



ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

CONVEGNO

LE RETI DI INFRASTRUTTURE COME MOTORI DELL'INNOVAZIONE: IL CASO DI I-PHOQS, LA PIÙ GRANDE INFRASTRUTTURA ITALIANA PER LA FOTONICA E LE SCIENZE E TECNOLOGIE QUANTISTICHE

7 OTTOBRE 2025

ABSTRACT

Comitato ordinatore: Giulio CERULLO (Linco, Politecnico di Milano), Paolo DE NATALE (Itatec, INO-CNR), Massimo INGUSCIO (coordinatore, Linco, European Laboratory for Nonlinear Spectroscopy - LENS), Antonio PIFFERI (Politecnico di Milano), Francesco PRIOLO (Linco, Università di Catania), Alberto QUADRIO CURZIO (Presidente emerito dell'Accademia Nazionale dei Lincei), Vincenzo SCHETTINO (Linco, Università degli Studi di Firenze), Orazio SVELTO (Linco, Politecnico di Milano).

PROGRAMMA

Le grandi reti di Infrastrutture hanno un ruolo essenziale di mantenimento e concentrazione di competenze e personale ad alta specializzazione, divenendo poi veri motori del progresso scientifico e dell'innovazione, per il loro ruolo di catalizzatore di idee e persone. I fondi Next Generation EU, recepiti dall'Italia nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), hanno costituito un'occasione unica di rimodellamento delle Infrastrutture esistenti, di varia grandezza e stadio di maturazione. Un esempio importante è costituito da I-PHOQS JRU (Integrated Infrastructure Initiative for Photonics and Quantum Science) una rete di Infrastrutture distribuita in 8 città, Padova, Milano, Firenze, Pisa, Lecce, Cosenza, Messina, Catania, finanziata attraverso un bando competitivo dal PNRR.

Proprio nell'Anno internazionale dedicato alle scienze e tecnologie quantistiche (International Year of Quantum Science and Technology, IYQ, decretato dall'UNESCO), tale infrastruttura si è costituita in Joint Research Unit per consentire il pieno accesso alle Facilities che coprono i principali settori delle scienze quantistiche e delle applicazioni della fotonica, quali la fusione inerziale, la diagnostica biomedica avanzata, le tecnologie "verdi" per la salvaguardia dell'ambiente e l'agritech.

Martedì 7 ottobre

10.00 *Indirizzi di saluto*

Roberto ANTONELLI (Presidente dell'Accademia Nazionale dei Lincei)

Andrea LENZI (Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche)

10.10 Massimo INGUSCIO (Linco, European Laboratory for Nonlinear Spectroscopy - LENS), Orazio SVELTO (Linco, Politecnico di Milano), LincoPaolo DE NATALE (Itatec, INO-CNR): *Introduzione al Convegno*

Prima Tavola Rotonda – Ricerche di frontiera per la Fotonica e le Tecnologie Quantistiche

Moderatore: Francesco PRIOLO (Linco, Università di Catania)

10.30 Giacomo ROATI (CNR INO e LENS): *Simulazione quantistica con atomi ultrafreddi*

10.50 Luisa DE MARCO (CNR Nanotec): *Optoelettronica Sostenibile basata su Nanostrutture Ibride*

11.10 Giulio CERULLO (Linco, Politecnico di Milano): *Laser a Impulsi Ultrabrevi per la Diagnostica Medica*

Discussione

11.30 Intervallo

11.50 Alessia IRRERA (CNR IMM): *Dare forma alla Luce con il Disordine Frattale: dagli effetti fondamentali ai dispositivi ottici innovativi*

12.10 Leonida Antonio GIZZI (CNR INO): *Luce estrema italiana verso la dimensione europea*

Discussione

12.30 Intervallo

Seconda Tavola Rotonda – Organizzazione Strategica della Ricerca e suo impatto sull’Economia, l’innovazione e la società

Moderatore: Alessandro BARBANO (giornalista)

14.00 Alberto QUADRIO CURZIO (Presidente emerito dell'Accademia Nazionale dei Lincei): *Introduzione*

14.20 Roberta PINOTTI (Presidente Fondazione Polo Nazionale della Dimensione Subacquea)

14.40 Cristina BATTAGLIA (Presidente di Iren Energia S.p.A., Program Manager Ecosistema RAISE)

15.00 Gianluigi CONSOLI (Direzione generale dell'internazionalizzazione e della comunicazione del MUR)

15.20 Marco CONTI (CNR IIT, Pisa)

Discussione

15.40 Intervallo

16.00 Valeria VINCI (Dirigente Direzione Generale per le nuove tecnologie abilitanti del MIMIT)

Stefania CROTTA (Direttore generale programmi e incentivi finanziari – PIF - del MASE)

Francesca GALLI (Dirigente presso l’Ufficio di Gabinetto, Segreteria Tecnica del Ministro del MUR)

Milena MESSORI (Capo Ufficio del Gruppo BEI in Italia)

Ottavio RICCHI (Chief economist MEF)

Discussione

ROMA - PALAZZO CORSINI - VIA DELLA LUNGARA, 10
Segreteria del convegno: convegni@lincei.it – <http://www.lincei.it>

Tutte le informazioni per partecipare al convegno sono disponibili su:

<https://www.lincei.it/it/manifestazioni/le-reti-di-infrastrutture-come-motori-dellinnovazione>

Per partecipare al convegno è necessaria l’iscrizione online
Fino alle ore 10 è possibile l’accesso anche da Lungotevere della Farnesina, 10
I lavori potranno essere seguiti dal pubblico anche in streaming

L'attestato di partecipazione al convegno viene rilasciato esclusivamente a seguito di partecipazione in presenza fisica e deve essere richiesto al personale preposto in anticamera nello stesso giorno di svolgimento del convegno

Laser a Impulsi Ultrabrevi per la Diagnostica Medica

Giulio CERULLO (Linco, Politecnico di Milano)

Numerose applicazioni nella ricerca e nella diagnostica medica beneficerebbero della disponibilità di un sistema biofotonico che sia in grado di misurare, in modo rapido e senza l'aggiunta di marcatori esogeni, la composizione chimica di cellule e tessuti. Tra le applicazioni più significative si segnalano lo studio in tempo reale dell'interazione tra tumore e cellule immunitarie, che è alla base dell'immunoterapia del cancro, e l'istopatologia, per riconoscere e classificare un tumore misurando la composizione molecolare di una biopsia tissutale.

La microscopia stimulated Raman scattering (SRS) è una potente tecnica ottica non lineare in grado di misurare con elevata velocità e senza l'aggiunta di marcatori esogeni la composizione chimica di cellule e tessuti. Nonostante la sua promessa di rivoluzionare la diagnostica medica, tale tecnica è stata finora confinata a laboratori specializzati a causa della complessità della strumentazione richiesta, in particolare il sistema laser di eccitazione. In questa relazione presenterò lo sviluppo di un microscopio SRS con architettura drasticamente semplificata e adatto per essere utilizzato da utenti non esperti nell'ambito della diagnostica medica. Questo strumento promette di rivoluzionare lo studio dell'origine cellulare delle malattie e consentirà di visualizzare l'interazione tra cellule immunitarie e cellule tumorali durante l'immunoterapia del cancro, ottimizzandone così l'efficacia. Il nostro microscopio consentirà inoltre la misura ad alta risoluzione spaziale e ad alta velocità degli spettri vibrazionali di ampie aree di biopsie prive di colorazione, fornendo allo stesso tempo dati morfologici e biomolecolari e consentendo una diagnosi accurata del tumore e un trattamento medico personalizzato.

Optoelettronica Sostenibile basata su Nanostrutture Ibride

Luisa DE MARCO (CNR Nanotec)

L'intervento presenterà i risultati delle ricerche condotte presso il CNR NANOTEC di Lecce, sviluppate nell'ambito dell'infrastruttura I-PHOQS (Integrated Infrastructure Initiative for Photonics and Quantum Science), che hanno contribuito a significativi avanzamenti nel campo dell'optoelettronica sostenibile. Verranno illustrate le proprietà ottiche ed elettrochimiche di materiali ibridi, come perovskiti, e di altre nanostrutture ibride organico-inorganico e la loro implementazione in dispositivi innovativi per la fotonica e l'energia, caratterizzati da elevata efficienza e ridotto impatto ambientale.

Questi risultati mettono in luce l'importanza dell'utilizzo strategico delle infrastrutture di ricerca nazionali, che rappresentano un fattore abilitante per l'apertura di nuove prospettive nell'innovazione tecnologica applicata alle scienze fotoniche e quantistiche.

Dare forma alla Luce con il Disordine Frattale: dagli effetti fondamentali ai dispositivi ottici innovativi

Alessia IRRERA (CNR IMM)

Le nanostrutture sono ampiamente riconosciute come componenti chiave nelle tecnologie avanzate in diversi settori, tra cui microelettronica, telecomunicazioni, fotonica e sensoristica. L'emergere di effetti di confinamento quantistico e di nuove proprietà fisiche nei nanomateriali ne consente l'ingegnerizzazione per adattarli a specifiche applicazioni. Allo stesso tempo, l'aumento del rapporto superficie-volume dei nanomateriali li rende particolarmente interessanti per applicazioni sensoristiche, dove le interazioni superficiali giocano un ruolo cruciale. In questo contesto vi mostrerò un overview della nostra attività

sui nanofili di silicio (Si NWs). I nanofili di Silicio emergono come materiali promettenti grazie alla consolidata industria del silicio nella microelettronica, che favorisce l'interesse per applicazioni su larga scala. Verrà mostrata la fabbricazione di array frattali 2D di nanofili di silicio confinati quanticamente mediante una sintesi compatibile con i processi industriali e a basso costo, che parte direttamente da wafer di silicio commerciali e consente di modulare lunghezza, diametro e morfologia dei nanofili. La possibilità di ottenere emissione di luce dai Si NWs a temperatura ambiente, combinata con la loro morfologia frattale, apre prospettive interessanti per applicazioni nell'ambito della fotonica e della sensoristica. Le sorgenti luminose nel vicino infrarosso (Near-IR) compatibili con il silicio sono particolarmente interessanti per la fotonica e le telecomunicazioni. In questo ambito, abbiamo sviluppato sistemi ibridi di antenne accoppiando i Si NWs con dendrimeri basati su Ru e RuOs, ottenendo notevoli efficienze di trasferimento energetico fino al 93%. In queste strutture, i Si NWs agiscono come donatori di energia, permettendo l'emissione dei dendrimeri nel vicino infrarosso, anche se presenti con concentrazioni che in soluzione produrrebbero segnali trascurabili. Inoltre, substrati di Si NWs opportunamente funzionalizzati sono stati applicati con successo come sensori fluorescenti per un'ampia gamma di target, tra cui proteine, piccole vescicole, DNA e RNA. Il meccanismo di rilevamento si basa sulla riduzione dell'emissione luminosa dei Si NWs al momento della cattura del target, garantendone la selettività tramite procedure di funzionalizzazione. È stato dimostrato un limite di rilevamento (LOD) nell'ordine dei femtomolari (fM) con un ampio intervallo dinamico per le proteine, inclusa la rilevazione della proteina C-reattiva, un biomarcatore chiave per le malattie cardiovascolari. Una strategia di riconoscimento immunologico simile è stata impiegata per creare una piattaforma di rilevamento basata su Si NWs capace di identificare piccole vescicole extracellulari, superando di ordini di grandezza i metodi commerciali. Queste piattaforme basate su Si NW offrono analisi rapide, ampie capacità di rilevamento, elevata selettività e adattabilità a diversi target, aprendo la strada a una nuova generazione di sensori economici, senza labelling, compatibili con applicazioni biomediche su scala industriale.

Luce estrema italiana verso la dimensione europea

Leonida Antonio GIZZI (CNR INO)

L'Italia sta assumendo un ruolo di primo piano nello sviluppo della luce estrema, grazie a infrastrutture di ricerca nazionali che offrono alla comunità scientifica l'accesso a tecnologie laser fortemente innovative per la ricerca e per applicazioni di frontiera in settori ad alto impatto come le scienze della vita, l'energia, la tutela dell'ambiente e del patrimonio culturale e l'aerospazio. Queste iniziative si integrano con le grandi infrastrutture europee ESFRI, tra cui ELI-ERIC, la piattaforma leader mondiale per i laser ultra-intensi, ed EuPRAXIA, dedicata agli acceleratori al plasma di nuova generazione, interagendo al contempo con sorgenti di luce avanzate come sincrotroni e laser a raggi X. IPHOQS contribuisce in modo determinante alla crescita del settore in Italia, promuovendo ricerca e innovazione in ambiti chiave quali le tecnologie quantistiche, gli acceleratori di particelle, la fusione nucleare e i laser ad alta efficienza, con l'obiettivo, tra gli altri, di favorire la piena integrazione dell'Italia nelle strategie europee. Il talk illustrerà come queste sinergie stiano creando opportunità senza precedenti per la comunità scientifica e industriale, rafforzando il ruolo dell'Italia nello scenario internazionale.

AI-PHOQUS: l'estensione di I-PHOQS per promuovere la competitività digitale europea

Marco CONTI (CNR IIT, Pisa)

Il Rapporto Draghi individua l'intelligenza artificiale, le tecnologie quantistiche e le reti di nuova generazione come pilastri essenziali per la competitività e la sovranità europea. Una visione in linea con le analisi dei trend tecnologici 2025 delle principali società di consulenza, che convergono su un messaggio chiaro: AI, connettività avanzata e quantum computing ridefiniranno non solo il settore ICT, ma l'intera economia globale. L'Europa, che non ha pienamente valorizzato le precedenti rivoluzioni digitali, rischia di accrescere la dipendenza da tecnologie estere, con impatti negativi su produttività, autonomia strategica e capacità innovativa, se non saprà cogliere questa nuova ondata tecnologica. Pur disponendo di una solida base scientifica, il continente deve trasformare la ricerca in leadership industriale. In Italia, il PNRR ha sostenuto iniziative di eccellenza come FAIR (AI), SERICS (cybersecurity e QKD), RESTART (reti avanzate) e NQSTI (quantistica), ma l'approccio verticale e la conclusione del programma rischiano di produrre frammentazione e dispersione dei risultati.

In questo scenario, in cui le infrastrutture di ricerca giocano un ruolo cruciale – guidando l'innovazione, alimentando gli ecosistemi tecnologici e rafforzando la sovranità europea – i ricercatori del CNR hanno promosso AI-PHOQUS, evoluzione strategica di I-PHOQS. L'iniziativa mira a costruire una rete cooperativa che estenda I-PHOQS, includendo i nodi italiani di infrastrutture di ricerca riconosciute a livello nazionale ed europeo: SoBigData (AI e data science), SLICES (reti e computing di nuova generazione) ed EUAPS (laser ad alta energia).

AI-PHOQUS integra intelligenza artificiale, tecnologie quantistiche, fotonica e reti avanzate in un'infrastruttura multidisciplinare capace di sostenere un ecosistema nazionale di ricerca e innovazione. Attraverso nodi regionali, partenariati industriali e programmi di formazione avanzata, l'iniziativa punta a ridurre la frammentazione, accelerare il trasferimento tecnologico e rafforzare la sovranità nelle comunicazioni sicure, nei servizi AI e nelle reti ibride classico-quantistiche.

Ottavio Ricchi (Chief economist MEF)

Premessa

La discussione di oggi, in particolare del panel a cui sono chiamato a partecipare, ci offre l'occasione di riflettere sul ruolo che può svolgere il MEF nell'affrontare le sfide di crescita, produttività e finanza pubblica del Paese. Il compito è complesso; il MEF è chiamato ad allocare le risorse, provenienti da fonti nazionali o da aiuti o prestiti europei (es. PNRR), avendo contezza delle implicazioni economiche delle scelte effettuate, fornendo – ove possibile – analisi di impatto su una base ex-ante; il tutto in un contesto che richiede rigore nel controllo dei conti pubblici.

È fondamentale valutare gli effetti di spese e riforme su produttività e PIL potenziale di medio-lungo periodo. Le riforme e alcuni interventi a favore degli investimenti stimolano la produttività totale dei fattori, che è determinata dal progresso tecnologico, dall'innovazione e dalle competenze lavorative opportunamente allocate. Le scelte di *policy* effettuate dovrebbero basarsi su considerazioni economiche strategiche, considerando il contesto tecnologico internazionale e le priorità nazionali. Il Ministero ha inoltre una visione orizzontale sul processo di riforme, valutando come i diversi progetti possano generare insieme effetti favorevoli su crescita e produttività.

Contesto di riferimento; l'Europa e l'Italia

Stiamo affrontando una doppia transizione digitale e verde; congiuntamente ad altre rilevanti sfide. In un contesto globale sempre più competitivo, l'Unione Europea deve conseguire un'autonomia strategica che abbracci difesa, energia, materie prime critiche e tecnologia.

Il rapporto Draghi ha evidenziato il divario UE rispetto a USA e Cina in termini di produttività e innovazione, richiedendo interventi urgenti su tecnologia, decarbonizzazione e sicurezza economica.

Affrontare queste sfide richiede un ruolo attivo degli stati e delle istituzioni europee nel creare condizioni favorevoli; ad esempio, colmando il gap tra competenze richieste e disponibili. Le politiche devono rafforzare capitale umano, innovazione e competitività, trasformando la ricerca in start-up, elevando i livelli TRL¹ e mobilitando le migliori competenze. Sul fronte finanziario, è cruciale accelerare lo sviluppo del mercato unico dei capitali, con focus sul *venture capital*, affinché l'ecosistema industriale europeo preservi la propria competitività di lungo periodo presidiando le nuove tecnologie di frontiera. La sovranità tecnologica europea dipende anche da questa sfida.

La competitività nazionale si fonda sulle tecnologie abilitanti di frontiera. Fotonica e quantum, oggetto del convegno, sono complementari: la fotonica, matura (TRL 6-9) e pervasiva, garantisce ritorni a breve-medio termine potenziando catene del valore esistenti; le tecnologie quantistiche (TRL 2-6), sono "dirompenti", e prefigurano mercati radicalmente nuovi ma con profili rischio-rendimento più sfidanti².

In Italia i settori ad alta tecnologia sono ancora una quota contenuta del sistema produttivo, ma hanno registrato le maggiori variazioni di valore aggiunto dal 2019. L'obiettivo è farli crescere ulteriormente attraverso strumenti come contratti di sviluppo, accordi per l'innovazione e IPCEI.

Il sistema di ricerca pubblico ha investito nel 2023 12,8 miliardi complessivi. La spesa totale in R&S ha raggiunto 29,4 miliardi (+7,7%), con 348 mila addetti. Le imprese coprono il 58%, ma i grandi gruppi rappresentano oltre l'80% della R&S privata, mentre le PMI sono in calo (Istat 2025). Le stime preliminari indicano per il 2024 un ulteriore aumento della spesa R&S delle imprese (+1,2%) mentre per il 2025 è programmato un aumento del 4,0%. In questo contesto, emergono due priorità: i) sostenere le imprese (startup incluse) che sviluppino tecnologie come fotonica e quantum, facilitandone la crescita dimensionale; ii) promuovere l'adozione di queste tecnologie nel nostro tessuto produttivo, caratterizzato dalla prevalenza delle PMI.

Piano strategico e misure PNRR per l'avanzamento della tecnologia

Fotonica e *quantum computing* rappresentano settori strategici con elevato potenziale di sviluppo. La loro interazione richiede scelte specifiche: formazione del capitale umano, promozione della ricerca di base e incentivazione delle imprese, operative o *startup*.

Anche in questo contesto, il MEF ha un duplice compito: sovraintendere sulla assegnazione di risorse coerentemente con le priorità strategiche e collaborare a costruire un ecosistema normativo e amministrativo capace di sostenere innovazione e competitività del Paese.

Dal punto di vista della programmazione strategica, va ricordata la recente Strategia Nazionale per le Tecnologie Quantistiche, adottata dal Comitato interministeriale per la transizione digitale³, che menziona esplicitamente la fotonica - in particolare i Circuiti Integrati Fotonici - quale tecnologia abilitante strettamente connessa alle applicazioni quantistiche in comunicazione, sensoristica e computazione. La strategia sottolinea

¹ I TRL (Technology Readiness Level) sono livelli di maturità tecnologica, una scala standardizzata da 1 a 9 utilizzata per valutare il grado di sviluppo di una tecnologia:

² Le applicazioni spaziano da fibre ottiche e laser a diagnostica e sensori agricoli (fotonica), fino a calcolo farmaceutico, comunicazioni sicure e sensoristica di precisione (quantum). I CAGR previsti sono straordinari: 33,5% (fotonica quantistica), 30,2% (*quantum computing*).

³ Il Comitato è presieduto dal sottosegretario Alessio Butti del Dipartimento per la trasformazione digitale ed è composto da un gruppo di esperti scientifici e rappresentanti istituzionali (tra cui MUR, MIMIT, Difesa, ACN e Dipartimento per la Transizione Digitale).

l'importanza di integrare le competenze fotoniche nel sistema nazionale, promuovendo sinergie tra ricerca di base, trasferimento tecnologico e industria. La fotonica è quindi parte integrante della visione italiana sul quantum.

Il punto cruciale è lo sviluppo di competenze adeguate. Le infrastrutture rappresentano ecosistemi di competenze dove si incontrano risorse umane specializzate e tecnologie di frontiera, fungendo da catalizzatori per innovazione, collaborazione interdisciplinare e attrazione di talenti.

La rete I-PHOQS JRU – oggetto di questo convegno – esemplifica un'infrastruttura distribuita, ma coesa, che integra fotonica e scienze quantistiche, promuovendo efficienza e collaborazione nella ricerca, dimostrando la capacità italiana di allinearsi alle traiettorie globali.

Le misure del PNRR e gli impegni del Piano Strutturale di Bilancio di Medio Termine

Il PNRR ha permesso di rinnovare e potenziare le infrastrutture esistenti, superando frammentazioni territoriali e creando reti distribuite e integrate, valorizzando le eccellenze locali in sinergia.

Tra le misure rilevanti figurano il supporto alla transizione ecologica, alle filiere delle *net zero technologies*, alla tecnologia satellitare, economia spaziale e microelettronica. Accordi di innovazione, partenariati, IPCEI e PRIN dimostrano l'efficacia del sistema ricerca.

Sarebbe un errore non valorizzare l'esperienza del PNRR. Per questo, nel Piano Strutturale di Bilancio di Medio Termine, il Governo si è impegnato a rafforzare l'ecosistema per l'innovazione.

Gli impegni del Piano prevedono di: i) aumentare la spesa pubblica in R&S portando il rapporto con il PIL allo 0,6% nel 2029; ii) razionalizzare gli incentivi pubblici agli investimenti e potenziare il mercato dei capitali; iii) rafforzare gli strumenti per l'abilitazione industriale delle tecnologie emergenti, il trasferimento tecnologico e l'acquisizione di competenze; iv) dare continuità alle iniziative PNRR più virtuose: Centri Nazionali, Partenariati estesi, Ecosistemi dell'innovazione, dottorati innovativi, potenziamento delle strutture di ricerca e "campioni nazionali di R&S" su *Key Enabling Technologies*.