әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті
Химия және химиялық технология факультеті
Органикалық заттар , табиғи қоспалар мен полимерлер химиясы және технологиясы кафедрасы

«Биотехнология және биоинженериядағы полимерлер» пәні бойынша

1 дәріс. Биотехнология және биоинженериядағы полимерлердің рөлі мен маңызы. Полимерлердің жалпы сипаттамасы: жіктелуі, құрылымы және қасиеттері.

PhD, қауымд.проф. Махаева Данэля Нурлановна

Дәріс жоспары:

- Биоинженерия және биотехнология
- Биоинженерия және биотехнологияның пайда болуы мен дамуының кезеңдері
- Биоматериалдар туралы негізгі мәліметтер
- Полимерлер. Құрылымы және қасиеттері
- Табиғи полимерлер: түрлері, қасиеттері және биотехнологиядағы қолданылуы.

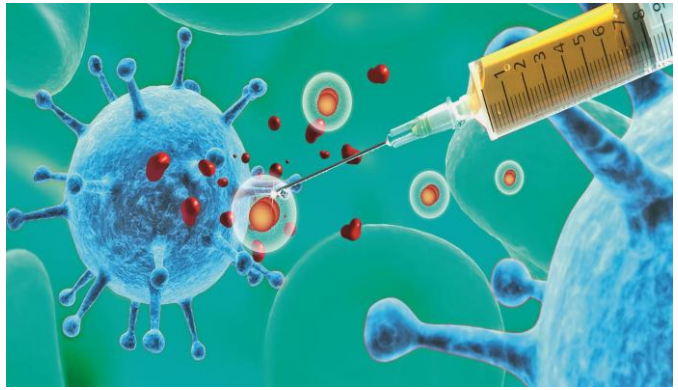
Биоинженерия және биотехнология

Биоинженерия (ағылш. bioengineering) — биология мен медицинаның инженерлік принциптерін қолданатын ғылыми және техникалық бағыт. Ол биологиялық жүйелерді құру және түрлендіру, жаңа құрылғылар мен әдістерді жасау арқылы заманауи технологияларды пайдаланып, медицина мен биологиядағы маңызды мәселелерді шешуге бағытталған. Мысалы, трансплантацияға арналған ағзаларды өсіру немесе генетикалық модификацияланған организмдерді жасау.

Биотехнология дегеніміз биологиялық объектілер мен биологиялық процестердің негізінде түбегейлі жаңа технологиялар құру, сол арқылы адамға қажетті өнімдерді алу.

Қазіргі заманғы биоинженерияның негізін *молекулалық биология*, *микробиология*, *генетика*, *биохимия*, *биофизика*, *технология* және *аспап жасау* ғылымдары құрайды. Соңғы 40–50 жылда бұл ғылымдар қарқынды дамып, медициналық биопрепараттар өндірісінде үлкен революциялық өзгерістерге себеп болды. Сонымен қатар, ерекше қасиеттерге ие трансгенді өсімдіктер мен жануарлар жасалды. Мұндай зерттеулер ғылыми-техникалық прогрестің басты бағыттарының біріне айналып, XXI ғасырда жетекші орын алатыны сөзсіз.







Биоинженерия және биотехнологияның пайда болуы мен дамуының кезеңдері

- I. **Эмпирикалық кезең (грек. *«эмперикос»* – тәжірибелік)** немесе **тарихқа дейінгі** кезең

Ежелгі халықтар бұл уақытта нан, сыра, сірке суын жасау, сүт өнімдерін ашыту, қырыққабат тұздау, сүрлеу сияқты тәсілдерді интуитивті түрде қолданған. Қазіргі таңда бұл процестер биотехнологиялық әдістер қатарына жатады.

- II. **Этиологиялық кезең (грек. «аитиа» – себеп).**

Бұл кезең XIX ғасырдың екінші жартысы мен XX ғасырдың алғашқы үшінші бөлігін (1856–1933 жж.) қамтиды және ұлы француз ғалымы Луи Пастердің (1822–1895) ғылыми зерттеулерімен тығыз байланысты. Пастер *ашытудың* микробтық табиғатын анықтап, оттегісіз ортада тіршіліктің мүмкіндігін дәлелдеді және тірі ағзалардың өздігінен пайда болуы туралы көзқарасты теріске шығарды. Сондай-ақ, ол вакцинопрофилактика мен вакцинотерапияның ғылыми негізін қалап, пастеризация әдісін ұсынды.

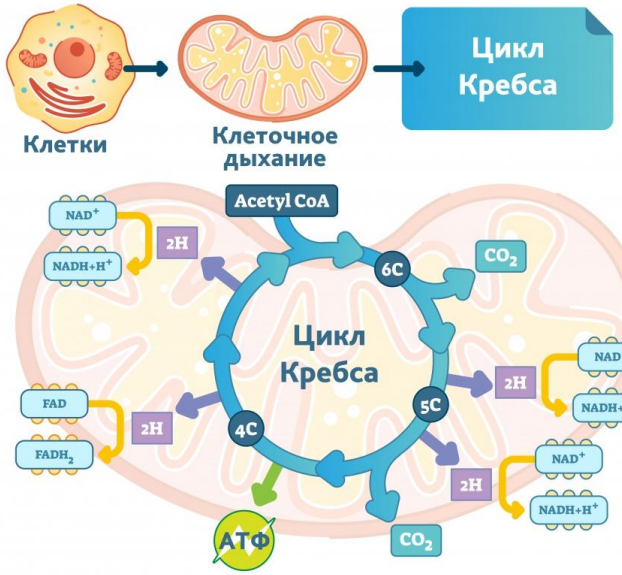
Осы кезеңде Пастердің шәкірттері мен замандастары — Э. Дюкло, Э. Ру, И.И. Мечников, Р. Кох, Д. Листер, Ш. Китазато, Д.И. Ивановский және т.б. — микробиология мен биотехнологияның дамуына үлкен үлес қосты.

- Пресселген ашытқылар өндірісінің басталуы
- Бактерия метаболиттерін өндіру: ацетон, бутанол, лимон және сүт қышқылдары
- Францияда тұрмыстық суларды микробиологиялық тазалау қондырғыларының жасалуы
- Биореакторлар (ферментерлер) мен басқа да жабдықтардың пайда болуы

Биоинженерия және биотехнологияның пайда болуы мен дамуының кезеңдері

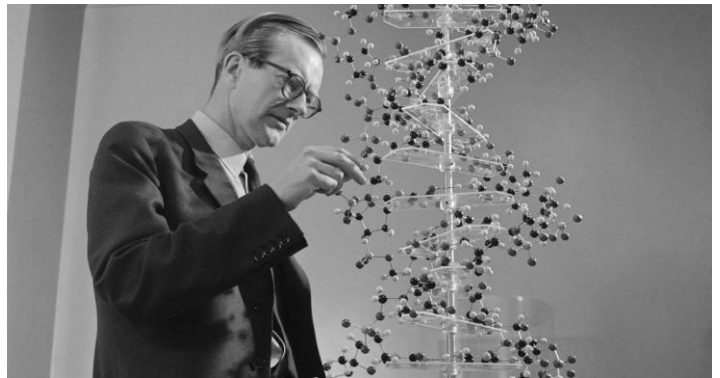
- **III. Биотехнологиялық кезең (1933–1972 жж.)**

1933 жылы А. Клюйвер және А.Х. Перкин «Зең саңырауқұлақтарының зат алмасуын зерттеу әдістері» еңбегін жариялады. Бұл жұмыста тереңдетілген культивирлеудің техникалық әдістері және нәтижелерді бағалау тәсілдері көрсетілді.



Ерекшеліктері:

- ❑ Қоректік ортаны стерильді жағдайда жүргізуге мүмкіндік беретін герметикалық жабдықтар пайда болды.
- ❑ Екінші дүниежүзілік соғыс кезінде (1939–1945 жж.) антибиотиктерге сұраныстың күрт артуы биотехнологиялық жабдықтардың дамуына үлкен серпін берді.
- ❑ 1937 ж. Г. Кребс трикарбон қышқылдар циклі (Кребс циклі) ашты.
- ❑ 1953 ж. Ф. Крик және Дж. Уотсон ДНҚ құрылымын анықтады.



Биоинженерия және биотехнологияның пайда болуы мен дамуының кезеңдері

IV. **Биоинженерия кезеңі** — геннотехникалық кезең (грек. «гинесис» – пайда болу, туу)

- Бұл кезең 1972 жылдан басталды. Осы жылы АҚШ-та П. Берг алғашқы рекомбинантты ДНҚ молекуласын жасады, бұл генетикалық материалмен бағытталған манипуляциялар жасау мүмкіндігін дәлелдеді.

❖Интенсивті өндірістік процестерді дамыту – суперпродуценттерді қолдану (антибиотиктер, ферменттер, аминқышқылдары, дәрумендер).



❖Геннотехникалық әдістер арқылы жаңа өнімдер өндіру.

❖Бұрын табиғатта болмаған организмдерді жасау:

- Азотфиксация қабілеті бар өсімдіктер;
- Жарық шығаратын өсімдіктер;
- Химералар және жануарларды клондау (қой-ешкі, индоутка, гибридті картоп-қызанақ).

❖Арнайы аппараттар мен биоинженерлік жүйелерді өндіріске енгізу.

❖Өндірісті автоматтандыру және компьютерлендіру – энергияны үнемдеп, арзан шикізатты тиімді пайдалану.

Биоинженерияға жаңа материалдар не үшін қажет?

Биоинженерияның негізгі міндеттері

- тіндерді қалпына келтіру;
- жасанды ағзалар мен имплантттар жасау;
- дәрілік заттарды нысаналы жеткізу;
- диагностикалық жүйелер әзірлеу;
- регенеративті медицина;
- биосенсорлар жасау.

Материалдарға қойылатын талаптар:



Биоматериал дегеніміз не?

Биоматериал - биологиялық жүйемен әрекеттесуге және белгілі бір медициналық немесе биоинженерлік функцияны орындауға арналған материал.

Биоматериалдың негізгі сипаттамалары

Химиялық қасиеттері	**Физикалық қасиеттері**	**Механикалық қасиеттері**	**Биологиялық қасиеттері**
химиялық тұрақтылық;	құрылымы;	беріктігі;	биосәйкестілігі;
функционалдық топтардың болуы;	кеуектілігі;	серпімділігі;	биодеградациясы;
химиялық модификация мүмкіндігі.	гидрофильділігі;	деформациялану.	жасушалармен және биомолекулалармен өзара әрекеттесуі.
	термиялық қасиеттері.		

Неліктен биоинженерияда полимерлер кең қолданылады?

- Полимер қасиеттерін бірнеше деңгейде басқаруға болады:



Нәтижесінде: қажетті қасиеттері бар функционалдық биоматериал алуға болады

Полимерлердің жіктелуі:

- ✓Шығу тегіне байланысты
- ✓Негізгі тізбектің құрамына байланысты
- ✓Макромолекула тізбектерінің құрылымына байланысты
- ✓Қыздырғанда байқалатын өзгерістеріне байланысты
- ✓Химиялық табиғатына байланысты
- ✓Құраушы буындардың санына байланысты

Полимерлер - бұл не?

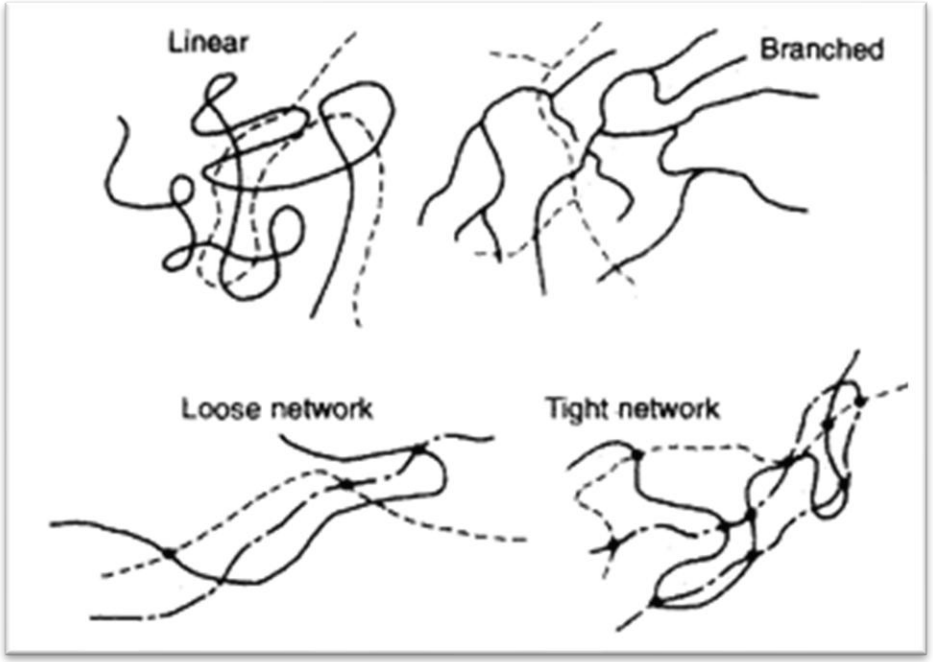
- Полимерлер макромолекуланың ерекше түрі болып табылады
- **Полимер** сөзі гректің **«көп»** дегенді білдіретін **«поли»** және **«бөліктер»** немесе **«қайталанатын бірліктер»** дегенді білдіретін **«мерес»** сөздерінен шыққан.
- Полимер бір-біріне бір-бірлеп қосылған қайталанатын молекулалардың **(мономерлер)** үлкен тізбегінен тұрады.



Полимерлер. Құрылымы және қасиеттері

Полимерлер немесе **жоғары молекулалық қосылыстар** – үлкен молекулалық массасы және өзіне тән бірқатар қасиеті бар қосылыстар

Макромолекуланың құрылымы бойынша:



- **Сызықтық:** тізбектердің салыстырмалы жоғары қозғалғыштығы
  - Жоғары тығыздықтағы полиэтилен (HDPE), ПВХ, нейлон, мақта
- **Тармақталған:** тізбектердің орналасуы мен қапталуы өзгереді
  - Төмен тығыздық

  Полиэтилен (LDPE)
- **Айқас байланысқан:** серпімді кеңістіктік тор
  - Резеңке
- **Торлы:** тізбек қозғалысы шектеледі → қаттылық артады
  - Кевлар, эпоксид

*Wagner, W. R., Sakiyama-Elbert, S. E., Zhang, G., & Yaszemski, M. J. (2020). *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2017-0-02323-6

Полимердің молекулалық массасы

(1) Орташа сандық молекулалық масса ($\overline{M_n}$)

$$\overline{M}_n = \sum_i f_{n(i)} M_i = \sum_i \frac{N_i}{\sum_i N_i} M_i = \frac{\sum_i M_i N_i}{\sum_i N_i}$$

(2) Орташа салмақ-молекулалық масса ($\overline{M_\omega}$)

$$\overline{M_\omega} = \sum_i f_{w(i)} M_i = \sum_i \frac{N_i M_i}{\sum_i N_i M_i} M_i = \frac{\sum_i N_i M_i^2}{\sum_i N_i M_i}$$

(3) Орташа тұтқырлық **молекулалық масса** ($\overline{M_\eta}$) эксперименталды түрде сұйылтылған ерітінді вискозиметрінен Марк-Кун-Хаувинк теңдеуін қолданып алуға болады. Тұтқырлық-орташа молекулалық масса еріткіштің полимер үшін жақсы немесе нашар еріткіш екендігіне байланысты $\overline{M_\eta}$ және $\overline{M_\omega}$ арасында болады. Жақсы еріткіш жағдайында $\overline{M_\eta} = \overline{M_\omega}$.

Марк - Кун - Хаувинк теңдеуі:

$$[\eta] = K\overline{M}^a$$

$[\eta]$: меншікті тұтқырлық

K , **a** : полимер мен еріткішке тән константалар

$\overline{M}$: орташа молекулалық масса

PDI - полимер макромолекулаларының молекулалық массалары бойынша қаншалықты біркелкі таралғанын сипаттайды. $PDI = \frac{Mw}{Mn} > 1$; PDI = 1 болатын полимерлер монодисперсті полимерлер деп аталады

Полимердің молекулалық массасы

Биомедициналық қолдануға арналған полимерлер

- **Mn**: 25,000 – 100,000
- **Mw**: 50,000 – 300,000
- Молекулалық масса жоғары болған сайын:
  - Механикалық қасиеттері артады
  - Балқу тұтқырлығы өседі
  - Өңдеу қиындайды

- **PDI = M_w / M_n**
- Молекулалық масса таралуының кеңдігін көрсетеді.
- **Коммерциялық полимерлер:**
- PDI = **1.5 – 50**
- **Арнайы синтезделген полимерлер:**
- PDI < **1.1**

Молекулалық масса ↑ макромолекула тізбегінің ұзындығы ↑, м**еханикалық қасиеттері ↑, тұтқырлығы ↑** өңдеу қиындайды

Молекулалық массаны шексіз арттыру полимер қасиеттерін әрқашан жақсарта ма? Неліктен?

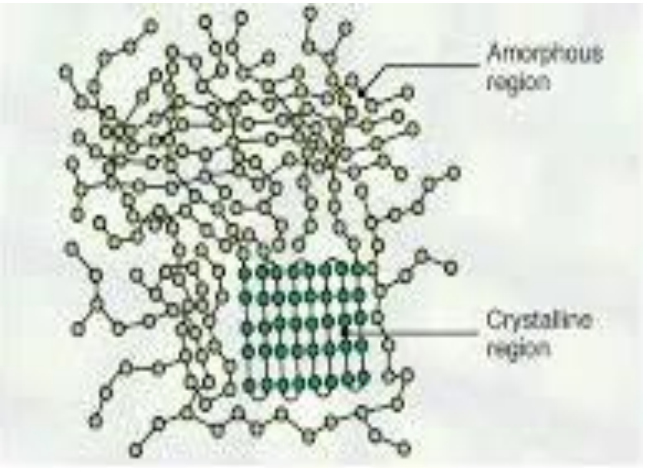
Полимердің кристаллдығы

Кристалдылық (Crystallinity)

Полимерлер **аморфты** немесе **жартылай кристалды** болуы мүмкін.

Олар толықтай кристалды құрылымға жете алмайды, себебі тізбектердің толық реттелуі қиын. Кейбіреулері толықтай аморфты күйде болады, онда торлы құрылымдар болмайды.

Кристалдық аймақтарда тізбектердің белгілі бір реттілігі байқалады. Бұл реттілік материалдың механикалық және термиялық қасиеттерін жоғарылатады. Аморфты немесе жартылай аморфты полимерлер (жиі аморфты полимерлер деп аталады) мөлдір және икемді келеді, бұл кейбір медициналық қолдануларда өте маңызды.



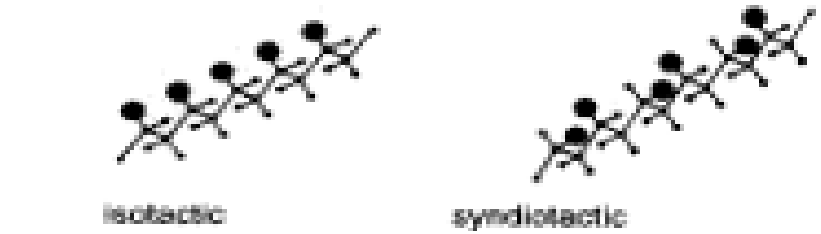
Аморфты аймақ - макромолекулалар салыстырмалы түрде ретсіз орналасады.
Кристалдық аймақ - макромолекулалардың белгілі бір реттелуі байқалады.
Жартылай кристалды полимер: аморфты аймақ + кристалдық аймақ
Кристалдылық әсер етеді:

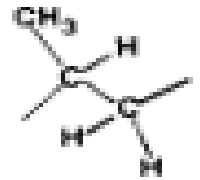
- механикалық беріктікке;
- қаттылыққа;
- икемділікке;
- термиялық қасиеттерге;
- өткізгіштікке;
- су ортасындағы мінез-құлқына.

Кеңістіктік құрылымы бойынша:

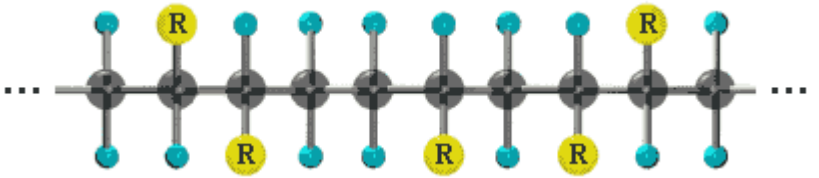
Полимерлер ұзын тізбекті молекулалар және әртүрлі конфигурацияларда болуы мүмкін.

- ✓ Изотактикалық құрылым: барлық бүйірлік топтар бір жақта орналасады.
- ✓ Синдиотактикалық құрылым: бүйірлік топтар кезектесіп орналасады.
- ✓ Атактикалық құрылым: бүйірлік топтар ретсіз орналасады.





polypropylene



Бұл құрылымдар полимердің кристалдану қабілетіне және физикалық қасиеттеріне әсер етеді. Изотактикалық және синдиотактикалық полимерлер әдетте кристалдануға бейім келеді, ал атактикалық полимерлер аморфты болады.

Механикалық қасиеттер (Mechanical Properties)

- **Механикалық қасиеттер**
- Полимерлердің созылу қасиеттері **кернеу–деформация қисығы** арқылы сипатталады.
- **Аморфты полимерлерде** белгілі бір кернеуден кейін тізбектер сырғып, тұрақты деформация пайда болады.
- **Кристалды полимерлер** жоғары беріктік пен серпімділік көрсетеді.
- **Резеңке тәрізді материалдар** төмен модульмен және жоғары созылғыштықпен сипатталады.
- **Айқас байланыстар ↑ → қаттылық пен беріктік ↑.**



Қасиеттерге әсер ететін негізгі факторлар:
Молекулалық масса ↑ → беріктік ↑
Кристалдылық ↑ → қаттылық және беріктік ↑
Айқаспалы байланыстар ↑ → қаттылық ↑, тізбек қозғалғыштығы ↓

Термиялық қасиеттер (Thermal Properties)

•Полимер қыздырылғанда, аморфты аймақтарда молекулалар қозғала бастайды.
•Полимердің қасиеттері **шынылану температурасына (T_g)** байланысты өзгереді.
- T_g төмен болғанда полимер икемді және жұмсақ болады.
- T_g жоғары болғанда қатты және морт келеді.

•T_g мәні әртүрлі полимерлерде өзгеше және өңдеу әдістерін таңдауда маңызды рөл атқарады.



Tg мәніне әсер ететін факторлар
•Тізбек қозғалғыштығы
•Молекулалық масса
•Бүйірлік топтардың құрылысы
•Полимер тізбектерінің қаттылығы
•Айқас байланысу дәрежесі
•Пластификаторлардың болуы

Тізбек қозғалғыштығы ↑ → Tg ↓
Тізбек қозғалысы шектелсе → Tg ↑

Биоинженериядағы маңызы
Tg < пайдалану температурасы → полимер икемдірек
Tg > пайдалану температурасы → полимер қаттырақ, шынытәрізді

Лекцияның негізгі қорытындысы

1. Биотехнология және биоинженерия



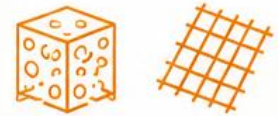
Даму және прогресс

2. Биомедициналық міндеттер



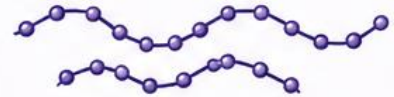
Тіндерді қалпына келтіру, дәрі жеткізу, диагностика, имплanttар, регенерация

3. Биоматериалдар



Биосәйкестік, механикалық, термиялық, биодеградация

4. Полимерлер – функционалдық материалдар



Қасиеттерін химиялық және құрылымдық деңгейде басқаруға болады

5. Полимер құрылымы

Молекулалық масса және PDI



- M_n, M_w
- PDI = M_w / M_n

Макромолекула архитектурасы



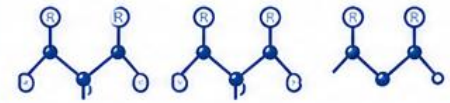
- сызықтық
- тармақталған
- айқаспалы байланысқан

Кристалдылық



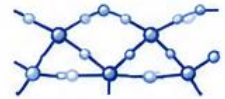
- аморфты аймақ
- кристалды аймақ
- жартылай кристалды

Тактылық



Изотактикалық Синдиотактикалық Атактикалық

Айқаспалы байланысу



- байланыс аз → жұмсақ
- байланыс көп → қатты

6. Құрылым → қасиет (полимер қасиеттері)



Механикалық қасиеттер

- беріктік
- серпімділік модулі
- созылғыштық



Термиялық қасиеттер

- шынылану температурасы (T_g)
- балқу температурасы (T_m)
- термиялық тұрақтылық



Тізбек қозғалғыштығы

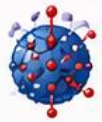
- сегменттік қозғалыс
- T_g арқылы сипатталады



Жалпы қасиеттер

- биосәйкестік
- гидрофильділік
- биодеградация

7. Қасиет → функция (қолданылуы)



Дәрілік заттарды жеткізу

- микробөлшектер
- нанобөлшектер
- гидрогельдер



Тін инженериясы

- матрицалар
- scaffold
- гидрогельдер



Имплanttар

- конструкциялық материалдар
- жабындар
- стенттер, т.б.



Диагностика

- биосенсорлар
- мембраналар
- диагностика жүйелері



Регенеративті медицина

- уақытша матрицалар
- жасушаларды қолдау



Негізгі қағида

Биоинженерияда полимерді таңдау оның атауына ғана емес,
қажетті функцияны қамтамасыз ететін құрылымы мен қасиеттеріне негізделеді.