

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ МОНУ
від 05 червня 2013 року № 683
Форма № Н-3.04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Факультет інформаційних технологій
Кафедра Біомедичної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
інформаційних технологій
Верескун М.В.
« » 2020 р.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
з навчальної дисципліни

БЮКЕРАМІКА (Bioceramics)

напряму підготовки 163 «Біомедична інженерія»
(шифр і назва напряму підготовки)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Розроблено в рамках проекту «Erasmus+ (CBHE) BioArt: «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр»

Developed in the frame of project «Erasmus+ (CBHE) BioArt: Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc/MSc Degrees» (586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE- JP)

Маріуполь
2020

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Біокераміка» для студентів напряму підготовки 163 «Біомедична інженерія».

Вміщує методичні вказівки до самостійного вивчення лекційного матеріалу курсу та до виконання домашніх завдань.

Розробники:

Єфременко В.Г. проф., д.т.н.
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Рецензент

Азархов О.Ю., д-р. мед. наук, професор

Розроблено в рамках проекту «Erasmus+ (CBHE) BioArt: «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр»

Developed in the frame of project «Erasmus+ (CBHE) BioArt: Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc/MSc Degrees» (586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE- JP)

Рекомендовано

на засіданні кафедри «Біомедична інженерія»,
протокол № 9 від 11.01.2020 р.

Завідувач кафедри _____ (Азархов О.Ю.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією
факультету інформаційних технологій,
протокол № 5 від 20.01.2020 р.

Голова _____ (Черевко)
(підпис) (прізвище та ініціали)

© ДВНЗ «ПДТУ», 2020 рік

© Єфременко В.Г.

1 Мета та завдання навчальної дисципліни

«Біокераміка» – це дисципліна поглибленого вивчення, що викладається фахівцям з біоінженерії на останньому етапі навчання, тобто при підготовці магістрів. Вона має чітку професійну спрямованість, оскільки вибір і застосування біокерамічних матеріалів є невід’ємною часткою у такому важливому напрямку біоінженерії як створення сучасних імплантів.

Мета дисципліни полягає в підготовці фахівців з біоінженерії, здатних вирішувати інженерні завдання, пов’язані із розробкою і застосуванням штучних імплантів.

Основна **задача** вивчення курсу полягає в наданні студентам базових знань щодо типів, властивостей і можливих напрямків застосування керамічних матеріалів в біомедичній інженерії.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати**:

- основні типи біокерамічних матеріалів, їх класифікацію за різними принципами;
- основні напрямки застосування біокерамічних матеріалів використаня в біоінженерії;
- особливості будови біокераміки, її хімічний склад, типи міжмолекулярних та атомарних зв’язків;
- фізико-хімічні і функціональні властивості біокерамічних матеріалів;
- основні технології отримання і обробки біокерамічних матеріалів

Студенти повинні **набути компетенцій** з:

- інноваційних ідей в галузі застосування біокерамічних матеріалів для біомедицини;
- вибору біокерамічного матеріалу для конкретних біомедичних застосувань;
- вибору способу отримання, обробки і нанесення біокерамічних матеріалів на оброблювані поверхні;
- розробки новітніх типів біокераміки із покращеними функціональними можливостями.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні **набути практичних умінь і навичок** з:

- аналізу фізичних та механічних властивостей різних типів біокерамічних матеріалів;
- порівняльного аналізу переваг і недоліків керамічних матеріалів у біомедицині;
- розробки і презентації проекту;

- вміння працювати з навчальною і науковою літературою, використовуючи можливості комп'ютерних мереж;
- вміння орієнтуватися в потоці наукової і технічної інформації.

2 Зміст курсу за темами та методичні вказівки до самостійного вивчення лекційного матеріалу курсу

Вступ (2 годин)

Мета та завдання предмету «Біокераміка». Історична ретроспектива та сучасний стан використання керамічних матеріалів в медицині.

Опрацюйте матеріал вступу з використанням конспекту лекцій та інтернет-ресурсів.

1. Кераміка як матеріал для біозастосування. (35 годин)

Області імплантів - стоматологічні, ортопедичні, хірургічні. Класифікація матеріалів для імплантів (біополімери, біметали), керамічні імплантати (пориста кераміка, поверхнево-активна кераміка, кераміка, що розсмоктується). Біологічні показники матеріалів, реакція організму на матеріали для імплантів - корозія, біодеградація та біосумісність, зношування у суглобах. Методи тестування «in vitro» та «in vivo» керамічних матеріалів для імплантів.

При опрацюванні теми особливу увагу зверніть на різні вимоги, що висуваються до матеріалів імплантів, та на відмінності між поняттями біосумісності, біоінертності і біоактивності матеріалів. Необхідно розібратися с особливостями застосування конкретних біоматеріалів в різних сферах медицини. Ознайомтеся із різними методами оцінки фізико-хімічних властивостей біоматеріалів, звертаючи увагу на відмінності між підходами «in vitro» і «in vivo».

Література: [1] стр. 6-23, [2], [3], [4].

Питання для самоконтролю: 1. Що таке кераміка? 2. Наведіть типи кераміки. 3. Які функції виконує кераміка? 4. Переваги кераміки перед іншими матеріалами. 5. Де використовують карбідну кераміку? 6. Недоліки кераміки. 7. Сфера використання п'єзокераміки. 8. Наведіть хімічні формули основних типів кераміки. 8. Які вимоги висувають до

матеріалу імпланту? 2. Дайте визначення біостійкості. 9. Дайте визначення біоактивності. 10. Мета отримання порожнистої кераміки. 11. В чому відмінність остеокондуктивності від остеоіндуктивності? 12. Методи отримання пористої біокераміки. 13. Як впливає розмір пор на біологічну активність кераміки? 14. Особливості досліджень «in vitro» та «in vivo».

2. Біомінерали та мінералізовані тканини. (25 годин)

Біологічна кераміка. Будова та властивості мінералізованих тканин. Кістка, дентин та зубна емаль, їх хімічний склад та структура. Механізм зв'язування кісток: механізм скріплення живої тканини - міжфазний зв'язок. Механізми деградації мінералізованих тканин, міри запобігання деградації.

Необхідно розібратися с будовою кісток і кісткової тканини, її хімічним складом і фізико-механічними властивостями, з яких хімічних елементів і хімічних з'єднання складається кістка людини. Теж саме необхідно зробити по відношенню до зубів, які теж є мінералізованою біотканиною. Особливу увагу приділить механізмам регенерації и деградації кісток і зубів, вияснить, які клітини та які хімічні елементи, відповідальні за ці процеси. Опрацюйте основні підходи та рекомендації по запобіганню захворювань кісткового апарату людини.

Література: [1] стр.24-35, [2], [3], [4].

Питання для самоконтролю: 1. З яких речовин складається кістка людини? 2. Опишіть будову зуба людини. 3. З яких речовин складається дентин? 4. Назвіть механізм регенерації кісток. 5. Що таке остеокласт, його функція? 6. Механізми деградації мінералізованих тканин, міри запобігання деградації. 7. Напрями запобігання остеопору. 8. Яка тканина організму людини має максимальну твердість?

3. Біостабільна кераміка. (18 годин)

Різні види сучасної кераміки: функціонально класифікована, «розумна», біоміметична, нанокераміка. Оксиди, що входять до складу кераміки: глинозем і оксид 5цирконію. Атомно-кристалічна

структура, фізико-хімічні властивості, напрямки використання в біомедичній галузі.

Вивчить кристалічну будову, хімічний склад, фізико-хімічні та біологічні властивості біоінертної кераміки. Особливу увагу приділить типу міжатомного зв'язку в оксидах алюмінію та цирконію, який надає цим з'єднанням вискової міцності та твердості. Опрацюйте способи одержання біоінертної кераміки, її типи (пориста, безпориста). Приділить увагу розгляду сфер використання оксиду алюмінію та оксиду цирконію в біоінженерній сфері.

Література: [1] с.36-44, [2], [3], [4].

Питання для самоконтролю: 1. Яка біокераміка називається біоінертною? 2. Фізико-механічні властивості корунду. 3. Фізико-механічні властивості оксиду цирконію. 4. Методи отримання виробів із оксиду алюмінію. 5. Методи отримання виробів із оксиду цирконію. 6. Завдяки чому кераміка на основі оксиду цирконію має більш високу в'язкість руйнування? 7. Сфера застосування оксиду алюмінію. 8. Сфера застосування оксиду цирконію.

4. Біоактивна кераміка. (20 годин)

Кераміка на основі фосфату кальцію. Біоактивні стекла та склокераміка. Біоактивна склокераміка: обробка, структура, механічні та біологічні властивості. Поверхнево-активні стекла: механізм утворення поверхневого апатиту, залежність властивостей від хімічного складу.

Опрацьовуючи цей розділ, приділить основну увагу аналізу хімічного складу, будови та властивостей основи біоактивної кераміки у вигляді з'єднань кальцію і фосфору. Максимальна увага має бути приділена вивченню матеріалу, пов'язаному із гідроксипатату – основного типу біоактивної кераміки. Необхідно чітко розібратися з механізмом роботи біоактивної кераміки, а саме трансформацією кераміки на основі фосфату кальцію у кісткову тканину. Вивчить основні різновиди біоактивної кераміки. Теж саме зробить по відношенню до біоактивного скла – вивчить його хімічний склад та механізм дії в якості імпланту.

Література: [1] с.45-58, [2], [3], [4].

Питання для самоконтролю: 1. Перерахуйте типи біоактивної кераміки. 2. Дайте характеристику гідроксиапатиту. 3. Які речовини відносяться до біоактивних з'єднань «кальцій-фосфат»? 4. Що називають біосклом? 5. Яка сполука є основою класичного біоскла? 6. Механізм впливу біоскла на відновлення кісної ткани. 7. Назвіть способи отримання біоскла. 8. Основні напрямки в розробці нових типів біоскла.

5. Керамічні композити та біоактивні покриття, методи нанесення (50 годин)

Керамічні матричні композити: різні типи, їх приготування та властивості. Різні види керамічних волокон, композитів, їх властивості та застосування. Гідроксиапатитові композити з цирконієм, глиноземом та титаном - препарати та властивості. Гідроксиапатит, зміцнений волокнами SiC, кераміка на основі біологічно активної скляної кислоти, кераміка із загартованого цирконію та біоактивна скляна кераміка, композити з біоскло-гідроксиапатиту, вуглецеві композити. Технологічні особливості отримання біокерамічних композитів.

Важливість біоактивних покриттів. Металеві імпланти з гідроксиапатитовим покриттям: способи покриття, характеристика та властивості. Гідроксиапатитові композити з цирконієм, глиноземом та титаном - структура та властивості. Способи обробки біоактивних покриттів для підвищення функціональних властивостей.

При вивченні цього розділу головним є розгляд різних способів і методів нанесення захисних біокерамічних композиційних покриттів. Розгляньте переваги і недоліки цих методів, опрацюйте фізичні принципи, які лежать в основі цих методів.

Література: [1] с.59-74, [2], [3], [4].

Питання для самоконтролю: 1. Мета нанесення біоактивних покриттів. 2. Які покриття наносять на імпланти? 3. Перерахуйте методи нанесення покриттів. 4. Перерахуйте методи нанесення покриттів із використанням вивоконцентрованих джерел енергії. 5. Особливості плазмового напилення. 6. В чому полягає принцип біоміметики? 7. Які методи нанесення забезпечують високу міцність зчеплення з основою? 8. Як формується покриття при EDM методі?

3 Перелік тем для самостійного вивчення

Самостійна робота виконується з метою поглиблення знань, що надаються при викладанні лекційного матеріалу.

Рекомендуються наступні теми для самостійної роботи:

1. Біокерамічні наноматеріали
2. Біокерамічні матеріали в стоматології.
3. Будова зубів. Структура і властивості зубної емалі
4. Керамічна основа кісток. Механізми деградації кісток та способи її запобігання.
5. Структура і властивості оксидів алюмінію і цирконію.
6. Біокерамічні матеріали в імплантології опорно-рухливого апарату.
7. Методи нанесення біокераміки на поверхні тертя в суглобних імплантатах.

Після опрацювання матеріалу студент оформлює його (за загальними вимогами) в вигляді реферату обсягом 10-15 стор. та захищає його на одному з практичних занять.

4. Екзаменаційні питання

1. Класифікація матеріалів для ортопедичних імплантатів.
2. Класифікація матеріалів для стоматологічних імплантатів.
3. Керамічні імплантати (пориста кераміка, поверхнево-активна кераміка, кераміка, що розсмоктується).
4. Біологічні показники біоматеріалів для імплантів.
5. Реакція організму на матеріали для імплантатів.
6. Методи тестування керамічних матеріалів для імплантатів.
7. Механізм скріплення живої тканини в опорно-рухливому апараті.
8. Біологічна кераміка. Будова та властивості мінералізованих тканин.
9. Структура та хімічний склад кісток, дентина та зубної емалі.
10. Механізми деградації мінералізованих тканин, міри запобігання деградації.
11. Оксиди кераміки, атомно-кристалічна структура і фізико-хімічні властивості.

12. Класифікація сучасної кераміки: функціонально класифікована, «розумна», біоміметична, нанокераміка.
13. Кераміка на основі фосфату кальцію, структура та властивості.
14. Біоактивна склокераміка: обробка, структура, механічні та біологічні властивості.
15. Поверхнево-активні стекла: механізм утворення поверхневого апатиту, залежність властивостей від хімічного складу.
16. Гідроксиapatит. Структура, хімічний склад, властивості. Застосування в медицині.
17. Види керамічних волокон, композитів, їх властивості та застосування.
18. Різновиди біокерамічних композитів.
19. Технологічні особливості отримання біокерамічних композитів.
20. Керамічні матричні композити: різні типи, їх приготування та властивості.
21. Гідроксиapatитові композити з цирконієм, глиноземом та титаном - структура та властивості.
22. Металеві імпланти з гідроксиapatитовим покриттям: способи нанесення покриття, характеристика та властивості.
23. Покриття з біоскла та біоактивної склокераміки.
24. Способи обробки біоактивних покриттів для підвищення функціональних властивостей.
25. Методи нанесення біокерамічних покриттів на трибо-сполучення суглобних імплантів.

5 Рекомендовані інформаційні джерела

Базові

1. Єфременко В.Г. Біокераміка. Конспект лекцій / В.Г. Єфременко. - Маріуполь: ПДТУ, 2020. – 75 с.
1. Sabu Thomas, Preetha Balakrishnan, Sreekala M.S. Fundamental Biomaterials: Ceramics. Woodhead Publishing, 2018. – 498 p.
2. Thian Eng San, Huang Jie, Aizawa Mamoru. Nanobioceramics For Healthcare Applications. World Scientific, 2016. – 316 p.
3. Jukka Pekka Matinlinna. Handbook of Oral Biomaterials. CRC Press, 2014. – 674 p.

Secondary

4. Giovanni Straffelini. Friction and Wear. Methodologies for Design and Control. Springer, Cham, 2015. - 283 p.
5. Sergey V. Dorozhkin. Calcium Orthophosphate-Based Bioceramics and Biocomposites. John Wiley & Sons, 2016. – 416 p.
6. Besim Ben-Nissan. Advances in Calcium Phosphate Biomaterials. Springer Science & Business. 2014. – 547 p.
7. Gurbinder Kaur. Bioactive Glasses: Potential Biomaterials for Future Therapy. Springer, 2017. – 332 p.
8. Фадеева И.В. Медицинская керамика из замещенных фосфатов кальция. Москва: МГУ, 2016. – 167 с.
6. Каливраджиян Э.С. Стоматологическое материаловедение: Учебник. Издательство: Медицинское информационное агентство, 2014. – 320 p.

Інформаційні ресурси

8. Довідкові матеріали на сайті: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/bioceramic>
9. Довідкові матеріали на сайті: <https://www.britannica.com/technology/bioceramics>
10. Довідкові матеріали на сайті: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1776-bioceramics>