

AREA STRATEGICA: ATOMI, FOTONI, MOLECOLE

a. Finalità e Obiettivi

L'ottica e la fotonica sono tecnologie chiave irrinunciabili in molti dei settori strategici del PNR, nonché per il progresso della ricerca fondamentale. Negli ultimi anni, le possibilità di funzionalizzare ed ingegnerizzare su scala nanometrica materiali e componenti hanno aperto la strada a nuove applicazioni e a nuove forme d'interazione radiazione-materia. La crescente integrazione su chip di dispositivi fotonici consentirà il superamento di limiti fondamentali nell'elaborazione e trasmissione dell'informazione e nell'acquisizione e condivisione dell'informazione relativa ad ambienti specifici (es.: Internet of things). A queste potenzialità, già di grandissima portata, si affiancano quelle offerte dalle tecnologie quantistiche che sfruttano il controllo dei costituenti della materia e le leggi della meccanica quantistica per raggiungere prestazioni ineguagliabili dai sistemi classici. In particolare, i grandi progressi nel campo della fisica atomica e dell'ottica quantistica hanno posto le premesse per una nuova rivoluzione tecnologica. Le tecnologie ottiche sempre più contribuiranno a temi fondamentali come la crescita sostenibile del Pianeta, attraverso un cambio paradigmatico nei sistemi per la produzione di energia e la misura dei parametri ambientali.

Il DSFTM ricopre una posizione di rilievo in questi settori e si pone come obiettivi per i prossimi anni alcune grandi sfide, che si collocano in aree tematiche molto differenti, grazie all'intrinseca trasversalità di queste tecnologie:

- Sistemi ottici e fotonici, reti di sensori multiparametrici e infrastrutture optoelettroniche (ad esempio nel contesto delle Smart Cities e Smart Buildings).
- Tecnologie fotoniche per produzione, conversione, accumulo e trasporto di energia ad altissima efficienza.
- Tecnologie fotoniche per realtà virtuale, fotonica cognitiva ed interfacce avanzate uomo/macchina.
- Sistemi fotonici per imaging avanzato, diagnostica non invasiva, terapia e manipolazione della materia vivente.
- Disseminazione di standard ultraprecisi di tempo e frequenza.
- Tecnologie fotoniche per lo studio della materia in condizioni estreme (ad es. sintesi di nuovi materiali, plasmi, fusione nucleare e accelerazione di cariche).
- Piattaforme avanzate basate su fotoni e materia ultrafredda per reti di comunicazione, simulatori e calcolatori quantistici.
- Sensori quantistici per metrologia ad alta precisione di tempo, gravità, campi elettromagnetici e proprietà fisiche della materia.

b. Contenuto Tecnico Scientifico

Per il perseguimento di questi obiettivi, le principali linee di ricerca includeranno:

- Sviluppo di sorgenti e sistemi di rivelazione di luce coerente innovativi in regioni spettrali di frontiera e in regimi di durate e intensità estremi.

- Sviluppo di sorgenti, rivelatori e tecniche di manipolazione di luce non classica
- Creazione e manipolazione di miscele di materia ultrafredda.
- Sviluppo di sensori ottici multiparametrici in configurazioni risonanti, in ottica guidata e basati su interazione plasmonica.
- Studio dell'interazione forte luce materia alla nanoscala (plasmoni, polaritoni, plexitoni).
- Sviluppo e caratterizzazione di nuovi materiali (naturali, organici, inorganici e combinati) e dispositivi per la conversione di energia solare e l'illuminazione ad elevata efficienza.
- Spettroscopia laser risolta in tempo e in frequenza ad altissima sensibilità, precisione e risoluzione temporale e spettrale.
- Sistemi olfattivi optoelettronici basati su nanofili e nanostrutture di semiconduttori.
- Propagazione e manipolazione della luce in regime lineare e nonlineare in materiali e metamateriali strutturati e disordinati.
- Sviluppo di dispositivi micro/nanofotonici, optomicro/nanofluidici (lab-on-a-chip), plasmonici e facenti uso di metamateriali, ottiche adattive e film sottili.
- Sviluppo di rivelatori e tecniche innovative di caratterizzazione, microscopia, interferometria e imaging ad altissima risoluzione spaziale e temporale e ad ampia copertura spettrale e 3D.
- Realizzazione di strumentazione metrologica, orologi e sensori interferometrici con atomi, centri di colore, ioni e molecole ad altissime prestazioni.
- Simulazione quantistica di sistemi, processi fisici e nuovi materiali (stato solido, fotosintesi, superconduttività, ...).
- Effetti optomagnetici (spintronica quantistica molecolare, accoppiamento microonde-ensembles di centri magnetici) e superconduttivi (circuiti QED a superconduttori).
- Controllo, elaborazione e trasmissione dell'informazione quantistica (ripetitori e memorie quantistiche, dispositivi quantici a stato solido, interfacce quantistiche luce/materia/optomeccanica, link quantistici terra-spazio ...).