



UNIVERSITÀ DI PISA

BIOMATERIALS

SERENA DANTI

Anno accademico

2023/24

CdS

MATERIALS AND
NANOTECHNOLOGY

Codice

1002I

CFU

9

Moduli
BIOMATERIALS

Settore/i
ING-IND/22

Tipo
LEZIONI

Ore
72

Docente/i
SERENA DANTI
CLAUDIO RICCI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Dopo il completamento del corso, gli studenti:

- Conoscere le tecniche avanzate di biofabbricazione (dalla macro alla nanoscala)
- Conoscere le moderne tecniche analitiche e di imaging per la caratterizzazione dei biomateriali
- Conoscere gli aspetti normativi più importanti per la traduzione clinica.

Modalità di verifica delle conoscenze

La conoscenza verrà valutata tramite:

- 5 compiti durante corso (per esame da 9 CFU) oppure 4 compiti in corso (per esame da 6 CFU)
- esame finale.

Capacità

Dopo il completamento del corso, gli studenti saranno in grado di:

- Dimostrare capacità di comunicazione e lavoro di squadra efficaci attraverso presentazioni e rapporti tecnici
- Dimostrare capacità di comprendere la letteratura scientifica.

Modalità di verifica delle capacità

Le competenze verranno valutate tramite:

- lavori di gruppo durante il corso
- esame finale.

Comportamenti

Dopo il completamento del corso, gli studenti saranno in grado di:

- Comprendere l'interazione tra biomateriali e sistemi biologici,
- Comprendere i principi fondamentali dei biomateriali e le loro proprietà,
- Comprendere i requisiti e le scelte nella progettazione dei biomateriali.

Modalità di verifica dei comportamenti

I comportamenti verranno valutati tramite:

- discussione e domande in classe
- lavori di gruppo in corso
- esame finale.



UNIVERSITÀ DI PISA

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Aver frequentato un corso base sui polimeri (consigliato).
- Questo corso fornisce le basi della biologia necessarie per comprendere i concetti dei biomateriali; può essere seguito da studenti con background non biologico.

Corequisiti

- Se non fatto prima, frequentare un corso base sui polimeri nello stesso semestre di Biomateriali (consigliato).
- Questo corso fornisce le basi della biologia necessarie per comprendere i concetti dei biomateriali; può essere seguito da studenti con background non biologico.

Prerequisiti per studi successivi

Questo corso abilita ai corsi di:

- Materiali per applicazioni speciali (2° anno), (consigliato)
- Produzione di nanocompositi per applicazioni biomediche (2° anno), (suggerito)
- Interazioni tra biofluidi e materiali (2° anno), (suggerito).

Indicazioni metodologiche

Le diapositive vengono fornite in anticipo ad ogni lezione.
Insegnamento interattivo, comprese discussioni in classe.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

1. **Introduzione al Corso:** Definizioni di biomateriali e Biocompatibilità; Prospettiva storica dei biomateriali (generazioni di biomateriali); Multidisciplinarietà.
2. **Biocompatibilità:** Fattori che influenzano la biocompatibilità (tossicità, agenti patogeni, meccanica; interazione cellula-biomateriale); cellule; Cellule del sangue; Infiammazione (acuta e cronica); Reazione da corpo estraneo; Incapsulamento fibrotico. Il sistema immunitario; Immunità innata e immunità adattativa; Immunità cellulo-mediata e immunità umorale; Anticorpi (immunoglobuline); linfociti T e B; Insufficienza del sistema immunitario (ipersensibilità, allergia, autoimmunità e immunodeficienza); Tossicità sistemica e ipersensibilità ai biomateriali impiantati (dose, tempo di esposizione, effetti sinergici, ioni metallici e apteni); Compatibilità del sangue (formazione e riassorbimento di coaguli di fibrina); Cancerogenesi associata a biomateriali impiantati.
3. **Polimeri biodegradabili.** Concetti generali di: biodegradazione, biorisorbimento e bioassorbimento; Classi di polimeri biodegradabili; Biotecnologie (tecnologia del DNA ricombinante e ingegneria genetica, PHA). Biopolimeri naturali: polisaccaridi (destrano, chitosano, ialuronato, alginato); Proteine (collagene, gelatina, elastina). Polimeri sintetici: Poliesteri alifatici (PLA, PGA, PLGA, PCL, PHAs, PHBs); Polianidridi; Poliortoesteri, Poliammidi, Poliamminoacidi; Polifosfazeni. Meccanismi di degrado: Degrado ed erosione; Sfusa e di superficie; Fattori che influenzano il degrado; Degradazione idrolitica e fenomeni autocatalitici; Casi studio. Modellistica del degrado (fondamenti): Empirica, semiempirica, meccanicistica (deterministica e stocastica).
4. **Ingegneria dei tessuti:** storia; Fatti e cifre; Paradigma dell'ingegneria tissutale e biomateriali di terza generazione. Classificazioni: Ingegneria dei Tessuti in vitro e in vivo; Medicina rigenerativa; Terapia cellulare; Triade dell'ingegneria tissutale (cellule, impalcatura, segnali). La cellula: origine della cellula e tipo di cellula; Cellule staminali: definizioni (staminalità, potenza e differenziamento); Tipi (embrionale, adulto e pluripotente indotto); Cellule staminali mesenchimali. Lo scaffold: selezione dei biomateriali e fattori di dimensionalità; Requisiti dell'impalcatura; Fattori di impalcatura che influenzano la crescita e la differenziazione cellulare (rigidità, architettura, porosità, dimensione dei pori, interconnettività dei pori, geometria dei pori, stabilità meccanica); Tecnologie di fabbricazione di impalcature (fibre bonding, fabbricazione di forme libere solide, stereolitografia, elettrofilatura e metodi di impalcature non fibrose). Segnali: Biochimici (solubili e fattori di superficie); Fisico-chimico (chimica delle superfici, elasticità dei biomateriali, bioattori); Topografico.
5. **Sistemi di micro e nanoparticelle.** Introduzione: dimensione e forma; Microparticelle: Polimeri naturali (chitosano, alginato, gelatina) e polimeri sintetici biorisorbibili (PDLA, PLGA, PGL, POE); Biodegradazione e usi; Preparazione di microparticelle (evaporazione del solvente a emulsione singola e doppia, precipitazione e coacervazione, essiccazione a spruzzo, gelificazione ionica); Produzione industriale (esempio). Particelle submicrometriche: liposomi e micelle. Nanoparticelle: proprietà dipendenti dalla dimensione (metalli nobili, materiali magnetici, punti quantici, polimeri e lipidi, silice, carbonio, materiali piezoelettrici); Funzionalizzazione superficiale (assorbimento passivo e bioconiugazione); Nanotossicità.
6. **Idrogel:** introduzione e classificazioni; reticolazione e punti di legame; Sintesi (Formazione di radicali liberi, chimica, enzimatica, stereocomplessi); Rigonfiamento (Equilibrio e teoria di Flory-Huggins, gradi di rigonfiamento volume e peso); Caratterizzazione dell'idrogel (frazione volumetrica del polimero allo stato rigonfio, peso molecolare medio tra i legami crociati, dimensione delle maglie); Viscoelasticità; Trasporto dei soluti (legge di Fick). Idrogel biomedici: Acrilici (PHEMA, poli(acrilammidi) e copolimeri, reti compenetranti); PVA; PEG e PEO; Degradabile (idroliticamente ed enzimaticamente); Idrogel di polimeri stellari e dendrimerici. Idrogel sensibili agli stimoli: pH- (punto isoelettrico anionico e cationico, sintetico e naturale); termo- (temperature critiche superiore e inferiore della soluzione, PNIPAAm, effetto cerniera); chimicamente (es. glucosio); foto-; elettricamente-; idrogel meccanicamente reattivi (addensanti al taglio).
7. **Metalli e corrosione:** biometalli; Biofluidi; pH nei diversi fluidi e condizioni fisiopatologiche; Panoramica storica dei metalli negli

UNIVERSITÀ DI PISA

impianti ortopedici (acciai inossidabili, leghe di cobalto e leghe di titanio); Requisiti generali dei biomateriali metallici (corrosione, usura e fatica); Concetti generali di corrosione e perdita di massa (legge di Faraday, curve anodiche e catodiche, comportamento attivo-passivo, corrente e potenziale di corrosione/passivazione); Tossicità e allergia ai metalli; Supporti metallo-plastici e UHMWPE; Anatomia dell'anca; Protesi dell'anca (cementata e non cementata); protezione dalle sollecitazioni e finitura superficiale; Cemento PMMA e inconvenienti; mobilizzazione (settica e asettica) e protesi provvisorie dell'anca; Acciai inossidabili (sensibilizzazione e AISI 316L); Leghe di cobalto (F75, F90, F562, F563); Titanio e leghe di Ti (Ti6Al4V). Corrosione negli impianti ortopedici: corrosione da attacco generale (tasso di accumulo nel corpo umano); Corrosione galvanica; vaiolatura; Corrosione interstiziale; Fatica da corrosione. Ambiente orale (composizione chimica, potenziale REDOX, pH, variazioni di temperatura e sistema tampone nella saliva); Fluidi orali e interstiziali; Soluzioni artificiali (saliva artificiale, soluzione Ringer); Odontoiatria; Danni ai denti (carie dentale, carie dei denti anteriori e posteriori, denti mancanti/persi); Restauri dentali (amalgame, protesi parziali fisse, protesi parziali rimovibili, impianti pergingivali). Materiali in Odontoiatria: Amalgami (effetti di Cu, Sn e Hg); Leghe di metalli nobili (per corone, ponti e protesi); Leghe di metalli comuni (Co-Cr e Ni); Titanio e leghe di titanio (implantologia orale, fili, modellabilità, Nitinol, memoria di forma e superelasticità); Corrosione e opacizzazione (dolore galvanico, cariogenesi e allergia, microrganismi orali acido-produttori e solfato-riduttori). Percorsi attuali nei restauri metallici dei denti (singolo senza contatto, due senza contatto, due opposti con contatto intermittente, adiacenti in contatto continuo).

8. **Produzione additiva per applicazioni di ingegneria tissutale.** Reverse engineering e progettazione assistita da computer (CAD). Tecnologie di microfabbricazione: Sinterizzazione laser selettiva (SLS); Stereolitografia, polimerizzazione a 2 fotoni (2PP); Tracciatura 3D; Stampa 3D; Modellazione a deposizione fusa (FDM); soluzione o elettrofilatura a fusione. Esempi di applicazioni nell'incapsulamento di ossa, cartilagine, timpano e isole beta pancreatiche. Esempi di rigenerazione di tessuti complessi e Bioprinting.
9. **Elettrofilatura ed elettrospray.** Caso pratico. Preparazione di soluzioni polimeriche. Principi dell'elettrofilatura e tipologie di collettori. Parametri di lavoro utilizzando l'elettrofilatura: solvente, ago, tensione, portata, distanza ago-collettore, velocità di rotazione del collettore. Problemi frequenti e soluzioni tecniche (ad esempio, formazione di perle nelle fibre; formazione di fibre nelle nanoparticelle).
10. **Bioceramiche:** Definizioni generali di Ceramica, Vetro e Vetro Ceramica; tipologie di Bioceramiche (Bioinerti, Bioattive, Biorassorbibili); Classificazioni delle bioceramiche in base all'adesione tissutale (densa quasi inerte, microporosa quasi inerte, reattiva in superficie, riassorbibile). Caratteristiche e lavorazione: diagramma di equilibrio termico per l'ossido che forma la rete (SiO₂) e l'ossido modificatore della rete arbitrario (MO); spruzzatura del plasma, sinterizzazione in fase liquida e allo stato solido; proprietà meccaniche. Bioceramica nei dispositivi medici: Ceramiche dense quasi inerti (allumina e zirconia in ortopedia e odontoiatria, proprietà tribologiche); Ceramiche porose (dimensione dei pori e interconnettività); Vetri bioattivi e vetroceramiche (strato carbonatico biologicamente attivo, confine di legame osseo bioattivo, stadi di reazione di bioattività); Ceramiche biorassorbibili al fosfato di calcio (matrice minerale ossea, idrossiapatite, fosfati tricalcici, degradazione e comportamenti meccanici).
11. **Biomateriali per la pelle.** Tessuto connettivo. Sostanza fondamentale: sostanza amorfa (glicosaminoglicani, glicoproteine, proteoglicani) e componente fibrillare (collagene, fibre elastiche e reticolari), cellule del tessuto connettivo (residenti e circolanti), tipologie di tessuti connettivi, colorazioni istochimiche di base. Epiteli: membrana basale, classificazione degli epiteli di rivestimento in base alla forma cellulare e al numero di strati, epidermide. Pelle: struttura dei tessuti, ferita e processo di guarigione delle ferite; Modelli di pelle in vitro (colture cellulari, equivalenti cutanei) e in vivo (topi immunodeficienti, topi diabetici, coniglio, maiale), vantaggi e limiti. Materiali bioattivi nella guarigione delle ferite cutanee e nella medicazione delle ferite (PLGA, copolimero PEG-DL-lattide, collagene, acido ialuronico, nanoparticelle lipidiche) per il rilascio di fattori di crescita (VEGF, PDGF, EGF, bFGF, IGF, TGF-?). Nuove tendenze che utilizzano biomateriali oceanici (collagene di salmone, alginati, chitina/chitosano, fucoidan, carragenina, ulvano), sostituti cellulari della pelle e cellule staminali.
12. **Biomateriali per la cartilagine.** Tipi di cartilagini: ialina, elastica e fibrosa. Composizione della cartilagine: connessione delle fibrille di collagene di tipo 2 con sostanza amorfa. Descrizione istologica delle cartilagini. Cellule della cartilagine. Pericondrio. Cartilagine articolare: Proprietà meccaniche, diversi strati, patologie (difetto focale, degenerazione), trattamenti (microfrattura, mosaicoplastica, protesi di ginocchio, trapianto autologo di condrociti, terapie con cellule staminali mesenchimali) e limiti. Scaffold 3D per cartilagine articolare (porosità - dimensione della maglia - rigidità dinamica), scaffold per difetti osteocondrali, interconnettività dei pori, effetto dell'architettura dello scaffold, chimica e fabbricazione. Fibrocartilagine: morfologia del disco intervertebrale e del menisco, patologia (degenerazione, ernia) e trattamenti. Cartilagine elastica: padiglione auricolare ed epiglottide, morfologia, patologie (anotia, microtia, malattie autoimmuni). Idrogel, polimeri biodegradabili e biostabili per cartilagine. Modelli 3D di condroscarcoma.
13. **Biomateriali per l'osso.** Tessuto osseo (compatto, spugnoso), tipi di osso (lungo, corto, piatto, dispari), composizione (matrice minerale e organica), struttura lamellare (osteon, canali di Harves e Volkmann, osteociti) e periostio, lineage osteogenico e turnover, meccanosensing, osteoclasti e rimodellamento osseo, omeostasi ossea e vitamina D. Proprietà viscoelastiche, proprietà meccaniche delle fibre di collagene, osso compatto e spugnoso (funzione della porosità), modulo di Young in diversi tipi di osso. Patologie e difetti ossei (resezione tumorale, ricostruzione mandibolare, difetti cranici, osteoporosi, pseudoartrosi). Biomateriali: innesto osseo, polimeri biorassorbibili (PLA, TCP, compositi, gel di fibrina, trimetilene carbonato e polidiossano) per dispositivi bulk (gabbie e viti) e ingegneria tissutale nei difetti ossei degli arti, della colonna vertebrale e craniofacciali. Problemi di vascolarizzazione.
14. **Biomateriali per tendini/legamenti (T/L).** Proprietà meccaniche (resilienza, modulo di Young) e struttura gerarchica dalla molecola di collagene a tripla elica ai tessuti, composizione T/L e cellule (tenociti, fibroblasti legamentosi). Legamenti: tipi e funzione: legamento crociato anteriore (LCA), legamento collaterale mediale (MCL). Infortuni e oneri T/L. Fluoropolimeri (parzialmente fluorurati e perfluorurati) e loro proprietà meccaniche: PVDF, piezoelettricità e fase beta; PTFE, ePTFE (Teflon) e Goretex, porosità. Fibre di carbonio. Biotessili (tessuti, maglieria, trecce e non tessuti). Biomateriali sintetici per la sostituzione del T/L (Gore-Tex, PEEK e fibre di carbonio, Dacron). Biomateriali per l'ingegneria tissutale T/L: requisiti e tipologie: innesti, biologici (fibroina della seta), sintetici (poliidrossiesteri, PHBHHx, compositi). Biomateriali per regioni di transizione T/L (giunzioni muscolo-tendine e legamento-osso).
15. **Biomateriali per l'orecchio (caso studio sugli organi di senso).** Anatomia dell'orecchio: compartimento esterno (padiglione auricolare, canale uditivo), medio (timpano, ossicini) e interno (apparato vestibolare e coclea). Fisiologia dell'orecchio: trasmissione

UNIVERSITÀ DI PISA

del suono conduttiva e neurosensoriale. Cenni sull'organo vestibolare e sull'equilibrio. Organo cocleare: doti, fluidi (perilinfia, endolinfia), organo del Corti, cellule ciliate (interne, esterne), sinapsi dei neuroni sensoriali, trasduzione mecano-elettrica. Patologie dell'orecchio. Biomateriali per il canale uditivo e il padiglione auricolare. Biocompatibilità e biomateriali dell'orecchio medio: sostituzioni della membrana timpanica (innesti, materiali biologici/fattori di crescita) e nuovi approcci tramite produzione additiva/elettrofilatura (PEOT/PBT) per indurre l'allineamento delle cellule staminali; Protesi per ossiculoplastica (cartilagine, plastiche porose, ceramiche bioattive, titanio, idrossiapatite) e nuovi approcci tramite tecniche di ingegneria tissutale e CAD-CAM. Impianto cocleare e nuovo approccio tramite biomateriali piezoelettrici (ceramica/PVDF).

16. **Biomateriali per i muscoli:** scheletrico, liscio, cardiaco. Proprietà biomeccaniche (rigidità) dei muscoli. Muscolo scheletrico: collagene ECM (fascia, epimisio, perimisio, endomisio), organizzazione gerarchica dei tessuti (miofibrille fino alla fibra muscolare, mioblasti), unità funzionale (sarcomero), proteine contrattili (actina e miosina, filamenti sottili e spessi), proteine regolatrici, distrofina, reticolo sarcoplasmatico, meccanismi di contrazione (bande dei sarcomeri, ciclo ATP-ADP e Ca⁺⁺); rigenerazione e riparazione del muscolo scheletrico; patologia: malattie ereditarie (distrofie muscolari) e acquisite (traumi, resezione tumorale); strategie di medicina rigenerativa in vitro e vivo; biomateriali sintetici, naturali, ibridi e idrogel, spunti topografici ed elettromeccanici. Muscoli lisci: localizzazioni, fibrocellule e proteine di contrazione; biomateriali per innesti vascolari (Dacron) e porosità.
17. **Drug Delivery Systems (DDS):** Introduzione (definizione di DD, DDS tradizionale). Principi, origini, evoluzione e vantaggi dei Sistemi di Somministrazione Controllata dei Farmaci (CDDS): Storia del CDDS, categorizzazione dei DDS in base alla dimensione: DDS su macroscale (DDS a tasso di somministrazione costante di "ordine zero"); DDS su macroscale e microscale (DDS con tasso di consegna sostenuto, sito specifico); DDS su nanoscale (DDS mirato). DDS su nanoscale (DDS mirato): targeting passivo e attivo. Deposito iniettato DDS: depositi di microparticelle (microsfere), sistemi di deposito a separazione di fase. Impianti e inserti: sistemi non degradabili e biodegradabili. Caso di studio: fibre PCL contenenti nanoparticelle di gelatina caricate con farmaci.
18. **Biomateriali per il cancro:** definizione, origine ed evoluzione del cancro; Tumori primari e secondari; Carcinomi, Sarcomi, Microambiente tumorale (TME), ingegneria dei tessuti tumorali e applicazioni per lo studio della migrazione delle cellule tumorali, invasività, transizione epiteliale-mesenchimale (EMT), esempi di modelli 3D per lo studio dell'adenocarcinoma duttale pancreatico, carcinoma a cellule squamose della testa e del collo, carcinoma epatocellulare, osteosarcoma, tumori sinonasali. Dispositivi impiantabili basati su biomateriali per combattere il cancro: wafer per chemioterapia (copolimero di etilene vinil acetato, copolimero di acido sebaco polianidride), per terapia genica (erogazione di sequenze di anticorpi monoclonali) e per immunoterapia (immunotolleranza, somministrazione di anticorpi monoclonali, inibitori del checkpoint immunitario, vaccini contro il cancro, scaffold impiantabili come vaccini contro il cancro). Micro/nanorobot. Biomateriali antimicrobici: infezioni associate ai biomateriali, polimeri antimicrobici, polimeri intrinsecamente biocidi, composti ceramici/polimerici antimicrobici, superidrofobicità, strutture superficiali antimicrobiche. Biomateriali immunomodulatori: trappole di citochine, nanofibrille di chitina, nanoparticelle bioattive.
19. Biomateriali antimicrobici: infezioni associate ai biomateriali, polimeri antimicrobici, polimeri intrinsecamente biocidi, composti ceramici/polimerici antimicrobici, superidrofobicità, strutture superficiali antimicrobiche. Biomateriali immunomodulatori: trappole di citochine, nanofibrille di chitina, nanoparticelle bioattive. Biomateriali per batterioterapia.
20. **Sterilizzazione di biomateriali e dispositivi:** mediante radiazioni (gamma, beta, fascio di elettroni e raggi X) vapore chimico (ossido di etilene), calore umido, liquido chimico, plasma, CO₂ supercritica; Meccanismi di uccisione microbica; Compatibilità dei materiali (effetti sulla chimica dei polimeri, degradazione e proprietà meccaniche). Commercializzazione dei biomateriali: considerazioni di mercato sull'industria biomedica; Dall'idea al mercato; Proprietà intellettuale; Problemi di costi. Aspetti normativi: validazione del prodotto da parte degli Istituti Regolatori Nazionali; Convalida della biocompatibilità (test di citotossicità ISO 10993; ISO 10993-5); marchio CE; Studi clinici (randomizzati versus osservazionali prospettici); Aspetti etici (Dichiarazione di Helsinki, GLP, GMP, GCP); Dispositivo medico e medicinale per terapia avanzata. Fallimento dell'impianto e valutazione del rischio.
21. **Principi 3R per la sperimentazione alternativa dei biomateriali:** sostituzione, riduzione e perfezionamento.

Bibliografia e materiale didattico

- Libro di testo (suggerito):

TITOLO: Scienza dei biomateriali: un'introduzione ai materiali in medicina (terza edizione)

EDITORE: Buddy D. Ratner, Allan S. Hoffman, Frederick J. Schoen e Jack E. Lemons

ISBN: 978-0-12-374626-9

- Appunti presi a lezione
- Diapositive fornite dall'insegnante ad ogni lezione.

Indicazioni per non frequentanti

Contattare il docente per il materiale didattico e informazioni sul corso.

Modalità d'esame

- L'esame consiste in compiti scritti in itinere e in una prova orale finale su un argomento prescelto tra le domande d'organo. Se uno studente non fornisce compiti durante il corso, la prova orale coprirà tutto il programma.
- I compiti scritti (50% del voto finale) consistono in: compiti individuali e di gruppo su casi di studio specifici con relazione scritta o presentazione di diapositive.
- La prova scritta sarà superata se lo studente dimostrerà una conoscenza approfondita, capacità di sintesi, rappresentazione e discussione dei risultati ottenuti.
- La prova orale (50% del voto finale) consiste in un colloquio tra il candidato e il docente su un argomento scelto dallo studente al



UNIVERSITÀ DI PISA

termine del corso e comunicato all'insegnante con 2 settimane di anticipo rispetto all'appello di esame. Potrebbe essere richiesto di risolvere anche problemi/esercizi scritti davanti al docente.

- La prova orale sarà superata se lo studente avrà dimostrato sufficienti conoscenze approfondite, avrà raggiunto sufficienti competenze e comportamenti sull'argomento prescelto.

Stage e tirocini

Otolab, via Paradisa 2, Cisanello hospital, building 99, entrance D, Pisa

Linari Engineering s.r.l., via Malasoma 26, Pisa

Altri riferimenti web

<http://matnano.ing.unipi.it/en/>

Note

Questo corso di Biomateriali è progettato per fornire una comprensione generale del campo multidisciplinare dei biomateriali e per concentrarsi principalmente sui nuovi prodotti derivanti dalle nanotecnologie. Nello specifico, si propone di sviluppare nei frequentanti tutte le abilità necessarie nonché le competenze teoriche e tecniche fondamentali con l'obiettivo finale di avere studenti laureati in grado di interfacciarsi con successo con lo scenario multidisciplinare dei prodotti e delle tecnologie legate ai biomateriali, sia in ambito industriale che industriale. ambienti di ricerca. Verranno valutate le applicazioni attuali e innovative dei biomateriali per evidenziare le connessioni esistenti tra proprietà dei materiali, funzione, risposte biologiche e applicazioni cliniche. Data la natura multidisciplinare di questo argomento, saranno stimolati sia il lavoro di squadra che l'autoapprendimento.

Ultimo aggiornamento 27/12/2023 18:06