



# NEWSLETTER 83

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



## INTERVISTA

### IL CACCIATORE DI ANTIMATERIA AMS-02 COMPIE 10 ANNI

*Intervista a Samuel Ting, Premio Nobel per la fisica nel 1976 e responsabile internazionale della Collaborazione Scientifica di AMS, p. 2*

## NEWS

### RICONOSCIMENTI

A BOREXINO IL PRESTIGIOSO COCCONI PRIZE 2021, p. 7

### ACCORDI

INIZIA ALL'UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA L'UPGRADE DELLA SORGENTE A RAGGI X DI STAR, p. 8

### ACCORDI DI RICERCA

I QUANTUM BIT ACCENDONO IL MOTORE DELL'INNOVAZIONE, p. 9

### RICERCA TECNOLOGICA

I.FAST APRE LA STRADA AGLI ACCELERATORI DI NUOVA GENERAZIONE, p. 10

IL SILENZIO COSMICO RENDE I COMPUTER QUANTISTICI PIU' PERFORMANTI, p. 13

### RICERCA

IN PISCINA PER TESTARE L'ELETTRONICA DI JUNO, p. 11

DAMPE, UNA NUOVA MISURA DI PRECISIONE DEL FLUSSO DI NUCLEI DI ELIO AD ALTE ENERGIE NEI RAGGI COSMICI p. 12

PREX-II DIMOSTRA L'ESISTENZA DELLA PELLE DI NEUTRONI NEI NUCLEI DI PIOMBO, p. 14

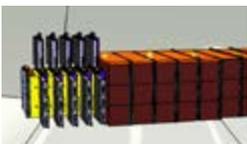
### PUBLIC ENGAGEMENT

AMEDEO BALBI SI AGGIUDICA IL PREMIO ASIMOV 2021 CON UNA GIURIA DI QUASI 10.000 STUDENTI, p. 15

## TAKE PART IN

LA FISICA TRA LE ONDE: LA FISICA DELL'ENERGIA RACCONTATA AI BAMBINI DAI BAMBINI, p. 16

UN VIAGGIO NEL CUORE DELLA MONTAGNA: VISITA AI LABORATORI DEL GRAN SASSO, p. 16



## FOCUS

LHC: IL CERN APPROVA L'ESPERIMENTO SDN@LHC, p. 13

## » INTERVISTA



### **IL CACCIATORE DI ANTIMATERIA AMS-02 COMPIE 10 ANNI**

*Intervista a Samuel Ting, Premio Nobel per la fisica nel 1976 e responsabile internazionale della Collaborazione Scientifica di AMS.*

*Lo scorso 19 maggio, l'Alpha Magnetic Spectrometer AMS-02, il più grande rivelatore di particelle in funzione nello spazio, ha festeggiato il suo decimo compleanno. Ospitato sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS), dove è stato trasportato e installato nel 2011, l'esperimento continua con successo la sua missione scientifica. Lo studio dei raggi cosmici, le particelle che sono messaggeri dei fenomeni astrofisici nell'universo, è il suo obiettivo principale. In occasione di questo compleanno, abbiamo incontrato il responsabile internazionale della Collaborazione Scientifica AMS e ideatore dell', il premio Nobel Samuel Ting.*

### **Come è nato il progetto di costruire un grande esperimento, come l'Alpha Magnetic Spectrometer, a bordo della Stazione Spaziale Internazionale?**

All'inizio degli anni '90, stavo lavorando nel mio giardino, e pensavo "mi sono occupato di fisica delle particelle per tutta la vita, dovrei fare qualcosa di diverso, qualcosa di cui non so nulla". Poi mi è venuto in mente che molti anni prima avevo lavorato a un esperimento che ha scoperto l'antideutone (una particella composta da un antiprotone e da un antineutrone; l'antideutone è stato scoperto nel 1965 indipendentemente da un gruppo di ricerca guidato da Antonino Zichichi al CERN e da un team della *Columbia University*, di cui faceva parte Samuel Ting, al *Brookhaven National Laboratory*, N.d.R.) e ho iniziato a pensare: "se l'universo è nato da un Big Bang, all'inizio, ci dovrebbe essere stata la stessa quantità di materia e antimateria. Dov'è dunque l'universo fatto di antimateria?" Ho pensato quindi di provare a mettere uno spettrometro magnetico nello spazio per cercare di rispondere a questa domanda. Ed è così che è iniziato questo esperimento anche se, all'epoca, non avevo nessuna esperienza con lo spazio.

## » INTERVISTA

### **È stato difficile progettare e costruire un esperimento da installare nello spazio senza alcuna esperienza pregressa in questo campo? Come siete riusciti a portare AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale?**

All'inizio, in effetti, è stato abbastanza difficile perché non avevo idea del fatto che nello spazio il peso è molto importante. Sulla Terra si può costruire uno spettrometro di migliaia di tonnellate, ma nello spazio lo scenario è completamente diverso. Sollevare un chilogrammo nello spazio implica un costo enorme. Un'altra sfida da tenere a mente quando si progetta un esperimento spaziale è il fatto che non è possibile ripararlo una volta operativi.

Fortunatamente, avevo molti amici, tra cui Antonino Zichichi, Roberto Battiston e Bruna Bertucci, dell'INFN, e molti altri. Così, insieme a ricercatori italiani, ma anche di molti altri paesi, come la Germania e la Francia, abbiamo deciso di proporre questo esperimento. Il 9 maggio 1994, ho parlato con il capo della NASA, Daniel Goldin, che ha subito compreso il valore del nostro esperimento: riteneva fosse adatto alla Stazione Spaziale Internazionale, ma, dato che non avevamo esperienza nello spazio, ci ha suggerito di eseguire un primo esperimento su uno *space shuttle*. Poi, se questo avesse avuto successo, avremmo potuto installare l'esperimento sulla Stazione Spaziale Internazionale. Abbiamo quindi costruito molto rapidamente il rivelatore per lo *space shuttle*. Ci abbiamo impiegato solo poco più di due anni, quando la NASA pensava che ce ne sarebbero voluti dieci, e AMS-01 ha volato sullo *space shuttle*.

Dopo questo successo, la NASA ha proposto di installare lo stesso rivelatore sulla Stazione Spaziale Internazionale. Tuttavia, abbiamo pensato che fosse meglio costruire un rivelatore super preciso per la stazione spaziale e ci sono voluti quasi dieci anni per costruirlo. In sostanza, è così che AMS-02 si trova nello spazio.

La storia di AMS è fortemente intrecciata alla storia dei raggi cosmici e della fisica delle particelle.

### **Come ha fatto questo esperimento a dare un nuovo impulso allo studio della fisica delle particelle dallo spazio?**

I raggi cosmici sono stati scoperti nel 1911 da Victor Hess, che ha ricevuto il premio Nobel per la fisica nel 1936. Questa scoperta ha aperto la strada alla rivelazione di molte particelle elementari, come il positrone, scoperto dal premio Nobel Carl Anderson e il pione, scoperto da Cecil Powell, a sua volta premiato con il Nobel.

Essenzialmente, prima dello sviluppo degli acceleratori, molte particelle elementari sono state scoperte nello spazio e, dopo la costruzione dei primi acceleratori, molti fisici hanno spostato la loro attenzione su queste potenti macchine. Ma ora, poiché gli acceleratori diventano sempre più grandi e costosi, molti

## » INTERVISTA

ricercatori stanno gradualmente tornando allo spazio.

In passato, la gente andava nello spazio usando palloni aerostatici e satelliti, ma questi due metodi presentano degli svantaggi. I palloni sono solo per missioni di breve durata, perché di notte, quando la temperatura scende, un pallone tende a tornare a terra; mentre, è difficile installare un grande magnete su un satellite.

Prima di AMS, c'erano quindi molti esperimenti che raccoglievano dati dallo spazio, ma la maggior parte di questi riusciva a eseguire misure solo a basse energie e con grandi incertezze (dal 30 al 50%), fatta eccezione per l'esperimento PAMELA che ha svolto un ottimo lavoro. AMS è, invece, un rivelatore molto più grande, molto più preciso, e quindi ci permette di esaminare i raggi cosmici con una precisione molto maggiore. Ci permette di vedere cose totalmente diverse, come se ora stessimo finalmente osservando il cielo con un telescopio anziché a occhio nudo.

### **Quali sono i principali risultati scientifici che l'esperimento AMS ha conseguito in questi dieci anni di raccolta dati?**

In questi dieci anni, grazie a tutti gli sforzi dei ricercatori di AMS, delle sezioni INFN e delle Università italiane di Perugia, Milano, Roma, Trento, Bologna e Pisa, insieme ai colleghi di Stati Uniti, Germania e molti altri Paesi, abbiamo sostanzialmente cambiato la nostra comprensione dei raggi cosmici. Nessuno dei nostri risultati concorda con i modelli teorici e la ragione è molto semplice: in precedenza i modelli teorici dovevano accordarsi a esperimenti con una precisione molto più bassa di AMS. Ora, con i nostri dati, i modelli sono costantemente in evoluzione, costantemente in cambiamento.

Vi faccio un esempio molto semplice relativo ai positroni, gli antielettroni. Il primo esperimento a osservare che il tasso di positroni sale gradualmente, con l'aumento dell'energia, è stato HEAT, un esperimento su pallone aerostatico. Dopo HEAT, la stessa tendenza è stata osservata da AMS-01, il nostro esperimento che ha volato sullo space shuttle, e dagli esperimenti PAMELA e Fermi. Tuttavia, con AMS-02, dopo 10 anni di dati, stiamo osservando che il tasso di positroni sale fino a un'energia di 300 miliardi di eV e poi cala. Quindi, raggiunge un massimo e poi diminuisce: questo è un comportamento totalmente inaspettato e ci sono due possibili spiegazioni. Una è che questi positroni provengano da pulsar (stelle di neutroni rotanti con un forte campo magnetico), perché, quando un fotone interagisce con il forte campo magnetico di una pulsar, produce una coppia elettrone-positrone. Tuttavia, al momento, stiamo iniziando a osservare che il flusso di antiprotoni è molto simile a quello dei positroni e molto probabilmente questo non può essere spiegato con le pulsar: le coppie protone-antiprotone non possono essere prodotte nelle pulsar poiché la massa dei fotoni è troppo bassa per produrre i pesanti protoni e antiprotoni.

La seconda possibile spiegazione è la materia oscura. Ci sono molti modelli di materia oscura. Se si assume

## » INTERVISTA

l'esistenza di particelle di materia oscura con una massa di 1 TeV, queste produrranno positroni ma anche antiprotoni, quando si scontrano. Quest'ultima spiegazione sembra adattarsi ai nostri dati. Tuttavia, questo non è ancora sufficiente: dobbiamo ottenere più dati e verificare se c'è un gran numero di positroni a energie più alte, perché una particella di materia oscura con una massa di 1 TeV non sarebbe in grado di produrre positroni con energie superiori a 1 TeV. Ecco perché continuiamo a raccogliere dati al di sopra di 1 trilione di eV e infatti cominciamo a osservare che il numero di positroni scende alle energie più alte. Un'osservazione piuttosto emozionante!

Un altro comportamento totalmente inaspettato che abbiamo osservato con AMS-02 è legato agli elementi della tavola periodica. Nei raggi cosmici, gli elementi possono essere divisi in due gruppi. Un gruppo è chiamato "raggi cosmici primari": sono prodotti direttamente dall'esplosione delle stelle e comprendono idrogeno, carbonio, ossigeno o ferro. Poi, c'è un secondo gruppo, i "raggi cosmici secondari" (litio, berillio, boro e fluoro), che sono prodotti dall'interazione dei raggi cosmici primari con un mezzo.

Abbiamo studiato i diversi elementi in funzione di una proprietà chiamata "rigidità" e abbiamo osservato che i raggi cosmici primari e secondari sono caratterizzati da diverse distribuzioni di rigidità. Tutti i raggi cosmici primari hanno un comportamento simile tra loro e possono essere raggruppati in due sottoclassi, corrispondenti a elementi leggeri e pesanti. Allo stesso modo, tutti i raggi cosmici secondari hanno una tendenza simile, se si considera la rigidità, e possono essere raggruppati in due diverse sottoclassi. Tuttavia, solo poche settimane fa, abbiamo scoperto che esiste una terza classe di raggi cosmici, con una distribuzione di rigidità che non segue né quella dei primari né quella dei secondari: questi raggi cosmici (come l'azoto, il sodio, l'alluminio) sono in parte di origine primaria e in parte di origine secondaria. Quindi, abbiamo scoperto che c'è una nuova classe tra i raggi cosmici primari e secondari, non prevista da nessuna teoria: i nostri dati basati su 175 miliardi di raggi cosmici sono in disaccordo con quanto ipotizzato.

Un'ultima osservazione dell'esperimento AMS che vorrei menzionare è legata al flusso di raggi cosmici, di radiazione. A basse energie, ben al di sotto di 100 GeV, il flusso dei raggi cosmici cambia violentemente ogni giorno, ogni mese, ogni anno. Questa osservazione è di grande importanza per i viaggi umani sulla Luna o su Marte perché questa radiazione potrebbe essere molto dannosa per la salute degli astronauti, se non capiamo come funziona e si comporta. Fortunatamente, AMS prenderà dati fino al 2028 e quindi esaminerà un ciclo solare lungo 11 anni, così potremmo sapere se dopo 11 anni, il flusso di radiazione si ripete o meno.

### **Come vede il futuro dell'esperimento AMS? Quali altri risultati si aspetta di raggiungere?**

Penso che nei prossimi 20 anni non ci sarà nessun altro spettrometro magnetico così preciso nello spazio, quindi è nostro obbligo assicurarci di non fare errori nell'analisi dei nostri dati. Tutte le nostre analisi sono condotte contemporaneamente da due o tre gruppi internazionali indipendenti. Solo se tutti i gruppi sono

## » INTERVISTA

d'accordo tra loro pubblichiamo i risultati.

Finora, nessuno dei nostri risultati è in accordo con le previsioni teoriche, quindi è difficile vedere il futuro. Tuttavia, abbiamo ancora bisogno di misurare le proprietà di circa 10 elementi vicino al ferro e sopra il ferro, quindi un obiettivo è quello di studiare tutti gli elementi della tavola periodica fino alla regione del ferro. Un altro grande obiettivo è quello di misurare il flusso di positroni e antiprotoni a energie molto alte e verificare se davvero diminuisce molto rapidamente dopo una certa energia per vedere se provengono davvero dalla materia oscura o da qualcos'altro. Per quanto riguarda l'antimateria, stiamo anche cominciando a vedere tracce di antimateria pesante, quindi uno dei nostri obiettivi futuri è capire quanti antielio, anticarbonio, antiossigeno vedremo.

Queste sono domande fondamentali, quindi ci vorrà molto tempo per trovare le risposte.

Lasciatemi aggiungere un'ultima cosa, per me è sempre stato un grande piacere lavorare con ricercatori italiani e dell'INFN, l'Italia ha sempre avuto una buona tradizione in fisica e mi è sempre piaciuto lavorare con questi grandi collaboratori. ■



## RICONOSCIMENTI

### A BOREXINO IL PRESTIGIOSO COCCONI PRIZE 2021

L'EPS *European Physical Society* ha conferito alla Collaborazione scientifica Borexino il prestigioso *Giuseppe e Vanna Cocconi Prize 2021*. L'importante riconoscimento internazionale, istituito nel 2011 e che viene assegnato con cadenza biennale per contributi eccezionali alla fisica astroparticellare e alla cosmologia, è andato all'esperimento Borexino dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN "per le sue rivoluzionarie osservazioni dei neutrini solari prodotti dalla catena pp e dal ciclo CNO, che hanno fornito prove uniche e complete a dimostrazione che il Sole funziona come un motore a fusione nucleare", come si legge nella motivazione dell'EPS.

Il premio conferma il grande successo dell'intensa attività scientifica e di sviluppo tecnologico della Collaborazione Borexino, che si è svolta sull'arco di oltre tre decenni. Immerso nel silenzio cosmico dei Laboratori sotterranei del Gran Sasso, sin dall'inizio della sua produzione di dati, il 15 maggio 2007, Borexino ha dimostrato di possedere un livello di radiopurezza talmente elevato da rappresentare un *unicum* nel suo campo di ricerca. È stato grazie a questa caratteristica, conseguita con lo sviluppo di metodi innovativi per la radio-purificazione, nonché con un lavoro lungo e accurato di selezione e di sviluppo di tutti i suoi componenti durante la fase costruttiva, che Borexino, frutto dell'intensa cooperazione fra Italia, Germania, Francia, Polonia, Stati Uniti e Russia, è riuscito a ottenere i risultati evidenziati nella motivazione del premio Cocconi: la prima osservazione spettroscopica, in tempo reale e nel medesimo apparato sperimentale, dei neutrini solari provenienti dalla catena di fusione protone-protone, e la prima rivelazione dei neutrini dal ciclo di fusione CNO. ■

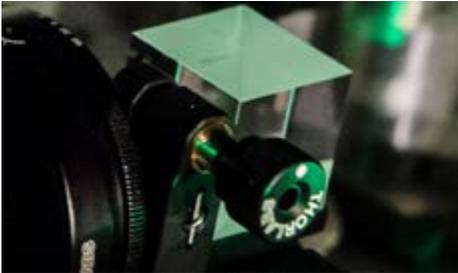


## ACCORDI

### INIZIA ALL'UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA L'UPGRADE DELLA SORGENTE A RAGGI X DI STAR

L'Università della Calabria e l'INFN hanno firmato un accordo contrattuale per il potenziamento della sorgente a raggi X di STAR, l'infrastruttura di ricerca dell'Università della Calabria dedicata all'analisi avanzata dei materiali. L'accordo è finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca in attuazione dell'Azione II.1 del PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

L'INFN, in linea con la sua missione specifica di favorire l'impiego, lo sviluppo innovativo e la valorizzazione delle proprie tecnologie nelle grandi infrastrutture scientifiche, ed in particolare quelle maturate nel settore degli acceleratori di particelle, doterà la sorgente a raggi X di STAR di caratteristiche uniche nel panorama europeo, permettendo l'utilizzo di due distinte linee di fascio (beamlines) che opereranno ad energie e su materiali differenti. Una linea di alta energia (fino a 350 keV) sarà dedicata alle indagini non invasive e non distruttive di oggetti e dispositivi, anche in condizioni operative. La seconda linea, di bassa energia (fino a 160 keV) sarà invece dedicata all'indagine della materia biologica e, in generale, dalla cosiddetta materia molle (polimeri, bio-materiali). STAR è concepita come una *facility* aperta ad utenti esterni che sfrutta il vantaggio di operare all'interno di un grande campus universitario. I ricercatori ospiti dell'infrastruttura potranno condurre i loro esperimenti nelle stazioni sperimentali di STAR anche in sinergia con altri centri internazionali e avranno l'opportunità di preparare i loro campioni e avviare immediatamente l'analisi dei dati ottenuti direttamente nei sei laboratori di supporto che completano l'offerta dell'infrastruttura. ■



## ACCORDI DI RICERCA

### I QUANTUM BIT ACCENDONO IL MOTORE DELL'INNOVAZIONE

Università di Trento, Fondazione Bruno Kessler e INFN hanno firmato un accordo per condividere il progetto Q@TN per realizzare, a Trento, un polo di riferimento per la ricerca e le tecnologie quantistiche a livello italiano ed europeo e costruire un ecosistema delle tecnologie quantistiche che sia motore di innovazione. Il laboratorio coprirà l'intera filiera dell'innovazione, dalla formazione universitaria allo sviluppo di nuovi dispositivi fino alla prototipazione di sistemi pronti per l'industrializzazione. La firma segna il passaggio a una fase nuova per il laboratorio, nato all'Università di Trento nel 2017 dalla collaborazione tra Università di Trento, Fondazione Bruno Kessler e Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), con il sostegno della Provincia autonoma di Trento e della Fondazione Caritro.

Nei primi anni di attività Q@TN dà conto di 4 milioni e mezzo di finanziamenti ottenuti per progetti di ricerca, il deposito di cinque brevetti, oltre 55 pubblicazioni scientifiche e 24 studenti e studentesse del programma transdisciplinare di dottorato in *Quantum Sciences and Technologies*. Come primo atto della nuova fase, il laboratorio promuove un bando per l'accesso a risorse di calcolo su computer quantistici messi a disposizione dal Cineca per sostenere progetti di ricerca e sviluppo in collaborazione tra le varie strutture di Q@TN.

Una delle prossime mosse sarà aprire l'infrastruttura tecnologica di Q@TN, il *Quantum Technology Hub di Fbk*, alla ricerca italiana perché possa sperimentare concetti e idee nuove su piattaforme tecnologiche avanzate con l'obiettivo di realizzare dispositivi quantistici nuovi. Questa infrastruttura sarà anche utilizzata dai ricercatori dell'INFN per contribuire allo sviluppo di rivelatori di altissima precisione per esperimenti di fisica fondamentale. ■



## RICERCA TECNOLOGICA

### I.FAST APRE LA STRADA AGLI ACCELERATORI DI NUOVA GENERAZIONE

È stato inaugurato il 4 maggio 2021, nel corso di un evento online, I.FAST, il programma europeo dedicato a rafforzare l'integrazione tra i laboratori europei impegnati nella ricerca e sviluppo di tecnologie per gli acceleratori di particelle. Coordinato dal CERN, I.FAST sarà finanziato dalla commissione europea con 10 milioni di euro per i prossimi quattro anni e vedrà un decisivo contributo dell'INFN. I.FAST proseguirà sulla strada tracciata da ARIES, l'attuale programma europeo di riferimento per il finanziamento della attività incentrate sulla fisica degli acceleratori, promuovendo e supportando differenti linee di ricerca. Per l'Italia, l'INFN coordinerà lo sviluppo di tecnologie per magneti superconduttori destinati all'adroterapia e gli studi sulle cavità a radiofrequenza e sulle nuove tecniche di accelerazione. In particolare, l'INFN guiderà i progetti dedicati a comprendere le potenzialità del sistema di accelerazione delle particelle basato sul plasma e al trasferimento tecnologico di materiali e metodologie di fabbricazione innovative, quali l'*additive manufacturing*, per la realizzazione delle linee di fascio. Il programma I.FAST finanzierà inoltre l'accesso transnazionale a diverse infrastrutture per i test e distribuirà risorse alle collaborazioni e alle reti di ricercatori impegnate negli studi su paradigmi alternativi di creazione e accelerazione di particelle ad altissime energie, come quelli volti a verificare la realizzabilità di un collisore di muoni (*muon collider*), coordinati anch'essi dall'INFN.

Le strutture INFN che prenderanno parte a I.FAST sono i Laboratori Nazionali di Frascati e Legnaro, il Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata di Milano e le sezioni di Genova, Padova, Roma 1 e Torino, le quali saranno supportate dal servizio calcolo e reti della sezione di Ferrara. ■



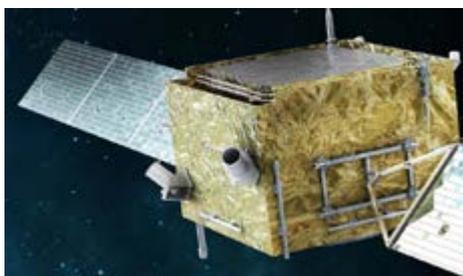
## RICERCA

### IN PISCINA PER TESTARE L'ELETTRONICA DI JUNO

Dal 23 al 25 maggio le ricercatrici e i ricercatori della Sezione INFN di Padova e dell'Università di Padova hanno collaudato con successo l'elettronica di acquisizione dati del rivelatore JUNO (*Jiangmeng Underground Neutrino Observatory*), esperimento di fisica del neutrino di prossima generazione in fase di costruzione nel sud della Cina, nella regione del Guangdong. Svolti nell'ambito del progetto di sviluppo e realizzazione della componente elettronica del rivelatore, di cui l'INFN è capofila insieme alla *Chinese Academy of Science*, i test hanno avuto luogo nell'impianto Y-40 di Montegrotto Terme (PD), la piscina di acqua termale più profonda del mondo. Il contesto è simile a quello in cui opererà l'elettronica di JUNO: un serbatoio contenente 20.000 tonnellate di scintillatore liquido, un mezzo in grado di evidenziare il passaggio di neutrini attraverso l'emissione di fotoni, questi ultimi rivelati da oltre 40.000 fotomoltiplicatori. Una volta completato, JUNO, che sarà il più grande rivelatore del suo genere al mondo, misurerà con una precisione senza precedenti l'energia dei neutrini prodotti in due centrali nucleari, al fine di studiare e spiegare la differenza tra le masse delle tre tipologie (sapori) di neutrini esistenti in natura (gerarchia di massa).

Oltre al fondamentale impegno nello sviluppo e nella realizzazione dell'elettronica dei fotomoltiplicatori, l'INFN è uno dei membri internazionali della collaborazione JUNO, a cui partecipa attraverso le sezioni di Padova, Ferrara, Catania, Milano, Milano Bicocca, Perugia, Roma 3 e i Laboratori Nazionali di Frascati (LNF). Il progetto dell'elettronica è stato annoverato dal Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale (MAECI) tra i progetti di Grande Rilevanza Italia-Cina nel 2018 e finanziato congiuntamente alla *National Natural Science Foundation of China* (NSFC) per il triennio successivo. Il progetto è nato e si è sviluppato all'interno dalla collaborazione tra la Sezione di Padova dell'INFN e l'*Institute of High Energy Physics* (IHEP) di Pechino.

■



## RICERCA

### **DAMPE, UNA NUOVA MISURA DI PRECISIONE DEL FLUSSO DI NUCLEI DI ELIO AD ALTE ENERGIE NEI RAGGI COSMICI**

La collaborazione dell'esperimento satellitare DAMPE (*DARk Matter Particle Explorer*), che vede un importante contributo dell'INFN, ha misurato con un'accuratezza senza precedenti il flusso di nuclei di elio nei raggi cosmici fino ad altissime energie (80 TeV). Il risultato, che aumenta la precisione delle misure analoghe effettuate nel passato da altre missioni spaziali, è stato pubblicato il 18 maggio 2021 sulla rivista *Physical Review Letters* (PRL). Oltre a confermare un'attenuazione nella diminuzione del flusso all'aumentare dell'energia intorno al TeV, i dati raccolti dal rivelatore hanno messo in evidenza, per la prima volta, una più rapida diminuzione (*softening*) del flusso a energie di 34 TeV, pari a circa 34.000 volte l'energia corrispondente alla massa a riposo di un protone. Il risultato, ottenuto analizzando l'intero set di dati acquisiti da DAMPE fino alla metà del 2020, potrà contribuire a elaborare modelli teorici più accurati per la descrizione delle sorgenti di raggi cosmici e dei meccanismi di diffusione di questi ultimi nel mezzo interstellare.

Lo scopo di DAMPE, lanciato in orbita nel dicembre 2015 dall'Agenzia spaziale cinese, è cercare la sfuggente materia oscura, studiando le particelle di alta energia di origine astrofisica. DAMPE è anche in grado di studiare le sorgenti di raggi gamma galattiche ed extragalattiche, distinguendo i fotoni cosmici dalle particelle cariche e misurandone direzione di arrivo ed energia con grande precisione. Misure fondamentali nella ricerca di particelle che possono essere generate dalla materia oscura che si ipotizza pervada tutta la galassia. L'esperimento è frutto di una collaborazione internazionale tra l'INFN, con le sezioni di Perugia, Bari, Lecce e il gruppo collegato dell'Aquila, la *Chinese Academy of Sciences* (CAS), le Università di Perugia, Bari e del Salento, il *Gran Sasso Science Institute* e l'Università di Ginevra. Nella collaborazione DAMPE operano oltre 100 tra scienziati, dottorandi e tecnici. ■



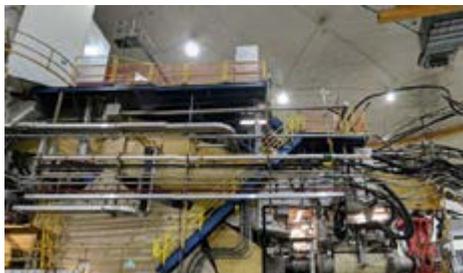
## RICERCA TECNOLOGICHE

### IL SILENZIO COSMICO RENDE I COMPUTER QUANTISTICI PIU' PERFORMANTI

Nel lavoro pubblicato su [Nature Communications](#), un gruppo di ricercatori dell'INFN del *Karlsruhe Institute of Technology* (Germania) ha testato il funzionamento di un circuito superconduttore in regime quantistico posizionato all'interno dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN, dimostrando che proteggendo un qubit superconduttore dagli effetti della radioattività naturale le sue prestazioni migliorano in modo significativo.

Ai LNGS, la schermatura naturale offerta da 1400 metri di roccia consente di ridurre il flusso dei raggi cosmici di circa un milione di volte rispetto ai laboratori di superficie, offrendo un contesto unico al mondo per le sue caratteristiche di radiopurezza. Lo studio è stato sviluppato nell'ambito del progetto DEMETRA, un finanziamento dell'INFN dedicato ai giovani ricercatori neoassunti, con l'obiettivo di comprendere ed eliminare una delle sorgenti di disturbo per i qubit: la radioattività naturale.

Ed è proprio per le caratteristiche uniche dei LNGS, in termini di infrastruttura criogenica e di ambiente a bassissima radioattività naturale, che il progetto [SQMS \(\*Superconducting quantum materials and systems center\*\)](#), per lo sviluppo di un nuovo computer quantistico, ha deciso di investire nello sviluppo di una struttura ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso proprio per testare i suoi dispositivi. SQMS è coordinato dal Fermilab di Chicago e finanziato dal *Department of Energy* (DoE) degli Stati Uniti e l'INFN è l'unico partner non statunitense. ■



**RICERCA TECNOLOGICHE**  
**PREX-II DIMOSTRA L'ESISTENZA DELLA PELLE DI NEUTRONI NEI NUCLEI DI PIOMBO**

L'esistenza della "pelle" di neutroni in nuclei pesanti in cui il numero di neutroni eccede quello dei protoni è stata recentemente confermata da una ricerca pubblicata sulla rivista *Physical Review Letters* il 28 aprile 2021 dalla collaborazione PREX-II, esperimento ospitato al Jefferson Lab, il centro di ricerca statunitense dedicato alla fisica delle particelle, con sede in Virginia, che vede tra i suoi membri l'INFN. La "pelle" si presenterebbe come un guscio uniforme composto dai neutroni in eccesso, che circonda un agglomerato di protoni e neutroni. Lo studio ha inoltre dimostrato come, nei nuclei di piombo 208, il più diffuso e stabile isotopo di questo elemento, lo spessore dello strato esterno di neutroni sia superiore rispetto a quanto finora ipotizzato. I dati raccolti da PREX-II hanno consentito di misurare con inedita precisione lo spessore della pelle di neutroni, definita dal punto di vista quantitativo come la differenza tra il raggio della distribuzione dei neutroni e il raggio della distribuzione dei protoni. Questa peculiare configurazione dei neutroni negli elementi più pesanti della tavola periodica è il risultato dell'azione delle forze che agiscono all'interno dei nuclei atomici, che tendono, in maniera contrastante, a minimizzare la superficie di questi ultimi (tensione superficiale) e a spingere verso l'esterno i neutroni in eccesso per bilanciare l'energia necessaria a mantenere coesi i nuclei stessi (energia di simmetria).

Il risultato della collaborazione PREX-II è di notevole importanza anche per l'astrofisica perché fornisce preziose indicazioni per comprendere meglio le caratteristiche delle stelle di neutroni, il cui raggio è determinato proprio dalla pressione di simmetria, responsabile della pelle di neutroni nei nuclei del piombo. La misura di questa grandezza fisica consentirà inoltre di descrivere con maggiore precisione anche le deformazioni a cui una stella di neutroni è soggetta per effetto del campo gravitazionale indotto da un'altra stella, nei fenomeni di fusione di questi corpi celesti. ■



## PUBLIC ENGAGEMENT

### AMEDEO BALBI SI AGGIUDICA IL PREMIO ASIMOV 2021 CON UNA GIURIA DI QUASI 10.000 STUDENTI

*L'ultimo orizzonte. Cosa sappiamo dell'universo* di Amedeo Balbi è il libro più apprezzato dalle migliaia di studenti che hanno costituito la

giuria della sesta edizione del Premio ASIMOV, il premio di divulgazione scientifica promosso dall'INFN. "Il saggio si è rivelato una preziosa esperienza di confronto con la realtà scientifica, un'ottima guida per riuscire a cogliere i nessi tra le formule in copertina e il bizzarro mondo che descrivono". Sono le parole della recensione di Leonardo Rapposelli, del Liceo Classico Gian Battista Vico di Chieti, che insieme a quasi 10.000 studenti e studentesse ha fatto parte della giuria che ha letto e recensito i 5 libri finalisti, selezionati dalla Commissione Scientifica del premio tra quelli pubblicati negli ultimi due anni.

Con la cerimonia nazionale del 29 maggio si è conclusa la sesta edizione del Premio ASIMOV, che ha registrato quasi il triplo degli studenti rispetto all'anno scorso, da circa 200 scuole di 15 regioni italiane, e una sempre più solida collaborazione tra la scuola e il mondo della ricerca, dell'università e della cultura. Per capire quale sia il libro più apprezzato dagli studenti, le recensioni sono state lette e valutate dalle Commissioni Scientifiche Regionali, a cui hanno partecipato quasi 700 insegnanti, ricercatori e ricercatrici dell'INFN, delle Università e del CNR, ma anche giornalisti, scrittori ed esponenti del mondo della cultura scientifica e letteraria.



### TAKE PART IN LA SCIENZA RACCONTATA AI PIÙ PICCOLI CON FISICA X KIDS

La fisica tra le onde è una nuova serie di 10 video di fisica per bambini (6-13 anni) realizzati dall'INFN in collaborazione con Shibumi. *Una famiglia per mare*. I video, di circa 3 minuti, saranno trasmessi sui canali Youtube e Facebook dell'INFN dal 3 giugno al 5 agosto ogni giovedì alle 10.00. A raccontare la fisica sono Timo (4 anni), Nina (9 anni) e Iago (12 anni) che da quasi un anno sono in viaggio su una barca a vela autosufficiente dal punto di vista energetico, Shibumi. Questa serie di video parlerà dell'energia, da dove arriva, come si misura, come si trasforma e come si consuma. Un parallelo tra la vita di bordo e la vita di terra raccontato da bambini a bambini con qualche intervento del papà, Stefano Barberis, fisico della sezione INFN di Milano.

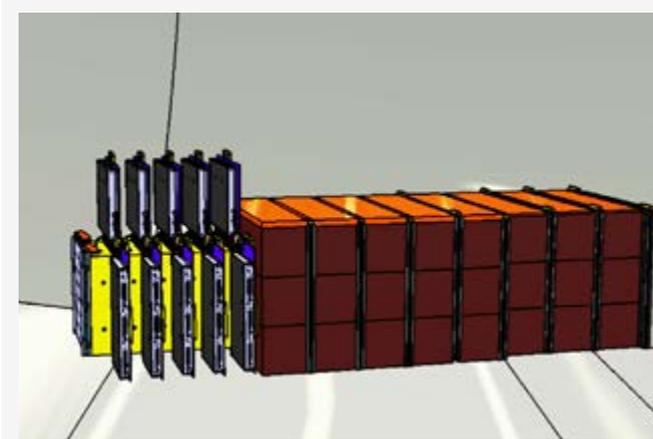
### **8 giugno, ore 16 UN VIAGGIO NEL CUORE DELLA MONTAGNA: VISITA AI LABORATORI DEL GRAN SASSO**

Martedì 8 giugno alle 16:00, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN apriranno le porte al pubblico per accompagnarlo in un viaggio virtuale all'interno del centro di ricerca sotterraneo operativo più grande del mondo.

A presentare i Laboratori, il Direttore Ezio Prevedali e Paolo Gorla, ricercatore LNGS, che illustrerà le ricerche di punta che costituiscono una finestra sulla comprensione dell'Universo. Al termine della visita è prevista una sessione di "domande e risposte".

Sarà possibile accedere alla visita virtuale, in diretta, sulla [pagina Facebook](#) dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso - INFN.

» FOCUS



**LHC: IL CERN APPROVA  
L'ESPERIMENTO SDN@LHC**

Al CERN di Ginevra si apre una nuova frontiera nella ricerca della materia oscura e nello studio dei neutrini. Un nuovo esperimento opererà sul più grande e potente acceleratore di particelle al mondo. Il *Research Board* del CERN [ha approvato, infatti, il nono esperimento che utilizzerà](#) il Large Hadron Collider: SND@LHC, ovvero *Scattering and Neutrino Detector at the LHC*, il nuovo rilevatore di particelle SND.

Progettato per rivelare e studiare i neutrini, SND@LHC sarà posizionato a 480m dal punto di collisione dell'esperimento ATLAS, ad angolo molto piccolo rispetto alla direzione di incidenza dei fasci. L'installazione avverrà nel corso del 2021 in un tunnel sotterraneo che collega LHC al Super Proton Synchrotron, e comincerà a registrare dati nel 2022 quando LHC ripartirà.

L'apparato sperimentale ha un volume di circa 2 m<sup>3</sup> e ha l'ambizioso obiettivo di concentrare in un volume così compatto le apparecchiature che consentono di effettuare tutte le misure necessarie a identificare i neutrini e a studiarne le loro proprietà.

Ipotizzati dal fisico austriaco Wolfgang Pauli nel 1930 e osservati per la prima volta nel 1956, i neutrini, tra le particelle elementari più enigmatiche dell'universo, sono studiati utilizzando sia sorgenti naturali che artificiali, come gli acceleratori. SND@LHC misurerà neutrini di energia mai raggiunta prima e prodotti per la prima volta da un collisore di particelle (un acceleratore in cui due fasci di particelle si scontrano tra loro), aprendo così una nuova frontiera nella fisica del neutrino. In particolare, siccome buona parte dei neutrini è originata dai decadimenti di quark pesanti, i neutrini costituiscono un modo unico per studiare la produzione di questi quark, altrimenti inaccessibile.

SND@LHC ricercherà anche nuove particelle debolmente interagenti con la materia che non sono previste dal Modello Standard e che potrebbero costituire la cosiddetta materia oscura dell'universo. L'apparato SND, infatti, consta di una regione bersaglio dove i neutrini interagiscono nel materiale di tungsteno e di

## » FOCUS

rivelatori traccianti di risoluzione micrometrica che ricostruiscono il vertice dell'interazione. La regione bersaglio è seguita da un calorimetro che misura l'energia dei neutrini e da un sistema di identificazione dei muoni. L'apparato è in grado di misurare anche il tempo che intercorre tra la produzione e l'interazione dei neutrini, distante circa 480m, distinguendoli così da eventuali nuove particelle di massa più grande che viaggerebbero più lentamente.

L'esperimento coinvolge un gruppo di 180 scienziati di 20 Istituti in 10 Paesi dall'Asia all'America coordinati da Giovanni De Lellis, fisico dell'Università degli Studi di Napoli Federico II e associato INFN. Al progetto collaborano le Sezioni INFN e le Università di Bari, Bologna e Napoli. L'INFN fornisce un contributo determinante alla realizzazione dei rivelatori delle particelle prodotte nell'interazione dei neutrini e allo sviluppo dei sistemi di analisi dei dati che verranno acquisiti nei prossimi anni. ■

## Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

### **COORDINAMENTO:**

Francesca Scianitti

### **REDAZIONE**

Eleonora Cossi

Anna Greco

Matteo Massicci

Francesca Mazzotta

Francesca Scianitti

Antonella Varaschin

### **GRAFICA:**

Francesca Cuicchio

### **TRADUZIONI:**

ALLtrad

### **ICT SERVICE:**

Servizio Infrastrutture e Servizi Informatici Nazionali INFN

### **COVER:**

AMS-2 - Credit NASA

### **CONTATTI**

Ufficio Comunicazione INFN

comunicazione@presid.infn.it

---