

## Percorso Autonomo Autorizzato

<b>Titolo</b>	<b>Modelli Computazionali in Elettronica e Biomatematica</b>
<b>Referente responsabile</b>	(DMAT, PoliMi): prof. Riccardo Sacco
<b>Altri referenti</b>	(DMAT, PoliMi): prof. Maurizio Verri, ing. Matteo Porro
<b>Collaborazioni scientifiche nazionali ed internazionali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Dept. of Mathematical Sciences and School of Medicine, IUPUI, Indianapolis, IN, USA): prof. Giovanna Guidoboni, prof. Alon Harris, ing. Lucia Carichino, ing. Simone Cassani, ing. Daniele Prada</li> <li>• (Dept. of Mathematics and Advanced Mathematics Research Institute (IRMA), University of Strasbourg, France): prof. Christophe Proudhomme, dr. Marcela Szopos, prof. Giovanna Guidoboni</li> <li>• (Modeling and Simulations Group, Micron Technology, Agrate Brianza, Italy): dr. Aurelio Mauri, ing. Andrea Ghetti</li> <li>• (CNST: Centro per le Nanoscienze e la Tecnologia dell'IIT@PoliMi): prof. Guglielmo Lanzani, dr. Maria Rosa Antognazza</li> <li>• (IIT, NBT / Neuro Technology, Genova): dr. Thierry Nieux, dr. Francesco Difato</li> <li>• (DEIB, PoliMi): prof. Marco Sampietro, ing. Dario Natali</li> <li>• (CNR, Ist. di Neuroscienze. Divisione di Farmacologia Cellulare e Molecolare, Milano): dr. Bice Chini</li> <li>• (Dept. of Mathematics, Northwestern University, Evanston IL, USA): prof. Joseph W. Jerome (attualmente presso la George Washington University, Washington D.C.)</li> <li>• (School of Mathematics, University of Minneapolis, Minneapolis MN, USA): PhD. e M.D. Yoichiro Mori</li> <li>• (Dip. Matematica, UniMi): prof. Giovanni Naldi, ing. Paola Causin</li> </ul>
<b>Descrizione ed obiettivi</b>	<p>I sistemi elettronici e biologici sono caratterizzati da proprietà strutturali assai simili. Questa analogia li rende estremamente adatti ad essere descritti con una trattazione matematica e numerica di tipo unificato. A titolo di esempio, basti considerare come le correnti ioniche di transmembrana che regolano l'attività funzionale di un neurone o di una cellula cardiaca obbediscano alla medesima legge fenomenologica che governa il moto della carica elettrica che trasporta la corrente in un transistor. In Biologia tale legge prende il nome di modello di trasporto di Nernst-Planck, mentre in Elettronica è nota come modello di trasporto Drift-Diffusion. A partire da questa visione d'insieme unificata, il percorso di studi in Modelli Computazionali in Elettronica e Biomatematica si pone l'obiettivo di fornire allo studente della Laurea Magistrale in Ingegneria Matematica i fondamenti matematici e computazionali per una adeguata modellazione e simulazione di problemi specifici in biologia cellulare ed elettronica, con l'obiettivo finale di accoppiare le due classi di problemi considerate nello studio di dispositivi bio-ibridi all'interno dei quali entrambe le componenti (cellule e materiali a semiconduttore) coesistono in una modalità di interazione dinamicamente variabile in spazio e tempo. Questo approccio integrato risponde all'esigenza di esporre lo studente ai dettami della ricerca attuale nell'ambito delle Scienze della Vita, nella quale l'interdisciplinarietà delle competenze è il vero paradigma per un reale avanzamento della frontiera della conoscenza.</p>
<b>Piano di studi</b>	<p>Il Piano di Studi è costituito da quello del PSPA (Major) di “Scienze computazionali” con l’aggiunta di basi in teoria quantistica dei materiali solidi e in dispositivi elettronici con riferimento anche alle loro applicazioni in campo biologico.</p> <p>Di conseguenza il Piano proposto si realizza con la scelta dei seguenti corsi, oltre a quelli obbligatori nel Major di “Scienze computazionali”:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 085930 – <i>Elettronica</i> (10 CFU, obbligatorio): da acquisire nella LP di Ing. Matematica oppure da selezionare “in effettivo” dalla Tab. ING della LM;</li> <li>2) 085999 – <i>Elettronica dello stato solido</i> (10 CFU, obbligatorio): è un corso della LP di Ing. Elettronica, da selezionare “in piano autonomo” al posto di un insegnamento della Tab. ING;</li> <li>3) 095155 – <i>Electron devices</i> (10 CFU) (è un corso della LM di Ing. Elettronica)</li> </ol>

	<p>oppure 095162 – <i>MEMS and microsensors</i> (10 CFU) (è un corso offerto anche alle LM in Ing, Biomedica, Elettronica, Fisica e Nucleare): uno dei due corsi è da selezionare “in piano autonomo” al posto di un insegnamento della Tab. ING;</p> <p>4) 088931 – <i>Elettronica computazionale</i> (8 CFU, obbligatorio): da selezionare “in effettivo” nella Tab. SC.</p>
Le ultime tesi discusse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Colombo (Ing. Mtm.), <i>Un modello matematico per la simulazione della Crescita di biomassa in Ingegneria dei Tessuti</i>, 2010</li> <li>• M. M. Cogliati e M. Porro (Ing. Mtm.), <i>Third generation solar cells: modeling and simulation</i>, 2010</li> <li>• L. Carichino (Ing. Mtm.), <i>Computational models for power electronics cooling systems</i>, 2010</li> <li>• A. Sacconi (Ing. Mtm.), <i>Elementi Finiti Discontinuous Galerkin Ibridizzabili per problemi ellittici in 3D</i>, 2011</li> <li>• D. Prada (Ing. Mtm.), <i>Multiobjective optimization for parameter extraction of power electronic devices</i>, 2012</li> <li>• G. Novielli (Ing. Mtm.), <i>Numerical models for mass transport in phase change materials</i>, 2013</li> <li>• S. Sorbello (Ing. Mtm.), <i>Electro-thermal computational modeling for 3D heterogeneous memory devices</i>, 2013</li> <li>• F. Manganini (Ing. Mtm.), <i>Thermo-Electro-Chemical modeling and simulation of ion transport in nanochannels</i>, 2013</li> <li>• S. Terragni (Ing. Mtm.), <i>Poroelectric computational modeling of biological tissues: application to the mechanics of the eye</i>, 2013</li> <li>• E. Abbate (Ing. Mtm.), <i>Hierarchical multiscale modeling and simulation of bio-electronic interfaces</i>, 2014</li> <li>• A. Bortolossi (Ing. Mtm.), <i>3D Finite Element Drift-Diffusion simulation of semiconductor devices</i>, 2014</li> </ul>
Tesi in corso di svolgimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Guaraldi (Ing. Mtm.), <i>Modelli di elasticità lineare e non lineare per lo studio dello stress termo-meccanico in memorie a cambiamento di fase</i></li> <li>• P. Airoidi (Ing. Mtm.), <i>Modelli di trasporto termo-elettro-chimico in memorie a cambiamento di fase</i></li> <li>• S. Pellegrini (Ing. Mtm.), <i>Studio dell'autoregolazione basata su meccanismi di neuro-vascular coupling nella retina</i></li> <li>• E. Pirovano (Ing. Mtm.), <i>Modelli di meccano-trasduzione cellulare</i></li> </ul>
Tesi disponibili	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Modelli multi-fisica in 3D per la simulazione di celle di memoria con materiali ferroelettrici e a cambiamento di fase in Nanoelettronica</i></li> <li>• <i>Modelli multi-fisica di tipo 0D-1D-2D-3D per lo studio di: trasporto di massa, fluido-meccanica computazionale, meccanismi elettrochimici, accoppiamento neuro-vascolare nella simulazione della microcircolazione nella retina e del cervello</i></li> <li>• <i>Modelli di meccano-fisiologia cellulare per la simulazione della crescita di tessuto ingegnerizzato in Medicina Rigenerativa</i></li> </ul>
Tirocini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. Carichino (Ing. Mtm.): internship presso ABB Switzerland Corporate Research, CH-5405 Baden-Dattwil, Aargau Switzerland; marzo-agosto 2010; titolo del progetto: <i>Simulation development for thermal systems</i></li> <li>• D. Prada (Ing. Mtm.): internship presso ABB Switzerland Corporate Research, CH-5405 Baden-Dattwil, Aargau Switzerland; marzo-ottobre 2011; titolo del progetto: <i>Lumped models for high-voltage power devices</i></li> <li>• G. Novielli (Ing. Mtm.): tirocinio presso NUMONYX ITALY SRL, Agrate Brianza (MB); settembre 2012 – giugno 2013; titolo del progetto: <i>Physically-based model of chalcogenide alloy electromigration for phase change material engineering and optimization</i></li> <li>• S. Sorbello (Ing. Mtm.): tirocinio presso NUMONYX ITALY SRL, Agrate Brianza (MB); settembre 2012 – giugno 2013; titolo del progetto: <i>Thermal and electronic modeling for carrier and material transport using Mixed Element methodology</i></li> <li>• A. Bortolossi (Ing. Mtm.): tirocinio presso MICRON TECHNOLOGIES, Agrate Brianza (MB); gennaio-luglio 2014; titolo del progetto: <i>3D Finite Element Drift-Diffusion simulation of semiconductor devices</i></li> </ul>

Sbocchi lavorativi	Aziende e laboratori di ricerca nei settori dell'Elettronica (memorie a semiconduttore, circuiti integrati), delle Energie Rinnovabili (solare) e delle Biotecnologie (biosensori, protesi bio-compatibili, medicina rigenerativa, bioreattori, lab-on-chip, interfacce bio-elettroniche per malattie neurodegenerative)
-----------------------	--