



UNIVERSITÀ degli STUDI MAGNA GRÆCIA di Catanzaro

SCUOLA MEDICINA E CHIRURGIA

CORSO DI STUDIO: *CdLM in Ingegneria Biomedica*

ANNO ACCADEMICO: 2026-2027

DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO: *C.I. Sensori e Nanotecnologie per la Biomedicina*

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	I anno
Periodo di erogazione	II semestre
Crediti formativi universitari (CFU/ETCS):	12 CFU
SSD	PHYS-06/A; IINF-01/A
Lingua di erogazione	Italiano
Modalità di frequenza	In presenza

Docente	
Nome e cognome	Patrizio Candeloro; Gerardo Perozziello; Salvatore Pullano.
Indirizzo mail	patrizio.candeloro@unicz.it; gerardo.perozziello@unicz.it; pullano@unicz.it
Telefono	0961 369 4271 (Patrizio Candeloro)
Sede	IV livello Corpo F – Edificio delle Bioscienze – Campus Germaneto (Patrizio Candeloro)
Sede virtuale	
Ricevimento	da concordare via email

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
	96	Integrata durante la didattica frontale e l'analisi di case studies/lavori di gruppo	204
CFU/ECTS			
	12CFU/12ECTS	-	

Obiettivi formativi	Il Corso Integrato si propone di fornire agli studenti una solida preparazione teorico-pratica sui principi fisici, sulle metodologie di fabbricazione e sulle tecniche caratterizzative alla base dei sensori e delle nanotecnologie applicate alla biomedicina. L'insegnamento mira a far comprendere le peculiarità della materia su scala nanometrica e sub-micrometrica, il funzionamento dei dispositivi micro/nanofluidici, plasmonici e biosensoristici, e le relative modalità di funzionalizzazione e trattamento delle superfici per l'impiego in vitro e in vivo. Inoltre, il corso promuove il problem solving, il lavoro in team multidisciplinare e la capacità di analisi critica della letteratura scientifica.
Prerequisiti	Sono richieste le nozioni fondamentali di Fisica generale (elettromagnetismo, ottica, concetti base delle onde), di Biomateriali, di Elettronica ed Elettrotecnica impartiti nei corsi di laurea triennale in Ingegneria.

Metodi didattici	- Lezioni frontali interattive - Discussione guidata di case-study scientifici tratti dalla letteratura internazionale - Attività di approfondimento in piccoli gruppi volte allo sviluppo della capacità di problem solving e della comunicazione tecnica
-------------------------	--



Risultati di apprendimento previsti - Descrittore di Dublino (DD) DD1 Conoscenza e capacità di comprensione DD2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate DD3-5 Competenze trasversali	- Descrittore di Dublino 1: conoscenza e capacità di comprensione <i>Al termine del corso lo studente dimostrerà di comprendere i principi fondamentali della meccanica quantistica e della plasmonica applicata alla materia condensata e ai nanomateriali. Conoscerà in dettaglio i processi di nanofabbricazione (litografia, deposizione e etching), i principi fisici di funzionamento delle principali microscopie ad alta risoluzione (fluorescenza, SEM, AFM, STM), le equazioni regolatrici della microfluidica (Navier-Stokes) e le strategie di chimica e modifica superficiale (SAMs, plasmi, silanizzazione) per sensori e vettori nanostrutturati.</i> - Descrittore di Dublino 2: capacità di applicare conoscenza e comprensione <i>Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze acquisite per analizzare e valutare schemi progettuali di biosensori integrati, piattaforme Lab-on-a-Chip e nanostrutture multifunzionali per la diagnostica e la terapia. Saprà identificare la tecnica di microscopia, di fabbricazione o di funzionalizzazione superficiale più adatta in base allo specifico contesto biomedico analizzato.</i> - Descrittore di Dublino 3: capacità critiche e di giudizio <i>Lo studente acquisirà la capacità di valutare criticamente la letteratura scientifica di settore, identificando limiti, vantaggi tecnologici, fattibilità operativa e impatto clinico/traslazionale delle diverse nanotecnologie e sensori proposti nella ricerca d'avanguardia.</i> - Descrittore di Dublino 4: capacità di comunicare quanto si è appreso <i>Lo studente sarà in grado di esporre in modo chiaro, rigoroso e con linguaggio scientifico appropriato i concetti teorici e applicativi del corso. Attraverso la preparazione della relazione orale su articoli scientifici recenti, svilupperà la capacità di presentare sinteticamente ed efficacemente risultati complessi di ricerca in contesti multidisciplinari.</i> - Descrittore di Dublino 5: capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita <i>Lo studente svilupperà la capacità di attingere autonomamente a fonti bibliografiche ufficiali in lingua inglese (database e riviste internazionali indexate), rimanendo costantemente aggiornato sull'evoluzione scientifica e tecnologica dei sensori e delle nanotecnologie applicate all'ingegneria biomedica.</i>
Contenuti di insegnamento (Programma)	Programma di Sensori Elettronici <i>Concetti base dei sistemi di misura dei segnali biomedici e loro classificazione. Principi di trasduzione dei segnali- definizioni e classificazione. Caratterizzazione statica e dinamica di sensori. Calibrazione di un sensore, Metodo dei minimi quadrati. Valutazione della pressione arteriosa: metodi indiretti e metodi diretti. Sensori estensimetrici. Metodi di misura basati su Ponte di Wheatstone - Tecniche di linearizzazione. – Cateterismo. Misure statistiche e rappresentazione dei dati. Cenni di statistica descrittiva ed inferenziale. Rappresentazione tabellare e grafica di dati. Misure di tendenza centrale e variabilità di una distribuzione. Performance di un sistema diagnostico: Sensibilità e specificità. Sensori per la misura di flussi: Sensori piezoelettrici ed effetto Doppler – Sensori magnetici ed induzione – Pletismografia ad Impedenza e modello di Swanson – Fotopletismografia.</i>



	<i>Richiami su Potenziali cellulari. Interfaccia elettrodo pelle – tipologie di sensori per acquisizione di biopotenziali – Circuito elettrico equivalente. Interfacce elettronica di acquisizione: amplificatore Differenziale e per strumentazione – Calcolo CMRR – Circuito a gamba destra. Interferenze e circuiti per la loro riduzione.</i> <i>Il Rumore nei Circuiti di acquisizione dei Sensori</i> <i>Sensori di temperatura: Caratteristiche ed interfacce elettroniche di condizionamento. Rilevatori resistivi di temperatura, Termocoppie, Sensori di temperatura integrati e non a contatto.</i> <i>Sensori di radiazione luminosa: Fotomoltiplicatore a tubo ed Applicazioni. Spettroscopia.</i> <i>Sensori capacitivi: Caratteristiche e applicazioni.</i> <i>Sistemi di Misura di Potenziali Elettrici: L'oscilloscopio, caratteristiche di base e funzioni.</i> <u>Programma di Nanotecnologie</u> <u>Meccanica quantistica</u> <i>Corpo nero ed energia di corpo nero</i> <i>Formula di Rayleigh-Jeans: “catastrofe dell'ultravioletto”</i> <i>Ipotesi di Planck e quantizzazione dell'energia</i> <i>Energia di corpo nero con ipotesi di Planck</i> <i>Legge di Stefan-Boltzmann con ipotesi di Planck</i> <i>Effetto fotoelettrico</i> <i>Energia e quantità di moto dei fotoni</i> <i>Orbite atomiche classiche e modello atomico di Bohr</i> <i>Dualismo onda-corpuscolo; ipotesi di De Broglie; esperimento di Davisson e Germer</i> <i>Equazione di Schroedinger</i> <i>Principio di indeterminazione di Heisenberg</i> <i>Oscillatore armonico quantistico</i> <i>Effetto tunnel</i> <u>Nanoscienza e Nanotecnologia</u> <i>Approcci alla nanofabbricazione: top-down, bottom-up</i> <i>Tecniche litografiche</i> <i>Resist (contrasto e curva di risposta) e Spinning di Resist</i> <i>Esposizione con fascio elettronico (EBL) e effetto di prossimità</i> <i>Esposizione ottica (UV) e limite diffrattivo</i> <i>Deposizione di materiali</i> <i>Rimozione di materiali: “wet-etching” e “dry-etching”</i> <u>Plasmonica</u> <i>Gas di elettroni e oscillazioni di plasma: “plasmons”</i> <i>Funzione dielettrica del gas di elettroni</i> <i>Relazione di dispersione (ω, k) in un mezzo e relazione di dispersione per plasmoni di volume</i> <i>Plasmoni di superficie: “surface plasmon” (SP)</i> <i>Dalle equazioni di Maxwell alla relazione di dispersione per plasmoni di superficie (SP)</i> <i>Eccitazione di plasmoni di superficie (SP): Kretschmann, Otto e reticolo</i> <i>Surface Plasmon Resonance (SPR) e applicazioni biochimiche</i> <i>Plasmoni localizzati in nanostrutture: “localized surface plasmon resonance” (LSPR)</i> <i>Risonanza plasmonica in Nanoparticelle (NP) sferiche</i> <i>Dipendenza della “localized surface plasmon resonance” (LSPR) da parametri geometrici e materiali</i> <i>Biosensori basati su LSPR: “metal enhanced fluorescence” (MEF), LSPR e “dark field microscopy”, spettroscopia Raman e “surface enhanced Raman spectroscopy” (SERS)</i>
--	---



	<i>Fabbricazione e misure di nanostrutture SERS</i> <u>Nanoparticelle (NP)</u> Tipologie di nanoparticelle (NP) Sintesi di nanoparticelle (NP) Funzionalizzazione biologica di nanoparticelle (NP) Applicazioni biomediche di NP: labelling, diagnostica, terapia, “drug delivery”, teranostica Esempi di applicazioni delle NP: “silicon NP” e “mesoporous Silica NP” per drug delivery, nanoparticelle per “Gene-therapy”, NP magnetiche per “magnetic resonance imaging” (MRI) <u>Tecniche Microscopiche</u> Microscopia ottica: lenti sottili, diffrazione di Airy, risoluzione ottica Microscopia di fluorescenza: proprietà spettrali di fluorofori, filtri e specchi dicroici Microscopia elettronica: lunghezza d'onda di elettroni, lenti elettromagnetiche Microscopia elettronica di trasmissione (TEM): contrasto dell'immagine, applicazioni biologiche Microscopia elettronica di scansione (SEM): elettroni secondari e topografia Microscopia a forza atomica (AFM): modalità “contact”, “non-contact” e “tapping” Microscopia a effetto tunnel (STM): principio di funzionamento Relazione fra il vettore spostamento elettrico e la polarizzazione di un materiale dielettrico <u>Microfluidica</u> Cenni al formalismo di Navier-Stokes Principi teorici di microfluidica Componenti microfluidici Tecnologie di fabbricazione di sistemi microfluidici Applicazioni di microfluidica <u>Trattamenti di superfici</u> Cenni sull'atomo Legami chimici Metodi, accorgimenti di modificazione superficiale di materiali e applicazioni Modifica per reazione chimica Modifica per innesto con radiazione Modifica mediante processi impieganti il plasma Modifica per silanizzazione Modifica tramite metodo Langmuir-blodget Modifica tramite SAMs Additivi che modificano le superfici Tecniche di modifica tramite laser
Testi di riferimento	- Jacob Fraden, <i>Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications</i>. - S. Middelhook, S.A. Audet, <i>Silicon Sensors</i>. - Nanotechnology: Principles and Practices, Sulabha K. Kulkarni (Springer) - Microsystem Engineering of Lab-on-a-Chip Devices. Editors(s): Dr. Oliver Geschke, Henning Klank PhD, Prof. Pieter Telleman, Wiley-VCH
Note ai testi di riferimento	Altro materiale didattico (slide delle lezioni, articoli scientifici di approfondimento, dispense) e comunicazioni ufficiali relative al corso sono rese disponibili sulla piattaforma e-learning di Ateneo (https://elearning.unicz.it/).
Materiali didattici	Altro materiale didattico (slide delle lezioni, articoli scientifici di approfondimento, dispense) e comunicazioni ufficiali relative al corso sono rese disponibili sulla



	piattaforma e-learning di Ateneo (https://elearning.unicz.it/).
--	---

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	<i>L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.</i> <i>Prova scritta: volto a verificare le conoscenze teoriche di base e la comprensione dei principi fisici e metodologici. L'ammissione alla prova orale è vincolata al superamento della prova scritta.</i> <i>Prova orale: verte sui contenuti del programma e prevede la presentazione e discussione critica di una relazione scritta/esposizione incentrata su recenti articoli scientifici e risultati di ricerca nel campo dei sensori e delle nanotecnologie applicati alla biomedicina.</i>

Criteri di valutazione	<i>Conoscenza e comprensione: verifica della padronanza dei concetti teorici, dei principi di funzionamento dei sensori e delle proprietà dei materiali e dei fenomeni di trasporto alla scala micro- e nano-metrica.</i> <i>Capacità applicativa: abilità nel collegare le proprietà chimico-fisiche dei materiali nanostrutturati alle loro applicazioni ingegneristiche.</i> <i>Autonomia di giudizio: capacità di analizzare criticamente un problema di sintesi, caratterizzazione o progettazione di nanomateriali e dispositivi micro- e nano-strutturati.</i> <i>Chiarezza espositiva: proprietà di linguaggio, uso corretto della terminologia tecnica e rigore scientifico nell'esporre gli argomenti.</i>
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	<i>Voto finale espresso in trentesimi basato sull'integrazione dei punteggi dello scritto e dell'orale.</i> <i>Non-idoneo: Importanti carenze e significativa mancanza di accuratezza nella comprensione degli argomenti. Capacità di analisi e sintesi irrilevanti, con frequenti generalizzazioni. Utilizzo di referenze completamente inappropriate</i> <i>18-23: Conoscenza sufficiente dei concetti base; esposizione semplice ma corretta; limitata capacità analitica autonomamente applicata.</i> <i>24-27: Buona conoscenza dei contenuti teorici e metodologici; buona capacità espositiva e corretta interpretazione delle applicazioni biomediche dei sensori/nanostrutture.</i> <i>28-30 e Lode: Conoscenza approfondita, organica e puntuale dell'intero programma; spiccata capacità critica, padronanza del linguaggio tecnico-scientifico, eccellente analisi e rielaborazione dell'articolo scientifico oggetto dell'orale.</i>