



# NEWSLETTER 50

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

## INTERVISTA



### **EINSTEIN TELESCOPE: L'EUROPA VERSO L'INTERFEROMETRO GRAVITAZIONALE DI TERZA GENERAZIONE**

*Intervista con Michele Punturo, coordinatore INFN del progetto, pag. 2*

## NEWS

### **GRANT**

ERC: PREMIATO MEGANTE, PROGETTO DI RICERCA IN FISICA GRAVITAZIONALE, p. 7

### **RICERCA**

OSSERVATO L'HIGGS CHE PRODUCE BELLEZZA, p. 8

### **RICERCA**

CLAS: NUOVI RISULTATI SUL RUOLO DEI PROTONI NELLE STELLE DI NEUTRONI, p. 9

### **RICONOSCIMENTI**

A GIOVANNI GALLAVOTTI IL PREMIO POINCARÉ, p. 10

### **COMUNITÀ**

L'INFN STABILIZZA 170 DIPENDENTI, TRA RICERCATORI, TECNOLOGI, TECNICI E AMMINISTRATIVI, p. 11

## FOCUS



**DALLE SUPERNOVAE AI RADIOFARMACI: GLI ACCELERATORI POTENZIATI DEI LABORATORI DI LEGNARO, p. 12**

**» INTERVISTA****EINSTEIN TELESCOPE: L'EUROPA VERSO L'INTERFEROMETRO GRAVITAZIONALE DI TERZA GENERAZIONE**

*Intervista con Michele Punturo, coordinatore INFN del progetto*

*Si chiama ET, Einstein Telescope, e rappresenta la nuova sfida scientifica e tecnologica lanciata dall'Europa per la ricerca sulle onde gravitazionali. Prevede la costruzione di un gigantesco interferometro sotterraneo di terza generazione, già incluso nelle roadmap di istituzioni internazionali per lo sviluppo scientifico ed economico. Progettato per essere sensibile soprattutto alle basse frequenze, ET permetterà di osservare con regolarità e grande dettaglio le onde gravitazionali prodotte dalla coalescenza di corpi compatti, come buchi neri e stelle di neutroni, a distanze cosmologiche, realizzando quella che viene chiamata astronomia gravitazionale di precisione. L'osservatorio avrà una forma triangolare con tre bracci lunghi 10 km ciascuno, per un perimetro totale di circa 30 km, e sarà collocato a una profondità tra i 100 e i 300 metri, per isolarlo dai movimenti delle onde sismiche. Al momento è iniziato il processo di candidatura dei siti interessati a ospitare il futuro laboratorio, che sarà una delle infrastrutture di punta della ricerca scientifica a livello mondiale. Tra i Paesi candidati anche l'Italia con il sito di Sos Enattos, in Sardegna. Abbiamo approfondito sia gli aspetti scientifici e tecnologici del progetto ET, sia la candidatura italiana del sito sardo con Michele Punturo, coordinatore per l'INFN del progetto ET.*

**Che cos'è che fa di ET un interferometro di terza generazione? In che modo migliorerà le ricerche sulle onde gravitazionali?**

Il salto tecnologico e di disegno portato da ET permetterà un miglioramento della sensibilità di un fattore 10, con particolare attenzione alle basse frequenze prossime all'Hertz. Questo corrisponde a un volume osservabile 1000 volte più grande rispetto ai rivelatori di seconda generazione, quando raggiungeranno la loro sensibilità di disegno. Per i buchi neri questo corrisponde a poter vedere tutta la storia dell'universo, studiare l'evoluzione delle popolazioni di buchi neri e quindi

## » INTERVISTA

comprendere i meccanismi che hanno portato alla formazione dei corpi astrofisici visti da LIGO e Virgo. Grazie all'osservazione dettagliata di migliaia di coalescenze di stelle di neutroni ogni anno, ET svelerà i meccanismi della fisica nucleare che sono alla base dell'esistenza di queste stelle, meccanismi che sono indagati con altri strumenti anche al CERN con LHC. Grazie alla collaborazione con i telescopi tradizionali, nell'ambito dell'astronomia multimessaggero, ET riuscirà a verificare il modello cosmologico dell'universo, contribuendo a comprendere l'enigma della materia oscura e dell'energia oscura. Ma ET, grazie alla sua grande banda spettrale, sarà anche uno strumento di scoperta pura, cioè di osservazione di quello che oggi non conosciamo e che ci sorprenderà.

### **Quali sono le principali sfide che dovranno essere superate per la realizzazione di ET?**

Le sfide sono molte: tecnologiche, dovendo migliorare di almeno un fattore 3 le prestazioni degli apparati che compongono i rivelatori attuali, come Virgo e LIGO. Questi apparati rappresentano la punta di diamante della tecnologia che siamo stati in grado di sviluppare, e noi dovremo superarci introducendo nuove soluzioni (criogenia, nuovi materiali) e migliorando le attuali. Ingegneristiche, dovendo realizzare un'infrastruttura sotterranea, di dimensioni comparabili a LHC, con bassissimi livelli di rumore ambientale e alta sicurezza per chi ci lavora. Scientifiche, per la manipolazione dei dati e la loro comprensione scientifica dovremo sviluppare nuovi algoritmi di analisi, nuovi modelli delle sorgenti, forse nuove teorie. Finanziarie e organizzative: ET è un progetto pan-europeo del valore dell'ordine del miliardo di euro, che avrà bisogno del supporto e della collaborazione di molte nazioni ed enti.

### **Quali sinergie ci sono con altri settori della ricerca INFN come, per esempio, la fisica delle alte energie?**

È impressionante la sinergia che il mondo delle onde gravitazionali ha con la fisica nucleare e la fisica delle alte energie, dal punto di vista scientifico e tecnologico. Come già detto, le stelle di neutroni sono un laboratorio naturale di fisica nucleare dove andare a studiare la materia in condizioni di densità non raggiungibili in un esperimento e rivelare, eventualmente, nuovi stati della materia. Tramite l'emissione di onde gravitazionali da buchi neri (super-radianza) o da coalescenza di stelle di neutroni è possibile rivelare la presenza di bosoni leggeri o assioni, che potrebbero contribuire a spiegare la materia oscura o i meccanismi dell'inflazione cosmica. La verifica della relatività generale o delle teorie alternative della gravitazione, effettuabile con ET, può contribuire a comprendere il modello cosmologico dell'universo e il ruolo dell'energia oscura. D'altro canto, le tecnologie sviluppate nel mondo delle alte energie sono cruciali per ET: criogenia, impianti a ultra-

## » INTERVISTA

alto vuoto di dimensioni gigantesche, sistemi di controllo, elettronica ad alta prestazione, sistemi di acquisizione dati, computing. L'INFN ha una ricchezza incredibile di competenze in tutti questi campi, che ha consentito un ruolo di leadership nella fisica delle alte energie. ET ha bisogno di queste competenze per la sua stessa realizzazione e sicuramente garantirà all'INFN la possibilità di primeggiare ancora, nel futuro delle onde gravitazionali. Di queste sinergie si parlerà al town meeting sulla roadmap della fisica delle particelle organizzato dall'INFN il 6 e il 7 settembre, a Roma.

### **Quali caratteristiche deve avere un sito per ospitare ET? Quali sono i siti candidati?**

Nella fase di studio concettuale, abbiamo effettuato sopralluoghi in molti siti potenziali, effettuando misure di rumore sismico e ambientale. Alcuni hanno mostrato una potenziale compatibilità con le richieste imposte, legate al basso rumore sismico, alla stabilità geologica e alla bassa antropizzazione. L'attenzione si è focalizzata su tre siti, in Ungheria, in Olanda (al confine con Belgio e Germania) e in Italia, a Sos Enattos, in Sardegna.

### **Perché l'Italia ha individuato in Sos Enattos il sito adatto?**

Perché rispetta perfettamente i requisiti di ET: la Sardegna è estremamente stabile dal punto di vista geologico e presenta, nel sito di Sos Enattos, un bassissimo livello di rumore sismico. La Barbagia è una delle zone a più bassa densità umana in Europa e, poiché le attività umane generano rumore sismico al di sopra di pochi Hertz, questo rende il sito estremamente silenzioso. La roccia in cui potrebbe essere scavato ET ha ottime qualità di robustezza ed è estremamente povera d'acqua, rendendo possibile la realizzazione dell'infrastruttura. Inoltre in Sardegna ci sono notevoli competenze nell'ambito minerario, rendendo disponibile manodopera esperta e know-how locali.

### **Quali vantaggi offre ospitare un progetto scientifico come ET?**

Le infrastrutture di ricerca sono un volano per lo sviluppo culturale, infrastrutturale ed economico della regione che le ospitano. ET porterà sviluppo sia nella fase costruttiva sia in quella operativa: la costruzione dell'infrastruttura di ET sarà una attività ad alta intensità lavorativa per almeno 5 anni. Poi, in fase operativa, ET porterà nel territorio scienziati, ingegneri, tecnici e amministrativi, riqualificando una zona in forte difficoltà economica. C'è da notare che questa presenza sarà duratura nel tempo, perché gli osservatori di onde gravitazionali, a differenza di altri tipi di infrastrutture, richiedono una grande presenza umana e l'attività di ET è prevista durare alcuni decenni. ET richiede infrastrutture di supporto, come connessioni internet ad alta velocità, viabilità, alloggi. Stimolerà, inoltre, la crescita di aziende locali, per le attività di supporto e manutenzione, o

## » INTERVISTA

come spin-off tecnologici. In particolare, ET concilia due aspetti che sembrano antitetici: sviluppo e preservazione dell'ambiente. La richiesta di avere una zona a basso rumore ambientale richiederà, infatti, di vincolare la zona circostante all'interferometro, selezionando il tipo e l'impatto delle nuove infrastrutture.

### **Quali sono i Paesi che ad oggi sostengono l'Einstein Telescope?**

L'Italia è in prima linea, grazie al contributo diretto e originale dell'INFN, al supporto delle Università sarde, Sassari in primis, e all'interesse dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). La Francia contribuisce attualmente attraverso la collaborazione del *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) con l'INFN nello *European Gravitational Observatory* (EGO), il consorzio che gestisce Virgo, e che ha anche fatto da coordinatore per lo studio di progetto di ET. L'Olanda, tramite Nikhef, sta spingendo fortemente per il sito nord-europeo, coinvolgendo alcune università belghe e, in Germania, il *Max Planck Institute for Gravitational Physics* (MPG) e l'Università di Hannover. L'Istituto Wigner sponsorizza il sito in Ungheria. Le università scozzesi e inglesi (come Glasgow, Birmingham, Cardiff) appoggiano fortemente il progetto. In Spagna un rinnovato interesse sta attualmente crescendo, anche in funzione di un possibile sito vicino ai Pirenei, a Canfranc.

### **La scoperta delle onde gravitazionali e la nascita della nuova astronomia multimessaggero sono tra i filoni di ricerca più promettenti per i prossimi anni, e l'Europa vi sta investendo con ET e con il progetto LISA per un interferometro spaziale in orbita attorno al Sole. Che cosa stanno facendo le altre comunità scientifiche nel mondo, in particolare gli Stati Uniti?**

Il lavoro pionieristico di ET e la scoperta delle onde gravitazionali, con la nascita dell'astronomia multimessaggero, ha stimolato la diffusione del concetto di rivelatori di terza generazione (3G) in tutto il mondo. Negli Stati Uniti l'idea di un rivelatore 3G sta prendendo corpo grazie alla proposta del *Cosmic Explorer*, un disegno di concetto appena finanziato dalla *National Science Foundation* (NSF). Per questo motivo abbiamo costituito un coordinamento globale, chiamato GWIC-3G, per connettere e organizzare gli sforzi globali sulla scienza, la tecnologia e la gestione del futuro *network* di osservatori di terza generazione. In questo coordinamento sono confluiti gli sforzi e gli interessi di altri Paesi, come l'Australia.

### **I rivelatori di seconda generazione LIGO e Virgo stanno ultimando il loro potenziamento e presto saranno nuovamente in attività. Come sarà la collaborazione tra gli interferometri di seconda generazione ed ET?**

## » INTERVISTA

C'è una grande continuità tra le attività di Virgo e LIGO con lo sviluppo di ET e di ogni altro osservatorio di terza generazione. I rivelatori attuali hanno un piano coordinato di upgrade e di presa dati che li porterà nella prossima decade a raggiungere prima la sensibilità nominale e poi a superarla grazie all'installazione di nuove tecnologie. Questo ha un duplice effetto positivo. Primo, le tecnologie installate per gli upgrade dei rivelatori di seconda generazione costituiscono spesso un passo preliminare verso le soluzioni necessarie in ET: questo è un eccellente strumento di riduzione del rischio per ET. Inoltre, nei primi anni, ET beneficerà della presenza del *network* di seconda generazione (migliorato) collaborando con esso per la localizzazione delle sorgenti più forti, in attesa che il *network* di terza generazione sia stato completato. ■



## **GRANT**

### **ERC: PREMIATO MEGANTE, PROGETTO DI RICERCA IN FISICA GRAVITAZIONALE**

L'*European Research Council* (ERC) ha assegnato a Gabriele Rosi, ricercatore della sezione di Firenze dell'INFN uno *Starting Grant* di 1,550 milioni di euro per il progetto MEGANTE (*MEasuring the Gravitational constant with Atom interferometry for Novel fundamental physics TEsts*). MEGANTE è un progetto quinquennale per ricerche in fisica della gravitazione e consiste nella realizzazione di un nuovo apparato sperimentale dedicato alla misura della costante gravitazionale. Il nuovo apparato avrà una sensibilità superiore degli esistenti e sarà realizzato impiegando tecnologie quantistiche, come l'interferometria atomica. La misura della costante gravitazionale è considerata in campo metrologico la più difficile da realizzare ed è, infatti, la costante fondamentale conosciuta con la maggiore incertezza. Attualmente molti gruppi di ricerca, utilizzando metodi 'classici', come pendoli e bilance di torsione, stanno tentando di spingere l'accuratezza relativa verso le 10 parti per milione (ppm). L'idea del progetto MEGANTE nasce dall'esperienza maturata durante l'esperimento MAGIA dell'INFN e del Laboratorio europeo di spettroscopia non lineare (*LENS*) dell'Università di Firenze, che ha misurato in modo diretto, per la prima volta al mondo, la curvatura del campo gravitazionale. MAGIA che usa come sonde di misura atomi in caduta libera, anziché oggetti meccanici macroscopici, ha raggiunto un'accuratezza notevole, ma sarà MEGANTE a tentare il salto di qualità. ■

**RICERCA****OSSERVATO L'HIGGS CHE PRODUCE BELLEZZA**

Si tratta di un processo, previsto dal Modello Standard delle particelle, cercato a lungo: ci sono voluti, infatti, sei anni per riuscire a identificare il decadimento del bosone di Higgs in una coppia di particelle fondamentali, chiamate quark b (da *beauty* ovvero bellezza). L'osservazione, che è stata presentata il 28 agosto al CERN dalle collaborazioni scientifiche degli esperimenti ATLAS e CMS all'acceleratore LHC, conferma l'ipotesi secondo cui il campo quantico del bosone di Higgs, che pervade tutto l'universo, si accoppi anche al quark b fornendogli massa. Individuare questo canale di decadimento è stato tutt'altro che facile: vi sono, infatti, molti modi per produrre quark b nelle collisioni tra protoni. Ciò rende difficile isolare il segnale di decadimento del bosone di Higgs dal "rumore di fondo" associato a questi processi. Per isolare in modo definitivo il segnale, le collaborazioni ATLAS e CMS hanno dovuto combinare i dati del primo e del secondo ciclo di attività (*run*) di LHC, che riguardavano le collisioni alle energie di 7, 8 e 13 TeV. Il risultato, sia per ATLAS sia per CMS, è stato l'osservazione del decadimento del bosone di Higgs in una coppia di quark b con una significatività statistica superiore a 5 deviazioni standard (5 sigma). Inoltre, entrambe le collaborazioni hanno misurato un tasso di decadimento coerente con la previsione del Modello Standard, entro l'attuale precisione della misura. ■





## **RICERCA**

### **CLAS: NUOVI RISULTATI SUL RUOLO DEI PROTONI NELLE STELLE DI NEUTRONI**

Sono i protoni responsabili della componente più energetica del cuore delle stelle di neutroni. Lo studio, riportato il 13 agosto sulla rivista scientifica *Nature*, è stato ottenuto in laboratorio grazie alle osservazioni dell'esperimento CLAS all'acceleratore CEBAF del Jefferson Lab, negli Stati Uniti, con il contributo dei ricercatori italiani dell'INFN. CLAS impiega elettroni di alta energia (5 GeV, miliardi di elettronvolt) per colpire nuclei diversi, come i nuclei di carbonio, ferro e piombo, con numero di nucleoni e asimmetria neutroni-protoni via via crescente. Nell'esperimento, è stato possibile selezionare per la prima volta gli eventi in cui si sono rivelati un neutrone e un protone contemporaneamente entrambi di alto impulso, e quindi provenienti da coppie protone-neutrone interagenti. Grazie a queste osservazioni, è stato possibile concludere che la percentuale di protoni di alto impulso cresce con la densità di neutroni e, di conseguenza, l'energia cinetica media dei neutroni diminuisce in nuclei ricchi di neutroni a favore dell'energia portata dai protoni. Queste osservazioni sono rilevanti per la comprensione di quei sistemi astrofisici estremi, come le stelle di neutroni, in cui il numero di protoni, pur essendo minoritario, si dimostra così responsabile della loro parte più energetica. ■



## **RICONOSCIMENTI**

### **A GIOVANNI GALLAVOTTI IL PREMIO POINCARÉ**

Giovanni Gallavotti è stato insignito del prestigioso premio Poincaré, il principale riconoscimento internazionale per la fisica matematica, assegnato ogni tre anni. Gallavotti è stato premiato per le sue ricerche e i suoi 'eccezionali contributi in meccanica statistica, teoria quantistica dei campi, meccanica classica e sistemi caotici', come si legge nelle motivazioni pubblicate sul sito del *Poincaré Prize*. Giovanni Gallavotti è professore emerito alla Sapienza Università di Roma, membro dell'Accademia dei Lincei, e da molti anni svolge le sue ricerche in associazione con l'INFN. Gallavotti è stato, inoltre, presidente della *International Association for Mathematical Physics* ed è autore di oltre 200 pubblicazioni. Nel 1997 ha ricevuto il premio nazionale Presidente della Repubblica per la Classe di Scienze Naturali dell'Accademia Nazionale dei Lincei e, nel 2007, gli è stata assegnata la Medaglia Boltzmann, il più alto riconoscimento internazionale per contributi scientifici alla meccanica statistica. ■



## COMUNITÀ

### L'INFN STABILIZZA 170 DIPENDENTI, TRA RICERCATORI, TECNOLOGI, TECNICI E AMMINISTRATIVI

Il Consiglio Direttivo dell'INFN ha approvato a fine luglio le graduatorie finali per l'assunzione a tempo indeterminato di 170 dipendenti, tra ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi, consentita dalla Legge di Bilancio del 2018. Si è compiuto così l'atto formale che sancisce il via libera alla stabilizzazione di parte del personale che da anni lavora per l'Ente con contratti a termine. I destinatari di contratto, che costituiranno complessivamente un aumento di circa il 9,5% dei dipendenti a tempo indeterminato dell'INFN, saranno assunti formalmente dal 1° ottobre 2018. L'INFN ha potuto così garantire stabilità ai contratti del personale che era ormai parte integrante dell'attività di ricerca dell'Ente e che per molti anni è stato penalizzato dalla miope politica del quasi azzeramento del turn-over. In passato, la stessa politica ha impedito ai dipendenti che vengono ora stabilizzati di partecipare a selezioni tramite concorso per posti a tempo indeterminato, una modalità di assunzione che resta nella visione del management dell'INFN la strada maestra per entrare nel mondo della ricerca. Questo importante passo è reso possibile dall'assegnazione del fondo destinato alle stabilizzazioni, sancito dalla Legge di Bilancio 2018, che sarà poco più di 1 milione di euro nel 2018 (a decorrere da ottobre), cui dal 2019 si aggiungeranno 3,4 milioni, per un totale di 4,4 milioni annui. A regime, il personale assunto impegnerà 7,6 milioni di euro, un importo quindi superiore al finanziamento ministeriale più il dovuto cofinanziamento del 50% da parte dell'INFN, che si farà carico dell'ulteriore milione di euro annuo necessario. ■

» **FOCUS**



**DALLE SUPERNOVAE  
AI RADIOFARMACI:  
GLI ACCELERATORI  
POTENZIATI DEI LABORATORI  
DI LEGNARO**

Comprendere i processi che portano alla formazione dei nuclei pesanti all'interno delle fucine stellari è tra gli obiettivi scientifici cui si sta lavorando ai Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL) dell'INFN, grazie al complesso di acceleratori *PIAVE* (*Positive Ion Accelerator for low VELOCITY ions*) e *ALPI* (Acceleratore Lineare Per Ioni). In particolare, un fascio di piombo  $^{206}\text{Pb}$  è stato prodotto e accelerato all'energia di 1,2 GeV (Gigaelettronvolt), e fatto poi interagire con un bersaglio di stagno  $^{118}\text{Sn}$ . Il fascio di piombo è stato così utilizzato per studiare la reazione fra ioni pesanti di piombo su stagno, e i nuclei prodotti da questa reazione sono stati poi analizzati grazie a *PRISMA*: uno spettrometro magnetico appositamente progettato e costruito ai LNL per misurare con grande dettaglio alcune caratteristiche del processo di produzione di nuclei pesanti, come la distribuzione delle loro masse, la loro carica nucleare e l'energia di eccitazione. I nuclei prodotti sono stati identificati mediante l'utilizzo di specifici rivelatori, per la maggior parte a gas, che forniscono le informazioni necessarie per ricostruire la traiettoria degli ioni attraverso i campi magnetici dello spettrometro. Nel recente passato, questa tecnica era già stata utilizzata ai LNL con grande successo per lo studio della popolazione di nuclei ricchi di neutroni, accoppiando *PRISMA* con rivelatori per raggi gamma a grande efficienza, come *CLARA* e *AGATA*: in questo modo era stato possibile associare i raggi gamma, prodotti in reazioni nucleari, a nuclei non ancora studiati in precedenza. Nella reazione  $^{206}\text{Pb}+^{118}\text{Sn}$  si è indagato, in particolare, il processo di trasferimento di coppie di neutroni, che modifica la composizione isotopica sia del proiettile, sia del bersaglio. L'importanza di questo esperimento risiede nel fatto che questi processi, coinvolgendo appunto coppie di nucleoni, forniscono informazioni sulle correlazioni nucleone-nucleone, essenziali per comprendere le proprietà strutturali dei nuclei. Più generale, l'utilizzo dei fasci di piombo e di ioni molto pesanti è importante

## » FOCUS

per lo studio della popolazione di nuclei ricchi di neutroni. Lo studio dettagliato dei meccanismi di produzione di questi nuclei e delle loro proprietà è di grande rilievo per l'astrofisica e per i modelli di evoluzione delle stelle. In certe regioni della carta dei nuclidi è, infatti, molto forte la competizione fra il processo di decadimento beta, che genera nuclei verso la cosiddetta valle della stabilità (dove si collocano i nuclei più stabili, appunto), e il processo chiamato di "cattura rapida neutronica", che porta alla formazione nelle strutture stellari, come per esempio nelle supernovae, di nuclei via via più ricchi di neutroni. Il fascio utilizzato per l'esperimento è stato generato in modo stabile da una sorgente a risonanza di ciclotrone a 14.4 GHz, ed è stato poi accelerato grazie ai quadrupoli a radiofrequenza e ai risonatori a quarto d'onda: tutte componenti superconduttive, che operano a -269 °C, degli acceleratori PIAVE e ALPI. La combinazione PIAVE-ALPI ha consentito di superare i 90 nA (nanoAmpere) di corrente di fascio per gran parte della misura, durata 10 giorni. Queste misure sono il risultato di un importante lavoro di potenziamento degli RFQ superconduttivi, che ora superano le specifiche per le quali erano stati progettati e vedono incrementata la loro affidabilità. Inoltre, è stato ammodernato il sistema di controllo dei criostati e dell'impianto di refrigerazione di ALPI. Mentre, l'aggiornamento dei sistemi di controllo della radiofrequenza, del trasporto e della diagnostica del fascio, nonché l'allineamento dell'acceleratore con tecnologia laser, hanno permesso un trasporto del fascio più efficiente lungo l'acceleratore. Molte di queste migliorie sono funzionali anche all'impiego di ALPI per i fasci esotici riaccelerati del futuro progetto multidisciplinare dei Laboratori di Legnaro, SPES (*Selective Production of Exotic Species*), che prevede la realizzazione di un apparato altamente innovativo per generare e accelerare nuclei non stabili su bersagli fissi. SPES aprirà la strada a importanti ricerche di fisica di base, come lo studio di reazioni nucleari e di isotopi nucleari ancora poco conosciuti, e al contempo consentirà l'impiego in altri settori, come la produzione di radiofarmaci. ■

## **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**

### **COORDINAMENTO:**

Francesca Scianitti

### **REDAZIONE**

Eleonora Cossi

Francesca Mazzotta

Francesca Scianitti

Antonella Varaschin

### **GRAFICA:**

Francesca Cuicchio

### **CONTATTI**

[Ufficio Comunicazione INFN](#)

[comunicazione@presid.infn.it](mailto:comunicazione@presid.infn.it)

+ 39 06 6868162

### **Immagine di copertina**

Criostato dell'acceleratore PIAVE ai Laboratori Nazionali di Legnaro © LNL - INFN

---