының салыстырмалы тұтқырлығынан анықтайды. Содан кейін меншікті және келтірілген тұтқырлықты есептеп график құрады. Түзудің еңкею бұрышының тангенсі сипаттамалық тұтқырлықтың квадратын көрсетеді.

$$\frac{\eta_{\text{мен}}}{c} = [\eta] = k' [\eta]^2 c$$

k' – полимер мен еріткіштің әсерлесуін көрсететін тұрақты.
Оны Хаггинстің вискозиметрлік тұрақтысы дейді.
Бұл теңдеу Хаггинс теңдеуі деп аталады.

$$\frac{\eta_{\text{мен}}}{c} = [\eta] (1 + k c [\eta] + k^2 c^2 [\eta]^2 + \dots)$$

- Сипаттамалық тұтқырлық ($[\eta]$) пен полимердің молекулалық массасының арасында мынадай тәуелділік болады:

$$[\eta] = kM^{\alpha}$$

Мұны *Марк-Хаувинк-Кун* теңдеуі деп атайды.

Мұндағы k тұрақтысы – еріткіштің қасиетіне тәуелді константа, α макромолекуланың ерітіндідегі конформациясымен анықталатын тұрақты $0 < \alpha < 2$ арасында болады.

Тұтқырлық арқылы
макромолекуланың анықтауға болады:

конформациясын,

табиғатын,

орташа квадраттық арақашықтығын

Идеал ерітінді үшін $\alpha \approx 0,5$;

судағы полиэлектролит үшін
 $\alpha \approx 2$;

ісінген шумақ үшін $\alpha \approx 0,7-0,8$;

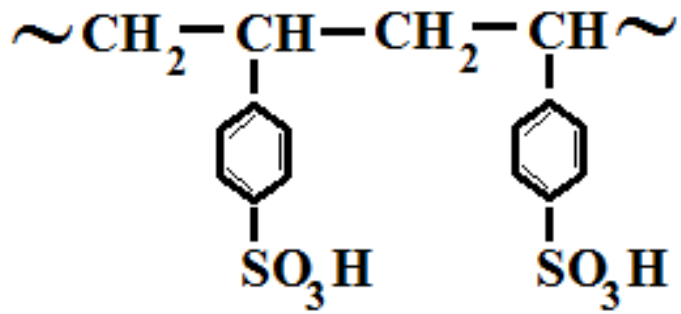
глобула үшін $\alpha \approx 0$.

- ▶ *Полиэлектrolиттер ерітіндісі*
- ▶ Полиэлектrolиттер деп макромолекуласында иондарға диссоциацияланатын **ионогенді тобы** бар жоғары молекулалық қосылыстарды айтады.
- ▶ Полиэлектrolиттер табиғатта да кездеседі (белок – тізбегі шамамен 20 шақты амин қышқылдарының түрлерінен құралған және тізбегінде полипептид –CO-NH- тобы бар).
- ▶ Полипептид тізбегіндегі орынбасарлар **қышқылдық және негіздік қасиет** көрсетеді. Сондықтан белок *полиамфолит* болып есептелінеді.

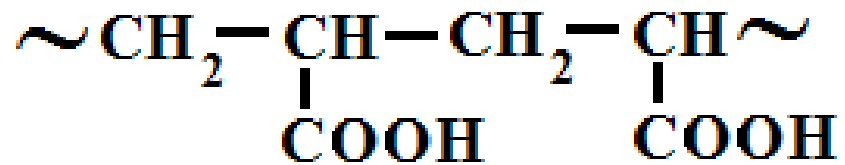
Ионогендік топтардың табиғатына және диссоциациялану дәрежесіне байланысты полиқышқылдар және полинегіздер бөлінеді:

күшті

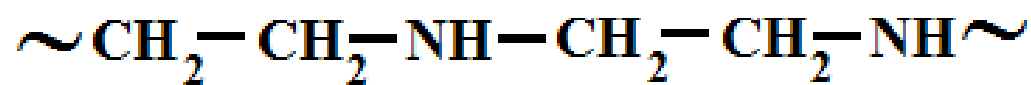
әлсіз



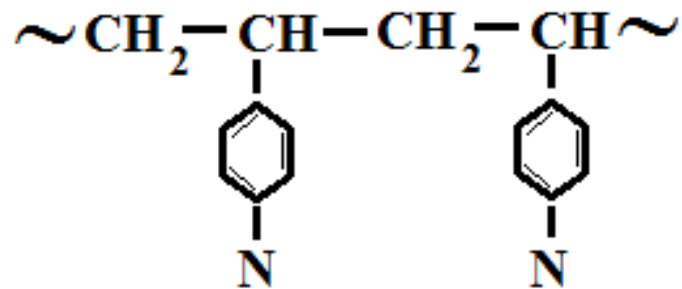
полистирол
сульфоқышқылы
(күшті қышқыл)



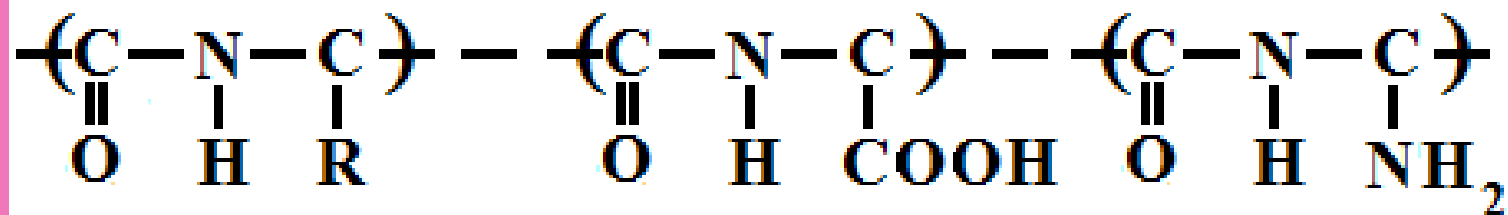
полиакрил қышқылы
(әлсіз қышқыл)



полиэтиленимин
(әлсіз негіз)

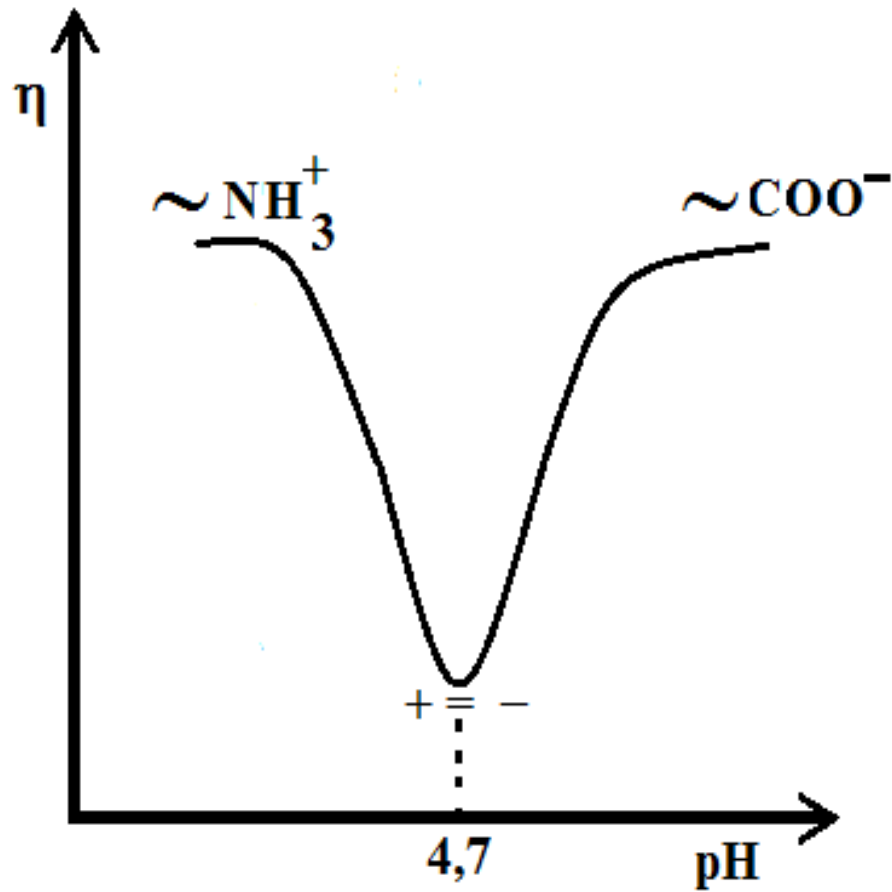


полиэтиленпиридин
(күшті негіз)



белок, полиамфолит

- Желатина (белок) ерітінділерінің тұтқырлығының рН орталыққа тәуелділігі.



рН=4,7
тұтқырлығы
минималды
болады.

ерітіндінің
ең
мәнінде
Оны

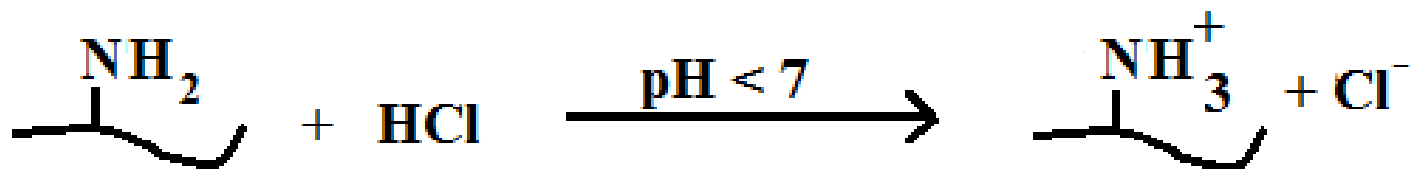
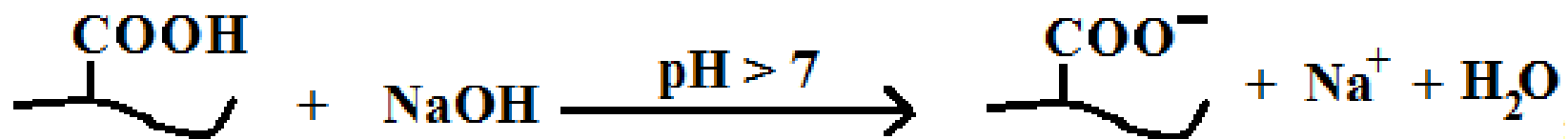
изоэлектрлік нүкте (рН_и)
деп атайды.

Изоэлектрлік нүктеде

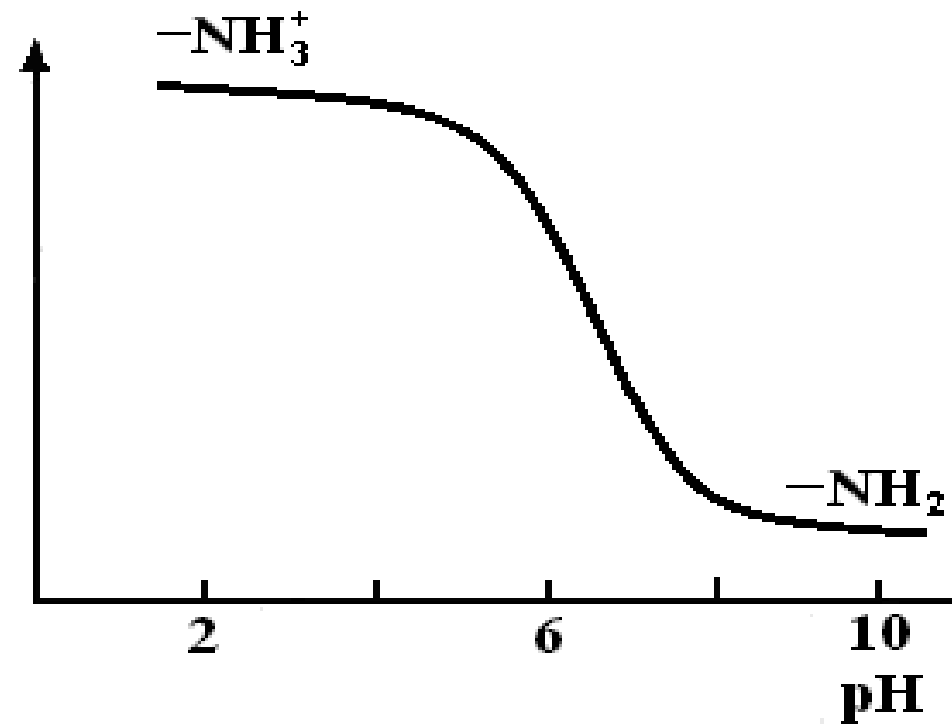
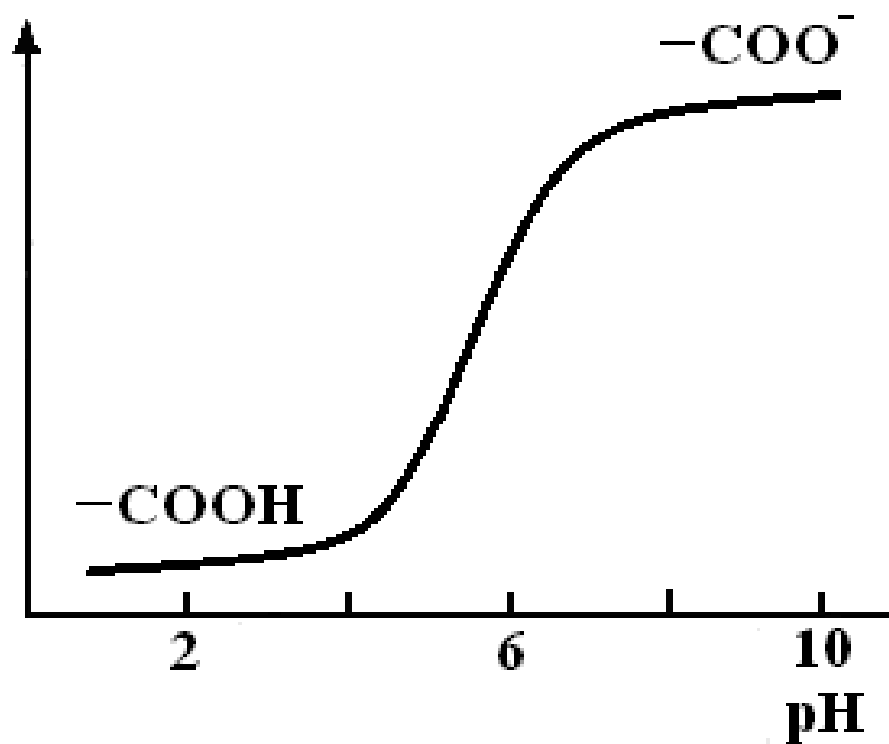
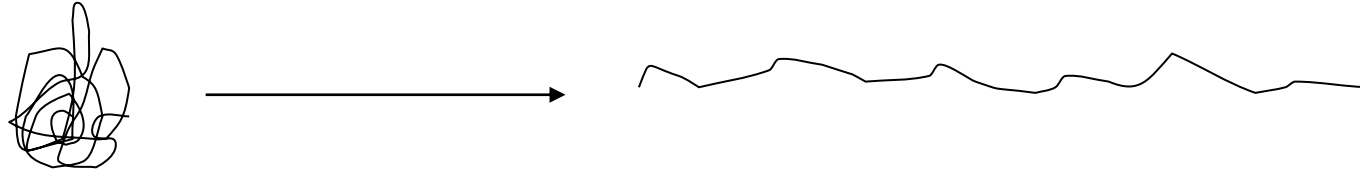
диссоциаланған қышқылдық және
негіздік топтардың саны **тең және
минималды**

бұл жағдайда полимер тізбегі
жұмырланып, кішірейді.

- Егер осы ерітіндіге төмен молекулалық электролиттерді (қышқыл немесе негіз) қосса, рН жылжиды, желатиннің диссоциалану дәрежесі өседі.



- Екі жағдайда да макромолекула конформациялық өзгеріске ұшырайды, яғни тығыз шумақтан жазылған шумаққа айналады.



► Полимерлік гидрогельдер

- Полимерлік **гельдер** деп макромолекулалардың өзара байланысынан түзілген, үш өлшемді аса бағалы қасиеттерге ие жоғары молекулалық қосылыстарды айтады.
- Ерітіндіден айырмашылығы гель ақпайды, себебі молекулалар арасында



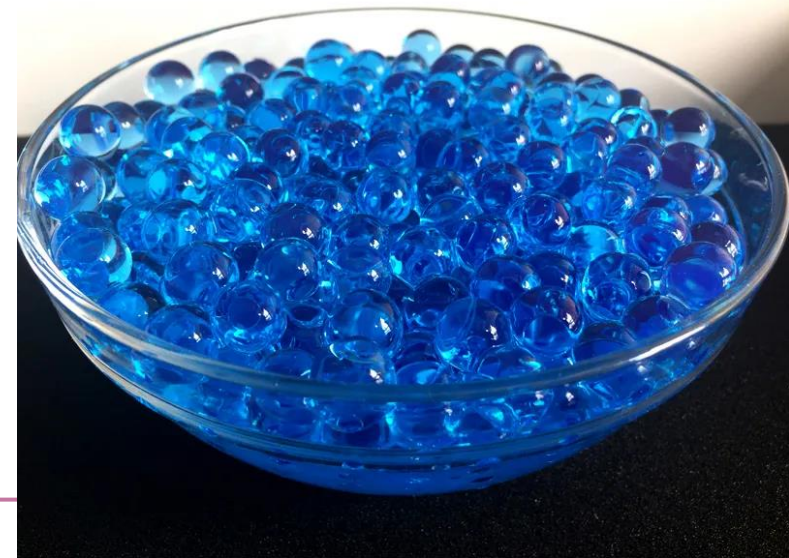
Кеңістік торының
табиғатына байланысты
гельдер бөлінеді:

ХИМИЯЛЫҚ

ФИЗИКАЛЫҚ



Температураның
өзгеруіне байланысты
гельдер бөлінеді:



қайтымды

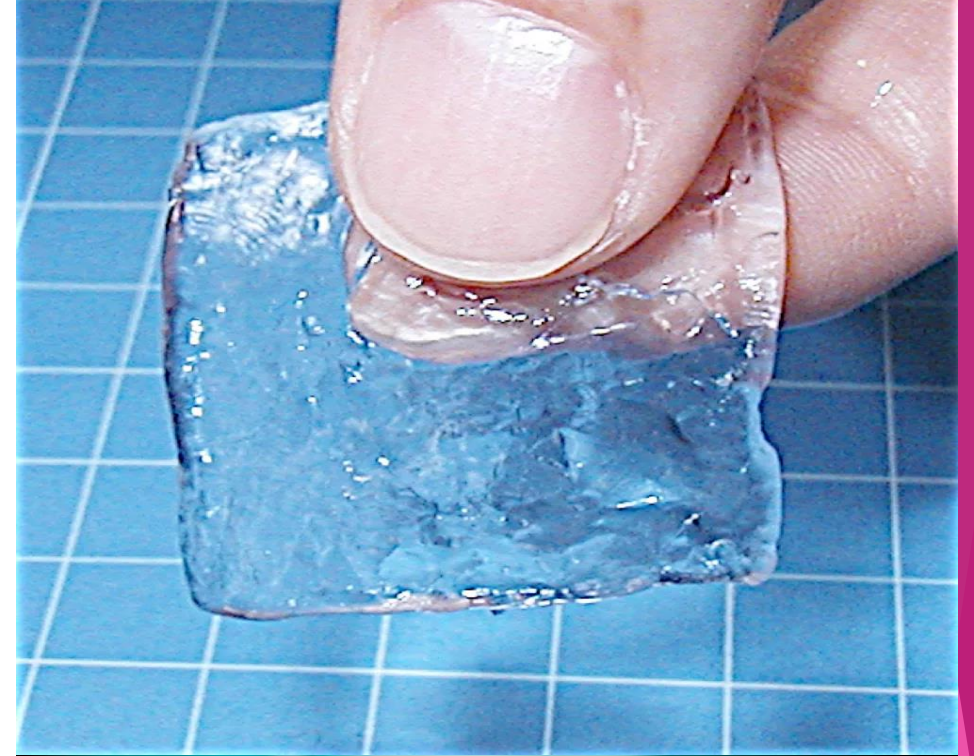
қайтымсыз

Суда ісінетін гельдер – гидрогельдер деп аталады.

Гельдердің құндылығы оларға тән ерекше екі қасиетіне байланысты:

Гельдер еріткіштердің шамадан тыс мөлшерін сіңіре алады, яғни суперабсорбциялық қасиеті бар.

Гельдер қоршаған орта жағдайының (температура, рН, иондық күш, электр өрісі, еріткіштің табиғаты және т.б.) әсерінен өзінің көлемін ондаған, жүздеген есе қайтымды өзгерте (ісіну-жиырылу, коллапс-деколлапс) алады



- ▶ Полимерлік гельдердің ісінуге әсер ететін параметрлері:
- ▶ 1. Макромолекуланың табиғаты, яғни суға ынтықтығы.
- ▶ 2. Гельдің тігілу дәрежесі. Қазіргі кезде 50-400 мономерлік буынға бір көлденең тігіс келетін сирек тігілген гельдердің маңызы артуда. Өйткені мұндай гельдердің ісінгіштік дәрежесі үлкен. Тігілу дәрежесі артқан сайын ісінгіштік кемиді.
- ▶ 3. Функционалдық топтың полярлығы, яғни полиэлектролиттің күші.
- ▶ 4. Функционалдық (ионогендік) топтың үлесі және иондану дәрежесі.
- ▶ 5. Қоршаған ортаның жағдайы (температура, қысым, рН және ерітіндінің иондық күші).

► **Полимерлік гидрогельдерді алудың негізгі әдістері**

- 1. Гидрофильді мономерлерді (мысалы: акриламидті, гидроксипалкиметакрилаттарды, акрил қышқылы және оның тұздарын, N-винилпирролидон және т.б.) түзуші агенттермен (этиленгликольдиметакрилат, N, N'-метилден-бисакриламид) радикалдық полимерлеу.
- 2. Гидрофильді олигомерлерді (мысалы: олигоэтиленгликольдер) немесе полимерлерді торлы полимерлер синтездеу әдістерін қолданып тігу.
- 3. Жоғарыда келтірілген мономерлерді табиғи полимерлерге (целлюлоза және оның эфирлері, декстран, желатин) жалғау.
- 4. Полимерлердің химиялық реакциялары арқылы, мысалы, торланған немесе жалғанған полиакрилонитрилды гидролиздеу.

► **Қорытынды:**

- Полимер ерітінділері - жоғары молекулалы қосылыстардың еріткіштермен әрекеттесу нәтижесінде түзілетін, ерекше физика-химиялық жүйелер. Мұндай ерітінділерде полимер молекулаларының үлкен өлшемі мен иілгіштігі олардың қасиеттерін кәдімгі төмен молекулалы ерітінділерден айтарлықтай өзгешелендіреді. Ерітінділердің тұтқырлығы, осмостық қысымы және ісіну дәрежесі полимердің молекулалық массасына және еріткішпен өзара әрекеттесу дәрежесіне тәуелді.
- Гидрогельдер - суды көп мөлшерде сіңіріп, көлемін өзгерте алатын, кеңістіктік торлы құрылымға ие полимер жүйелері. Олар химиялық немесе физикалық жолмен тігілген полимер тізбектерінен тұрады. Гидрогельдердің ісіну қабілеті мен серпімділігі функционалдық топтардың табиғатына, тігілудің тығыздығына және сыртқы факторларға (рН, температура, иондық күш) байланысты.
- Гидрогельдер медицинада (жара таңғыштар, дәрілік заттарды жеткізу жүйелері), ауыл шаруашылығында (топырақ ылғалын сақтау, тұқым түйіршіктеу), экологияда (суды тазалау, ауыр металл иондарын сіңіру) және басқа да салаларда кеңінен қолданылады.
- Осылайша, полимер ерітінділері мен гидрогельдер - жоғары молекулалы қосылыстардың маңызды түрлері, олардың құрылымы мен қасиеттерін зерттеу жаңа функционалды материалдар жасаудың ғылыми негізін қалайды.