

## **AREA STRATEGICA: SISTEMI COMPLESSI, PLASMI, MATERIA SOFFICE, BIOFISICA**

### **a. Finalità e Obiettivi**

La ricerca di nuove tecnologie per le grandi reti infrastrutturali, le telecomunicazioni, i sensori "smart", i Big Data, i materiali ingegnerizzati pongono lo studio dei sistemi complessi tra le discipline in maggiore crescita, includendo i plasmi, la materia soffice e attiva e la biofisica. Si assiste a un forte rafforzamento di queste discipline, che includono problematiche di fisica fondamentale (fenomeni emergenti quantistici, come la superconduttività ad alta temperatura) e aspetti interdisciplinari come le reti multilivello, l'epidemiologia, o il comportamento animale. Di particolare importanza è lo Human Brain Project (HBP). Obiettivi:

- Un piano integrato, basato sulla teoria delle reti e Big Data, per il controllo di fenomeni tecno-sociali virali (biologici, informatici, sociali) e a cascata (breakdown tecnologici, crisi economiche e finanziarie) e l'ottimizzazione di infrastrutture (reti elettriche, di trasporto, logistiche).
- Materiali bio-eco-compatibili, bio-mimetici, e granulari, per ambiente, medicina, agrifood, energia, beni culturali, industria, brain information processing e synaptic transmission.
- Dispositivi basati sul controllo intelligente di superfici e volumi per realizzare automi per la fabbrica intelligente, per esempio per la crescita di tessuti cellulari o superfici antibatteriche.
- Studio dell'interazione tra organismi ed ambiente per l'impatto delle perturbazioni naturali e antropiche, per studi sulla qualità dell'acqua, del cibo e sulla disponibilità di risorse ittiche.
- Studio dei sistemi biologici complessi (macromolecolari, cellulari e tissutali, organismi modello) con enfasi sui meccanismi biofisici delle patologie, per lo sviluppo di nuovi farmaci, approcci diagnostici e terapeutici, anche basati sulle nanoscienze.
- Nell'ambito dello HBP gli obiettivi principali sono nuovi strumenti metodologici per lo studio, la diagnosi, ed il trattamento di malattie e disfunzioni cerebrali (autismo, epilessia, deficit dei processi cognitivi, malattie neuro degenerative), interfacce uomo-macchina, neural modeling, tecnologie intelligenti a basso consumo, e brain-enabled robot.
- Plasma come sistema complesso: tecnologie al plasma per alterare in maniera controllata le superfici dei materiali fornendo loro determinate proprietà funzionali; tecnologie al plasma e a radiofrequenza per la sterilizzazione di alimenti, tessuti biologici o di superfici a contatto con essi. Nuove sorgenti di plasma per diagnostica.

Plasmi per propulsione spaziale; Plasmi applicati alla filiera alimentare.

### **b. Contenuto Tecnico Scientifico**

- Analisi e teoria dei sistemi complessi. Nuove metodologie per l'analisi di reti e sistemi complessi, in particolare per lo studio dei meccanismi di propagazione dell'informazione e della resistenza delle reti multi livello (internet, database, reti climatiche, epidemiologia, neuroscienze, sistemi economici). Algoritmi per la predizione di eventi rari (catastrofi climatiche, crisi economiche, ecc.). Magnetoidrodinamica, elettromagnetismo nel plasma, turbolenza.
- Materiali bio, soffici e attivi. Materiali soffici e complessi (compresi ferroelettrici e fotorifrattivi) per la sintesi di proprietà meccaniche, ottiche, termiche; teoria ed esperimenti.

Materia attiva, modelli e esperimenti. Selfassembly di biomolecole (proteine e biopolimeri). Interazione di biomolecole con inorganici nanostrutturati. Biomateriali ingegnerizzati phagebased su nanoscala.

- Biofisica cellulare e molecolare. Usando un'ampia gamma di tecniche (cristallografia, AFM, optical tweezers, interferometria, olografia, light scattering, spettroscopie, micro- e nanoscopie, spettrometria di massa, elettrofisiologia, sequenziamento di nuova generazione, organs on chip, dinamica e bioingegneria molecolare, simulazioni atomistiche e multiscale) si studiano, a livello molecolare, i meccanismi di funzionamento della cellula, con particolare attenzione alla patogenesi di malattie ad alto impatto sociale per farmaci innovativi, su base naturale o sintetica e metodologie di rilevazione di patogeni e diagnostica cellulare.
- Biofisica Ambientale. Si studiano i processi del carbonio e dei contaminanti emergenti (nanoparticelle) in mare, con enfasi sulla loro interazione con gli organismi. Particolare attenzione è posta sui processi che avvengono all'interfaccia terra-mare e mare-atmosfera. Sistemi di imaging sottomarino 3D per esame colonna d'acqua plankton e inquinanti e si sviluppano nuove metodologie di rilevazione di patogeni e diagnostica cellulare.
- Complessità quantistica e nonlineare. Studio delle proprietà e delle applicazioni dei materiali bidimensionali e dei comportamenti emergenti di natura quantistica, come la superconduttività ad alta temperatura. Propagazione della luce in sistemi disordinati e complessi, effetti nonlineari e quantistici.
- Complexity enabled technologies. Algoritmi di tracking; superfici dinamiche riconfigurabili; materiali antibatterici e biomimetici; tecniche di monitoraggio delle dinamiche sociali mediante social network.

Il DSFTM include la Brain Simulation Platform dell'HBP, che offre un possibile collegamento tra tutte le aree di ricerca. Gli obiettivi dell'HBP saranno raggiunti attraverso l'integrazione di dati sperimentali, simulazioni realistiche, e applicazioni ICT. Inoltre, nuove tecnologie per lo studio delle influenze dell'ambiente e dei sistemi agroalimentari sui processi cerebrali verranno messe a punto. Sistemi intelligenti con metodi di machine learning ed approcci terapeutici traslazionali, per la caratterizzazione funzionale, il trattamento e la gestione di patologie incluso cause e meccanismi neuro-fisiologici.