9-Дәріс: Наноқұрылымды полимерлік материалдар және нанокомпозиттер.

Мақсаты: магистранттарға наноқұрылымды полимерлік материалдар мен нанокомпозиттердің құрылымын, синтез әдістерін, қасиеттерін және олардың биотехнологиядағы және медицинадағы қолдану бағыттарын түсіндіру. Заманауи нанотехнология жетістіктерінің полимерлік материалдардың функционалды мүмкіндіктерін арттырудағы рөлін көрсету.

Оқу нәтижелері:

-Наноқұрылымды полимерлердің ерекшеліктерін түсіндіреді және оларды дәстүрлі полимерлерден ажыратады.

-Нанокомпозиттердің құрамын, құрылымын және синтез жолдарын сипаттайды.

-Наноматериалдардың қасиеттері мен қолдану салаларын ғылыми тұрғыда талдайды.

-Биомедициналық мақсаттарда қолданылатын наноқұрылымды материалдардың мысалдарын келтіре алады.

Дәрістің мазмұны: Нанотехнологияның дамуы және полимерлік материалдарда қолдану маңызы. Наноқұрылымды полимерлік материалдар ұғымы. Наноқұрылымды материалдардың ерекшеліктері және артықшылықтары. Нанокомпозиттердің жіктелуі және құрылымдық түрлері. Наноқұрылымды полимерлерді алу әдістері. Нанокомпозиттердің қасиеттері: механикалық, электрлік, оптикалық және биологиялық қасиеттері. Биомедициналық қолдану бағыттары: дәрілік заттарды жеткізу, тін инженериясы, диагностика. Нанокомпозиттердің артықшылықтары мен шектеулері.

1. Нанотехнологияның дамуы және полимерлік материалдардағы маңызы

Нанотехнология — өлшемдері шамамен 1–100 нм аралығындағы құрылымдарды зерттеу, алу және олардың қасиеттерін басқару әдістерінің жиынтығы. Нанодеңгейде материалдардың бет ауданының көлемге қатынасы артып, беттік энергиясы мен молекулааралық әрекеттесулері өзгереді. Кейбір наноматериалдарда осы факторлар механикалық, оптикалық, электрлік және биологиялық қасиеттердің өзгеруіне әкеледі.

Полимерлік материалдарда нанотехнология полимер матрицасына нанобөлшектер енгізу, наноталшықтар қалыптастыру және макромолекулалардың өздігінен ұйымдасуын басқару арқылы жаңа функционалдық материалдар жасауға мүмкіндік береді.

2. Наноқұрылымды полимерлік материалдар ұғымы

Наноқұрылымды полимерлік материалдар — құрамында немесе құрылымында нанометрлік масштабтағы элементтері бар полимерлер мен полимер негізіндегі жүйелер.

Оларға мыналар жатады:

- полимерлік нанокомпозиттер;
- полимерлік нанобөлшектер мен нанокапсулалар;
- электроспиннинг арқылы алынған наноталшықтар;
- өздігінен ұйымдасатын полимерлік мицеллалар;
- нанокеуекті мембраналар мен наноқұрылымды гидрогельдер.

Бұл материалдардың қасиеттері полимер матрицасының химиялық табиғатына, нанокомпоненттердің өлшеміне, пішініне, концентрациясына және матрицада таралуына байланысты.

3. Наноқұрылымды материалдардың ерекшеліктері мен артықшылықтары

Наноқұрылымдау материалдардың қасиеттерін мақсатты өзгертуге мүмкіндік береді.

- Жоғары меншікті бет ауданы: нанобөлшектердің бетінде дәрілік молекулалар мен биомолекулалардың адсорбциясы жүруі мүмкін.
- Механикалық қасиеттердің өзгеруі: нанотолтырғыштар полимердің беріктігі мен қаттылығын арттыра алады.
- Функционалдық қасиеттер: электрөткізгіштік, оптикалық жауап немесе магниттік қасиеттер енгізілуі мүмкін.
- Беттік қасиеттерді реттеу: сулану, адгезия және ақуыздардың адсорбциясы өзгеруі мүмкін.
- Бақыланатын тасымалдау: нанобөлшектер дәрілік заттарды инкапсуляциялап, олардың босап шығу кинетикасын өзгерте алады.

Алайда бұл артықшылықтар барлық жүйелерде бірдей байқалмайды. Нанобөлшектердің агрегациясы, полимермен нашар үйлесімділігі немесе жоғары концентрациясы материал қасиеттерін төмендетуі мүмкін.

4. Нанокомпозиттердің жіктелуі және құрылымдық түрлері

Нанокомпозиттер — полимер матрицасы мен кемінде бір наномасштабты компоненттен тұратын көпфазалы материалдар.

Нанотолтырғыш түрі	**Мысалдар**	**Негізгі ерекшеліктері**
Нөлөлшемді (0D)	Күміс нанобөлшектері, кремний диоксиді нанобөлшектері	Бөлшектер түрінде таралады

Бірөлшемді (1D)	Көміртекті нанотүтікшелер, наноталшықтар	Ұзындық пен диаметр қатынасы жоғары
Екіөлшемді (2D)	Графен, наноқабатты саздар	Қабатты құрылым
Кеуекті наноматериалдар	Мезокеуекті кремний диоксиді	Дәрілік заттарды адсорбциялау және тасымалдау мүмкіндігі

Құрылымдық ерекшелігіне қарай нанокомпозиттерде толтырғыштар полимер матрицасында жеке бөлшектер, талшықтар немесе қабаттар түрінде таралады. Нанотолтырғыштың біркелкі таралуы мен полимермен фазалық шекарасының сапасы соңғы материалдың қасиеттерін анықтайды.

5. Наноқұрылымды полимерлерді алу әдістері

Наноқұрылымды материалдарды алу үшін бірнеше технология қолданылады.

5.1. Ерітінді әдісі. Полимер мен нанотолтырғыш қолайлы ортада араластырылып, кейін еріткіш буландырылады. Әдіс жұқа қабықшалар мен нанокомпозиттер алуда қолданылады.

5.2. Балқымада араластыру. Нанотолтырғыш полимер балқымасына енгізіліп, механикалық араластыру арқылы таратылады. Бұл әдіс өнеркәсіптік масштабта қолдануға қолайлы, бірақ жоғары температура кейбір компоненттерге әсер етуі мүмкін.

5.3. In situ полимерлену. Нанотолтырғыш мономер ортасына енгізіліп, полимерлену процесі сол жүйеде жүргізіледі. Бұл полимер мен нанокомпонент арасындағы байланысты жақсартуы мүмкін.

5.4. Электроспиннинг. Электр өрісінің әсерінен полимер ерітіндісінен немесе балқымасынан өте жіңішке талшықтар алынады. Электроспиннинг арқылы жоғары меншікті бет ауданы бар талшықты маттар түзіледі.

5.5. Өзіндік ұйымдасу. Полимер молекулаларының гидрофильді-гидрофобты әрекеттесулері, электростатикалық күштер немесе сутектік байланыстар нәтижесінде наноқұрылымдар өздігінен қалыптасады.

6. Нанокомпозиттердің негізгі қасиеттері

Механикалық қасиеттері. Нанотолтырғыштар полимер тізбектерінің қозғалысын шектеп, жүктемені беру тиімділігін арттыруы мүмкін. Бірақ нашар дисперсия және агрегация механикалық беріктікті төмендетеді.

Электрлік қасиеттері. Көміртекті нанотүтікшелер мен графен электрөткізгіштік қасиеттер бере алады. Толтырғыш концентрациясы белгілі бір шектен асқанда өткізгіштік жолдары түзілуі мүмкін; бұл құбылыс перколяция деп аталады.

Оптикалық қасиеттері. Нанобөлшектер жарықтың жұтылуына, шашырауына және материалдың оптикалық жауабына әсер етеді. Мысалы, кейбір металл нанобөлшектері ерекше плазмондық қасиеттер көрсетеді.

Биологиялық қасиеттері. Нанокомпозиттер жасушалармен әрекеттесуді, ақуыздардың адсорбциясын және микробтарға қарсы белсенділікті өзгерте алады. Мұндай әсер нанобөлшектердің химиялық құрамына, өлшеміне, беткі қасиеттеріне және бөліну мүмкіндігіне тәуелді.

7. Биомедициналық қолданылуы

7.1. Дәрілік заттарды жеткізу

Полимерлік нанобөлшектер мен нанокапсулалар дәрілік заттарды инкапсуляциялауға, олардың тұрақтылығын сақтауға және босап шығу жылдамдығын өзгертуге мүмкіндік береді. Нысанаға бағытталған жеткізу үшін бөлшек бетіне арнайы лигандтар енгізілуі мүмкін.

7.2. Тін инженериясы

Наноталшықты скаффолдтар жасушалардың бекінуіне және өсуіне арналған үшөлшемді матрица ретінде зерттеледі. Олардың кеуектілігі, механикалық қасиеттері және биологиялық белсенділігі тіннің қалпына келуіне әсер етеді.

7.3. Диагностика және биосенсорлар

Нанокомпозиттер сенсорлардың сезімтал қабаттарын жасауға, биомолекулаларды иммобилизациялауға және аналитикалық сигналды күшейтуге мүмкіндік береді. Электрөткізгіш нанотолтырғыштар электрохимиялық биосенсорларда қолданылады.

7.4. Антимикробтық материалдар

Күміс нанобөлшектері немесе басқа белсенді компоненттері бар полимерлік жабындар мен жара таңғыштары микробтарға қарсы қасиет көрсетуі мүмкін. Олардың тиімділігі мен қауіпсіздігі белсенді компоненттің бөлінуі, дозасы және жасушаларға ықпалы бойынша бағаланады.

8. Нанокомпозиттердің артықшылықтары мен шектеулері

Артықшылықтары	**Шектеулері**
Механикалық және функционалдық қасиеттерді жақсарту мүмкіндігі	Нанобөлшектердің агрегациясы
Беттік қасиеттерді мақсатты өзгерту	Полимер мен толтырғыштың үйлесімділік мәселелері

Дәрілік заттарды инкапсуляциялау және бақыланатын босату	Өндіріс пен тазарту технологиясының күрделілігі
Сенсорлық және оптикалық функциялар енгізу	Нанобөлшектердің уыттылық қаупі
Жоғары меншікті бет ауданы	Ұзақ мерзімді биологиялық әсерлер туралы деректердің жеткіліксіздігі

Биомедициналық қолдану кезінде нанокомпозиттің тиімділігімен қатар оның биосәйкестілігі, стерильдеуге төзімділігі, деградация өнімдерінің қауіпсіздігі және нанобөлшектердің ағзаға бөліну ықтималдығы бағалануы керек.

Қорытынды

Наноқұрылымды полимерлік материалдар полимер матрицасы мен нанокомпоненттердің қасиеттерін біріктіру арқылы функционалдық мүмкіндіктері кең материалдар алуға мүмкіндік береді. Олардың тиімділігі нанотолтырғыштың өлшемі мен таралуына, полимермен интерфейстік әрекеттесуіне және қолдану ортасына байланысты. Биомедицинада негізгі міндет — материалдың қажетті функциясын қамтамасыз ете отырып, оның биологиялық қауіпсіздігі мен тұрақтылығын дәлелдеу.

Сынақ сұрақтары:

1. Кіріспе: нанотехнологияның дамуы және полимерлік материалдарда қолдану маңызы.
2. Наноқұрылымды полимерлік материалдар ұғымы.
3. Наноқұрылымды материалдардың ерекшеліктері және артықшылықтары.
4. Нанокомпозиттердің жіктелуі және құрылымдық түрлері.
5. Наноқұрылымды полимерлерді алу әдістері.
6. Нанокомпозиттердің қасиеттері: механикалық, электрлік, оптикалық және биологиялық қасиеттері.
7. Биомедициналық қолдану бағыттары: дәрілік заттарды жеткізу, тін инженериясы, диагностика.
8. Нанокомпозиттердің артықшылықтары мен шектеулері.
9. Қорытынды және болашақ даму бағыттары.

Дәріс мазмұны бойынша әдебиеттер:

1. Allen T.M., Cullis P.R. Drug Delivery Systems: Entering the Mainstream. – Science, 2004. – 303(5665), 1818–1822.
2. Hoffman A.S., Ratner B.D. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine. – Elsevier, 2020.
3. Duncan R., Vicent M.J. Polymer Therapeutics – Prospects for 21st Century: The End of the Beginning. – Advanced Drug Delivery Reviews, 2013.

4. Langer R., Peppas N.A. Advances in Biomaterials, Drug Delivery, and Bionanotechnology. – AIChE Journal, 2003.
5. Ghosh S. Functional Polymers in Biomedical Applications. – Springer, 2019.
6. Barbucci R. Hydrogels: Biological Properties and Applications. – Springer, 2009.