



# INFN NEWSLETTER 89

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



## INTERVISTA

AL VIA LA MISSIONE SPAZIALE IXPE, LA PRIMA INTERAMENTE DEDICATA ALLO STUDIO DELLA RADIAZIONE X POLARIZZATA , p. 2

## NEWS

### AWARDS

PRIN 2020: 11 PROGETTI VINCITORI CON L'INFN, DI CUI TRE COME CAPOFILA, p. 5

### EVENTI

SPAZIO ALLE PARTICELLE: L'INFN PER LA GIORNATA NAZIONALE DELLO SPAZIO, p. 6

### OUTREACH

AL VIA LA VI EDIZIONE DEL PROGETTO LAB2GO CON CIRCA 800 PARTECIPANTI, p. 7



## FOCUS

DALLA FLASH THERAPY NUOVE SPERANZE PER LA CURA DEI TUMORI, p. 8

## TAKE PART IN

FINO AL 27 FEBBRAIO 2022 - A ROMA, A PALAZZO DELLE ESPOSIZIONI, PROSEGUE LA MOSTRA INCERTEZZA, p. 10

## » INTERVISTA



**AL VIA LA MISSIONE SPAZIALE IXPE, LA PRIMA INTERAMENTE DEDICATA ALLO STUDIO DELLA RADIAZIONE X POLARIZZATA**  
*Intervista a Luca Baldini, responsabile nazionale INFN e co-Principal Investigator della missione, e Luca Latronico, responsabile di IXPE per la sezione di Torino.*

*Nella prima mattinata di giovedì 9 dicembre, quando in Italia erano le 7, lo spettacolo offerto dalla scia tracciata dai booster del lanciatore Falcon 9, che ha illuminato il cielo notturno sopra il NASA Kennedy Space Center di Cape Canaveral, Florida, ha salutato il lancio della missione X-ray Polarimetry Explorer (IXPE). Solo quaranta minuti più tardi IXPE avrebbe raggiunto la sua orbita operativa posizionata a 600 chilometri di altitudine e inclinata di appena 0,2 gradi rispetto all'equatore.*

*Un primo traguardo per cui l'Italia ha molto da festeggiare. Frutto di una partnership tra NASA e ASI, la missione, la prima interamente dedicata allo studio della polarizzazione dei raggi X emessi da sorgenti astrofisiche estreme, quali stelle di neutroni, buchi neri e resti di supernovae, potrà infatti contare su una strumentazione scientifica di nuova concezione ideata e realizzata nell'ambito di una collaborazione tra l'INFN e l'INAF. Nello specifico, l'INFN è stato responsabile dello sviluppo, della costruzione e della qualifica dei tre rivelatori che rappresentano il cuore di IXPE. I Gas Pixel Detector (GPD), questo il nome dei rivelatori, sfruttano una tecnologia messa a punto nel corso degli ultimi 15 anni che si avvale delle competenze maturate dall'INFN nel campo della fisica delle particelle. Misurando con precisione la ionizzazione prodotta dagli elettroni emessi a seguito dell'assorbimento dei fotoni da parte del gas di cui sono riempiti, i tre rivelatori di IXPE saranno in grado di fornire indicazioni accurate sulla geometria e le caratteristiche del campo magnetico della sorgente, da cui dipende la polarizzazione.*

*A coordinare il lavoro di costruzione dei tre Gas Pixel Detector di IXPE, svoltosi nei laboratori delle sezioni di Pisa e Torino dell'INFN, Luca Baldini, responsabile nazionale INFN per IXPE e co-Principal Investigator della missione, e Luca Latronico, responsabile di IXPE per la sezione di Torino.*

### **Luca Latronico, può descriverci quali sono gli strumenti principali che compongono il satellite IXPE e qual è lo scopo principale della missione?**

IXPE ha a bordo esclusivamente uno strumento, interamente dedicato alla misura della polarizzazione della radiazione X di origine astrofisica. In effetti questo strumento si compone di tre telescopi identici, ciascuno dei quali comprende un'ottica per raggi X e una Detector Unit (DU), che alloggia il rivelatore Gas Pixel Detector sensibile alla polarizzazione, l'elettronica di lettura, il sistema di controllo termico e le sorgenti calibrazione.

## » INTERVISTA

### **Che cosa si intende con polarizzazione dei raggi X e perché è importante studiare questa proprietà in ambito astrofisico?**

La polarizzazione è una proprietà delle onde elettromagnetiche, quindi della luce, che ha a che vedere con la direzione di oscillazione del campo elettrico e non ha un equivalente con altri tipi di onde (come, ad esempio, le onde sonore). A qualsiasi energia, e quindi anche a quelle dei kilo-elettronvolt tipiche della radiazione X, la luce si dice polarizzata se composta da campi elettromagnetici con orientazioni spaziali specifiche e non casuali. La misura della polarizzazione della luce ci fornisce quindi informazioni sul meccanismo con cui la sorgente emette radiazione elettromagnetica.

Nel caso dei raggi X di origine astrofisica, i cui siti di produzione sono spesso caratterizzati da campi magnetici e/o gravitazionali estremamente intensi, la misura della polarizzazione permette di ricavare informazioni indirette sulla geometria delle sorgenti che non sono accessibili per altre vie.

Inoltre, la misura della polarizzazione può fornire ulteriori informazioni sulle interazioni della radiazione X nel percorso che compie per arrivare dalla sorgente a noi, potenzialmente rivelando la presenza di particelle mai osservate direttamente, come gli assioni, particelle che si ritiene possano costituire la misteriosa materia oscura.

### **Quale contributo ha fornito l'INFN alla realizzazione di IXPE e che ruolo avrà l'Istituto all'interno della collaborazione scientifica responsabile del satellite?**

L'INFN ha concepito il Gas Pixel Detector e lo ha qualificato in tutte le sue parti per l'uso nello spazio. Specificamente per IXPE, l'INFN ha disegnato l'architettura del sistema di acquisizione dei GPD in volo, ha progettato la meccanica di alloggiamento dei rivelatori, integrato le Detector Unit nelle camere pulite di Pisa ed effettuato la campagna di qualifica per il volo. Le Detector Unit sono state consegnate all'Agenzia Spaziale Italiana per essere poi calibrate nei laboratori dell'INAF, integrate sul satellite da Ball Aerospace in Colorado e, infine, integrate sul Falcon 9 da Space-X per il lancio del 9 dicembre.

Il gruppo INFN ha inoltre elaborato il software di simulazione e ricostruzione dei rivelatori e fornito alla collaborazione gli strumenti per simulare le osservazioni che verranno effettuate con IXPE. L'INFN coordina infine il gruppo internazionale che elabora le tecniche di analisi dei dati di IXPE e partecipa alle attività di analisi per le diverse classi di sorgenti che osserveremo.

### **Luca Baldini, come è nata l'idea delle Detector Unit fornite dall'INFN? In che modo questi rivelatori si differenziano da strumenti analoghi utilizzati in passato e quanto tempo ha richiesto il loro sviluppo?**

L'innovazione che ci permette di misurare con alta efficienza la polarizzazione risiede nei Gas Pixel Detector, che sono nati integrando in questo singolo dispositivo, a un livello senza precedenti, le tecniche standard dei rivelatori a gas a micro-pattern con la moderna microelettronica per l'acquisizione e il trattamento dei segnali. Sviluppati a partire da un'idea di Ronaldo Bellazzini, la realizzazione dei GPD e dei sistemi di acquisizione dati dedicati, concepiti e realizzati dallo stesso gruppo di ricerca di Pisa formatosi intorno a Bellazzini, ha occupato circa 15 anni. Le Detector Unit di IXPE, che l'INFN ha disegnato e realizzato,

## » INTERVISTA

integrano i GPD, l'elettronica e i servizi in unità compatte che rispecchiano i requisiti di dimensioni, massa e potenza imposti dalla missione.

### **Quali sono le caratteristiche dei Gas Pixel Detector e che tipo di tecnologia sfruttano?**

All'interno dei GPD è presente un gas: quando un fotone interagisce con quest'ultimo si converte in un elettrone e i GPD rivelano la polarizzazione ricostruendo il percorso che il singolo elettrone compie nel gas. Impiegano un amplificatore di carica, il Gas Electron Multiplier, per generare una quantità di carica rivelabile, di qualche migliaio di elettroni, e un circuito integrato organizzato in una matrice di piccolissimi pixel di 50  $\mu\text{m}$  (micron) di passo che rivela la traccia dell'elettrone raccogliendo la nuvola di carica amplificata lungo il suo percorso.

Diversamente da precedenti tecniche di misura della polarizzazione, che agivano selezionando particolari direzioni nel piano, alla ricerca del giusto angolo di polarizzazione della radiazione incidente, i GPD misurano le direzioni di tutti i fotoni incidenti, riducendo drasticamente il tempo necessario a effettuare la misura.

### **Che tipo di prestazioni garantiranno le Detector Unit di IXPE e quali informazioni consentiranno di ottenere sulle sorgenti astrofisiche oggetto dell'indagine di IXPE?**

Le DU di IXPE sono state progettate per poter misurare la polarizzazione di decine di sorgenti astrofisiche diverse, con elevata sensibilità, in uno schema di missione di pochi anni. Poiché le tecniche precedentemente utilizzate erano fortemente inefficienti, tanto da permettere una misura di polarizzazione solo per le due sorgenti maggiormente brillanti nel cielo, per la prima volta IXPE potrà effettuare un vero e proprio censimento di molte sorgenti diverse che si pensa emettano radiazione polarizzata, fornendo quindi informazioni cruciali per elaborare i modelli di emissioni di questi acceleratori cosmici.

### **In che modo l'esperienza maturata dall'INFN nell'ambito della missione Fermi ha contribuito allo sviluppo dei rivelatori di IXPE?**

Per l'osservatorio di raggi gamma Fermi, l'INFN ha realizzato il più grande tracciante a micro-strip di silicio utilizzato nello spazio, maturando enormi competenze nella progettazione, integrazione e qualifica di complessi apparati di rivelatori di particelle per lo spazio. La comunità INFN ha poi sfruttato la conoscenza profonda di questo apparato per estendere le sue capacità osservative ad altri ambiti, come gli elettroni di origine galattica, e indagare su fenomeni particolarmente complessi quali la natura della materia oscura. Il valore di questi contributi e la capacità di metterli a fattore comune nella collaborazione internazionale ha fatto sì che molti ricercatori INFN ricoprissero importanti ruoli di coordinamento delle attività di analisi scientifiche.

La stessa competenza, dedizione, caparbietà e spirito di collaborazione è stata trasferita nel contributo che l'INFN ha portato alla missione IXPE, garantendo, ad oggi, la fornitura di telescopi in grado di aprire una nuova finestra osservativa sulla polarizzazione, e ponendo le basi per una eccitante avventura scientifica con i dati che IXPE raccoglierà nei prossimi anni. ■



## AWARDS

### PRIN 2020: 11 PROGETTI VINCITORI CON L'INFN, DI CUI TRE COME CAPOFILA

Sono 11 i PRIN, Progetti di Ricerca di Interesse Nazionale, recentemente selezionati dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del bando PRIN 2020, che vedono la partecipazione dell'INFN, in tre dei quali come capofila. Tra le tematiche di ricerca maggiormente premiate dalle graduatorie finali dei PRIN 2020 e sulle quali l'INFN sarà impegnato vi sono lo studio delle sorgenti astrofiche mediante segnali gravitazionali e l'indagine sui costituenti fondamentali della materia, siano essi noti o ancora sconosciuti, come nel caso della materia oscura. In particolare, le tre proposte vincitrici di cui l'INFN è capofila fanno riferimento ai settori disciplinari della fisica fondamentale, dell'astrofisica e della scienza dei materiali: il progetto *Cutting-edge strategies to identify new GEMS (Gravitational and ElectroMagnetic wave Sources) in the Universe with current and next-generation detectors* e il progetto *ANDROMEaDa (Aligned Nanotube Detector for Research On MeV Darkmatter)*, coordinati da ricercatori dalla sezione INFN di Roma 1, si sono aggiudicati rispettivamente 591.400 euro e 773.494 euro; il progetto *ANCHISE (Array for Neutron and Charged particle detection with High Linear momentum Selection)*, coordinato dalla sezione INFN di Catania, si è aggiudicato un finanziamento di 626.730 euro.

Il crescente interesse del sistema di ricerca nazionale nei confronti dell'astronomia gravitazionale è certificato anche dai progetti a contributo INFN che sono risultati vincitori dei finanziamenti PRIN 2020 dedicati alle discipline appartenenti al settore delle scienze dell'Universo (EP9). Quattro delle cinque proposte di ricerca selezionate in questo settore avranno infatti come obiettivo lo studio, l'individuazione e lo sviluppo delle conoscenze dei sistemi e delle tecnologie in grado di migliorare la sensibilità degli attuali interferometri e necessarie alla costruzione e al futuro funzionamento dell'interferometro di nuova generazione Einstein Telescope, del quale l'Italia è capofila attraverso l'INFN. ■



## EVENTI

### SPAZIO ALLE PARTICELLE: L'INFN PER LA GIORNATA NAZIONALE DELLO SPAZIO

Anche l'INFN ha partecipato il 16 dicembre alle celebrazioni della prima Giornata Nazionale dello Spazio, iniziativa istituita dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, con il coordinamento dell'ASI Agenzia Spaziale Italiana, nel giorno in cui fu lanciato, nel 1964, il primo satellite italiano, il San Marco 1. Obiettivo dell'iniziativa è far conoscere e promuovere il sistema e le attività spaziali del nostro Paese, che hanno grande impatto in termini di produzione di nuova conoscenza e di innovazione tecnologica, crescita economica e valorizzazione del ruolo internazionale dell'Italia, grazie alla lunga e intensa collaborazione tra i mondi della ricerca scientifica e dell'industria. Una fruttuosa sinergia a cui l'INFN contribuisce con un ruolo di primo piano grazie alle risorse, alle competenze e alle capacità tecnologiche messe in campo nelle missioni spaziali. E sono state proprio queste ultime le protagoniste degli eventi organizzati dall'INFN in occasione della Giornata Nazionale dello Spazio, con programma di tre appuntamenti online: la "Fermi Masterclass 2021", la diretta Instagram "Spazio alla gravità" e l'incontro Youtube "Dalla lanterna allo spazio: il contributo genovese allo studio del nostro universo". In occasione dell'iniziativa, la sezione INFN di Perugia ha inoltre proposto per tutta la giornata [sulla propria pagina web](#) due video sul contributo dell'INFN e dell'Università di Perugia alle attività spaziali e i disegni dei bambini che hanno partecipato al concorso organizzato da INFN, Università di Perugia e Agenzia Spaziale Italiana "Disegniamo l'Universo". L'incontro "Spazio alla gravità" è visibile sulla [pagina Instagram dell'INFN](#) e l'evento "Dalla lanterna allo spazio" è disponibile sul [canale Youtube della sezione INFN di Genova](#). ■



## **OUTREACH**

### **AL VIA LA VI EDIZIONE DEL PROGETTO LAB2GO CON CIRCA 800 PARTECIPANTI**

Il 13 dicembre 2021 si è svolto l'evento nazionale di apertura della VI edizione di Lab2Go - Fisica, progetto PCTO dell'INFN, nato in collaborazione con Sapienza Università di Roma. Durante l'evento online è stato presentato il progetto e si è tenuta una dimostrazione di alcune attività di laboratorio.

Obiettivo di Lab2Go è avvicinare le studentesse e gli studenti alla scienza sperimentale, grazie alla riqualificazione e catalogazione dei laboratori presenti nelle loro scuole e coinvolgendoli nella formazione dei docenti e di altri studenti in merito agli esperimenti che si possono condurre in questi laboratori. Il progetto è sviluppato in sette percorsi disciplinari: fisica, chimica, biologia animale, botanica, scienze della terra, informatica e robotica, e musei scientifici.

La VI edizione di Lab2Go si è ampliata sul territorio nazionale raggiungendo 6 regioni in più e 20 nuove scuole rispetto all'anno scolastico 2020/21: in totale, quest'anno partecipano più di 70 scuole e oltre 800 studenti e studentesse da Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Lombardia, Marche, Piemonte, Sardegna, Umbria e Veneto. ■

» **FOCUS**



**DALLA FLASH THERAPY NUOVE  
SPERANZE PER LA CURA DEI  
TUMORI**

La radioterapia è una potente arma nella cura del cancro, è raccomandata al 50-60% dei pazienti oncologici, e riesce a guarire molti di essi. Tuttavia, nonostante gli enormi progressi tecnologici degli ultimi 20 anni, è ancora limitata dalla tossicità indotta dalle radiazioni sui tessuti sani. Studi preclinici allo stato iniziale hanno dimostrato che l'irradiazione a dosi di gran lunga superiori a quelle attualmente utilizzate, ma per tempi più brevi di quelli al momento praticati, riduce la tossicità indotta dalle radiazioni mantenendo equivalente l'efficacia nel contrasto al tumore: un effetto radiobiologico noto come effetto Flash. L'effetto Flash è stato evidenziato sperimentalmente su modelli animali: erogare dosi di radioterapia in tempi di frazioni di secondo (contro i minuti della radioterapia convenzionale) permette di risparmiare drasticamente i danni ai tessuti sani mantenendo inalterata l'efficacia terapeutica sul tumore. Lo sfruttamento dell'effetto Flash consentirebbe da un lato di aumentare la dose di radiazione per curare quei tumori che ancora oggi rimangono incurabili, dall'altro di ridurre gli effetti collaterali negativi a lungo termine nei pazienti con tumori curabili. I risultati sperimentali hanno sinora fornito solo dati parziali, in quanto gli esperimenti sono stati limitati dall'utilizzo di acceleratori comuni non progettati per lo scopo specifico.

È questo il contesto in cui si inserisce la decisione di Fondazione Pisa di sostenere e finanziare con 1,3 milioni di euro il progetto di ricerca *Electron Flash Therapy*, nell'ambito del quale promuovere uno studio approfondito sull'effetto Flash, una linea di ricerca su cui è stata siglata una convenzione con l'Università di Pisa, che sarà l'istituzione attuatrice del progetto insieme all'Azienda Ospedaliero-Universitaria Pisana, all'INFN e al CNR.

Il progetto ha visto come prima tappa la recente costituzione, a Pisa, del Centro Pisano Multidisciplinare sulla Ricerca e Implementazione Clinica della Flash Radiotherapy (CPFR) che unisce in modo sinergico le diverse esperienze e le competenze di eccellenza scientifiche e cliniche espresse dal territorio e che

## » FOCUS

coinvolgono l'Università di Pisa, l'Azienda Ospedaliero-Universitaria Pisana, il CNR – Istituto Neuroscienze, e la sezione INFN di Pisa. Il centro CPFR è stato istituito all'interno di CISUP (Centro per l'Integrazione della Strumentazione dell'Università di Pisa), e si candida a diventare centro di riferimento internazionale su un argomento di assoluto rilievo, sia dal punto di vista scientifico, sia delle prospettive cliniche.

Il progetto *Electron Flash Therapy* è tra i pochi nel mondo a prevedere l'utilizzo di un acceleratore specifico per la radioterapia Flash, insieme alla possibilità di unire in un unico centro competenze multidisciplinari per progettare ed eseguire esperimenti che valutino in modo accurato gli effetti, in modo da arrivare in futuro a portare l'effetto Flash nella routine clinica. Come passo fondamentale per lo sviluppo del progetto, il CPFR si sta dotando di un acceleratore lineare (LINAC) di elettroni appositamente progettato e sviluppato: sarà provvisto di elementi innovativi quali un cannone elettronico a triodo e un sistema accurato di monitoraggio della fluenza e dell'energia del fascio. Sarà in questo modo possibile condurre esperimenti riproducibili su modelli preclinici, in funzione di parametri fondamentali quali, ad esempio, il rateo di dose, la dose per impulso, il tempo di irraggiamento, il volume irraggiato. Il nuovo LINAC consentirà di variare questi parametri con continuità, e in modo indipendente, entro un ampio intervallo di valori, da quelli tipici della radioterapia convenzionale fino a valori tipici della radioterapia Flash. I risultati di questi studi multiparametrici saranno decisivi per comprendere il meccanismo alla base dell'effetto Flash.

L'INFN, con la sua esperienza e le sue competenze nello sviluppo degli acceleratori per la ricerca di base e le applicazioni alle scienze della vita, ha aderito al progetto per la creazione del CPFR, iniziativa che rientra tra le tematiche di ricerca di interesse prioritario per l'Ente, come testimoniato dal recente finanziamento di un vasto programma di ricerca e sviluppo per la traslazione clinica dell'effetto Flash. L'INFN e la sua sezione di Pisa parteciperanno alle ricerche condotte presso il CPFR con particolare riguardo allo sviluppo di strumentazione innovativa per la dosimetria dei fasci Flash ad altissima dose per impulso, e di piani di trattamento basati su simulazioni al computer con metodi Monte Carlo. I ricercatori coinvolti nelle attività sperimentali collaboreranno con il personale INFN altamente specializzato e usufruiranno di infrastrutture all'avanguardia nelle alte tecnologie e nel calcolo scientifico.

L'obiettivo finale è ambizioso: portare il progetto *Electron Flash Therapy* dalla fase di ricerca alla sperimentazione clinica della terapia. ■



### TAKE PART IN

### **FINO AL 27 FEBBRAIO 2022 – A ROMA, A PALAZZO DELLE ESPOSIZIONI, PROSEGUE LA MOSTRA INCERTEZZA**

Prosegue a Palazzo delle Esposizioni di Roma la mostra a cura dell'INFN "Incertezza. Interpretare il presente, prevedere il futuro", dedicata al tema dell'incertezza e a come la scienza abbia imparato a comprenderla e "gestirla".

La mostra è inserita nel più ampio progetto di Azienda Speciale Palaexpo "Tre Stazioni per Arte-Scienza", promosso da Roma Culture, insieme alle mostre "La Scienza di Roma" e "Ti con Zero".

Al progetto si affianca un ricco programma di eventi pubblici, il cui calendario completo è disponibile sul [sito di Palazzo delle Esposizioni](#). ■

## **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**

### **COORDINAMENTO:**

Francesca Scianitti

### **REDAZIONE:**

Cecilia Collà Ruvolo

Eleonora Cossi

Anna Greco

Matteo Massicci

Francesca Mazzotta

Francesca Scianitti

Antonella Varaschin

### **COORDINAMENTO GRAFICO E INVIO:**

Francesca Cuicchio

### **IMPAGINAZIONE:**

Gaia Stirpe

### **TRADUZIONI:**

ALLtrad

### **ICT SERVICE:**

Servizio Infrastrutture e Servizi Informatici Nazionali INFN

### **COVER:**

Fasi finali dell'integrazione della missione IXPE

### **CONTATTI:**

Ufficio Comunicazione INF  
comunicazione@presid.infn.it