DICEMBRE 2020

INFN NEWSLETTER 78

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

INTERVISTA

UN RICORDO DI NICOLA CABIBBO A 10 ANNI DALLA SUA SCOMPARSA

Intervista a Luciano Maiani, professore emerito, già ordinario di Fisica teorica alla Sapienza Università di Roma, socio nazionale dell'Accademia del Lincei, p. 2

NEWS

RICERCA

NEUTRINI: AI LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO LA PUREZZA DI GERDA APRE LA STRADA A LEGEND, p.6

INFRASTRUTTURE DI RICERCA

HI-LUMI LHC: COLLAUDATI CON SUCCESSO I PRIMI PROTOTIPI MADE IN ITALY DEI FUTURI MAGNETI SUPERCONDUTTORI, p. 7

RICERCA

UN NUOVO SISTEMA DI MISURA DELL'INTERAZIONE TRA MATERIA ORDINARIA E MATERIA STRANA, p.8

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

UN IMPORTANTE PASSO IN AVANTI VERSO IL FUTURO DEL FERMILAB, p.9

RICONOSCIMENTI

A LORENZO BIANCHINI UN ERC CONSOLIDATOR GRANT PER IL PROGETTO ASYMOW, p. 10

FOCUS

TOMOGRAFIA MUONICA PER I RIFIUTI NUCLEARI: IL PROGETTO MUTOMCA, p. 11

INFN - UFFICIO COMUNICAZIONE

» INTERVISTA

UN RICORDO DI NICOLA CABIBBO A 10 ANNI DALLA SUA SCOMPARSA

Intervista a Luciano Maiani, professore emerito, già ordinario di Fisica teorica alla Sapienza Università di Roma, socio nazionale dell'Accademia del Lincei.

Il 16 agosto del 2010, all'età di 75 anni, ci lasciava Nicola Cabibbo, protagonista di uno dei più eccitanti e prolifici periodi della storia della fisica delle particelle, quello compreso tra il primo dopo guerra e la fine del secolo scorso. Sono gli anni in cui prende forma il Modello Standard, l'imponente corpo teorico ancora oggi riferimento per lo studio dei costituenti ultimi della materia. Il Modello Standard è il risultato del lavoro di unificazione e sintesi delle ipotesi volte a descrivere il comportamento di tre delle quattro interazioni fondamentali esistenti in natura (elettromagnetica, nucleare e debole) e delle particelle a esse associate. Cabibbo, nel 1963, lega indissolubilmente il suo nome al Modello Standard quando fornisce una spiegazione universale per il decadimento debole delle particelle con e senza stranezza (contenenti un quark strange), ipotizzando che i decadimenti deboli di tutte le particelle siano determinati dalla transizione di un unico quark, che è la sovrapposizione dei quark down e strange, determinata da una nuova costante universale che prenderà il nome di "angolo di Cabibbo". La teoria di Cabibbo spiegava in modo soddisfacente i dati allora disponibili, un accordo che, con il migliorare dell'accuratezza dei dati, è diventato sempre più preciso.

Fin dalla sua pubblicazione, la teoria di Cabibbo è stata vista come uno sviluppo cruciale nella fisica delle particelle. Abraham Pais, nel suo libro "Inward Bound", cita la teoria di Cabibbo tra gli sviluppi più importanti della fisica delle particelle dopo la guerra. In "History of CERN", John Iliopoulos scrive: "Con questo lavoro (Cabibbo) si è affermato come uno dei principali teorici nel dominio delle interazioni deboli".

L'idea del mescolamento di Cabibbo verrà applicata successivamente ai neutrini da Bruno Pontecorvo, che ipotizza un nuovo fenomeno, l'oscillazione dei neutrini.

La felice intuizione di Cabibbo consentirà negli anni successivi di ipotizzare prima e di verificare poi l'esistenza di altri tipi di quark (charm, top e bottom) e di sviluppare una teoria del sapore capace di includere le nuove particelle. Per lo sviluppo del Modello Standard sono stati assegnati diversi Premi

» INTERVISTA

Nobel. L'esclusione di Cabibbo dall'assegnazione del Nobel per la Fisica nel 2008 è stata resa definitiva dalla sua prematura scomparsa nel 2010. Una delusione ancora viva nella comunità di fisica italiana. A 10 anni dalla sua scomparsa, il 15 dicembre, i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN, luogo in cui ebbe inizio la carriera di questo gigante della fisica, hanno reso omaggio a Nicola Cabibbo con un simposio dedicato alla sua memoria. Al di là degli indiscussi meriti in ambito scientifico, durante l'evento sono stati ripercorsi anche i traguardi ottenuti da Cabibbo in veste di manager della scienza, ruolo che, parallelamente all'impegno nella formazione di nuove generazioni di fisici, ha ricoperto a partire dal 1983 come presidente dell'INFN (fino al 1992) e dell'ENEA (dal 1993 al 1998), diventando una figura di riferimento per la pianificazione delle attività strategiche della ricerca italiana. Tra le testimonianze che si sono alternate nel corso del simposio, anche quella di Luciano Maiani, che di Cabibbo è stato collega e amico, nonché suo successore alla guida dell'INFN.

Professore, ci può raccontare un suo ricordo personale di Nicola Cabibbo?

Sarebbe impossibile sceglierne solo uno. Avendo lavorato con Nicola per tanti anni, i ricordi sono praticamente infiniti. Naturalmente, i più belli riguardano l'inizio della nostra collaborazione, quando lui era già un personaggio molto famoso all'interno della comunità della fisica, mentre io ero un giovane ricercatore laureato solo da qualche anno. In particolare, ricordo che nel 1965 io e molti altri ragazzi italiani ci recammo alla Brandeis University, vicino Boston, dove Cabibbo teneva il corso di Interazioni Deboli ed era una delle stelle della scuola. Il fatto di trovare lì come docente un collega del nostro stesso paese, poco più anziano di noi ma ormai celebre, era molto esaltante. Fu allora, che, nel corso di alcune conversazioni private con Nicola e con sua moglie Paola, nacque una grande simpatia, basata anche sulla condivisione di molti punti di vista. Il rapporto è poi proseguito e si è trasformato in una vera amicizia. Nel 1967, Nicola si trasferì definitivamente a Roma, dove cominciammo a collaborare, a partecipare insieme alle conferenze e a frequentarci con le rispettive famiglie fuori dal lavoro. Una relazione sincera che non si è mai interrotta negli anni, nonostante, in un certo momento delle nostre vite, alla fisica si sia sovrapposta l'attività di science management, che ha portato prima Nicola e subito dopo me stesso a ricoprire l'incarico di Presidente dell'INFN, che ho lasciato poco prima della scadenza del mandato per assumere l'incarico di direttore del CERN. Anche in questo periodo però i nostri rapporti non si sono interrotti, anche se gli interessi di ricerca di Cabibbo si erano spostati verso ambiziosi progetti di ricerca nazionali in campi diversi dalla mia ricerca.

Quali sono stati i più importanti risultati raggiunti da Nicola Cabibbo nella fisica?

Su tutte le ricerche svolte da Nicola, svetta ovviamente quella che lo portò a ipotizzare il cosiddetto

» INTERVISTA

angolo di Cabibbo, un risultato che gli consentì di risolvere una questione che era stata indicata da Feynman come uno dei problemi cruciali della fisica. Vale però la pena ricordare che nella sua giovinezza Cabibbo si era occupato anche di altre tematiche, a partire dal lavoro sugli anelli di accumulazione svolto con Raul Gatto. Sono stati i primi a cogliere l'enorme potenziale di questa tecnologia per lo studio delle particelle fondamentali. Inoltre, Nicola fu sicuramente uno degli interlocutori più importanti nella costruzione del Modello Standard. Negli anni '70, il gruppo di fisici romani che faceva capo a lui, e di cui facevo parte insieme a Guido Altarelli, Massimo Testa, Giorgio Parisi e altri, era una delle migliori scuole di fisica teorica a livello europeo e internazionale. Abbiamo esplorato le conseguenze fenomenologiche della teoria in tutti i suoi aspetti. Un lavoro che si è tradotto in contributi importanti. Altro grande merito che va riconosciuto a Nicola è quello di essere stato tra i primi ad appoggiare l'idea del collisore protone-antiprotone del CERN, un passo che risultò fondamentale per la scoperta dei bosoni mediatori della forza elettrodebole, dovuta a Carlo Rubbia e al suo gruppo.

Quale è invece, secondo lei, il lascito del Nicola Cabibbo manager della scienza e presidente dell'INFN?

Nicola è stato un grande presidente, perché è riuscito nell'intento di mantenere alto il prestigio e il nome dell'INFN, già all'epoca conosciuto e apprezzato a livello internazionale grazie al lavoro di fisici quali Edoardo Amaldi, Giorgio Salvini, Antonino Zichichi, quest'ultimo predecessore diretto di Cabibbo alla guida dell'istituto, sotto la cui presidenza ha preso il via il progetto per la costruzione dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Oltre ad aver saputo ben amministrare l'ente, curando il reclutamento e tenendosi lontano da favoritismi e amicizie, i contributi più importanti che Cabibbo ha fornito come presidente dell'INFN sono a mio parere due. Il primo riguarda il suo impegno nell'ambito della ricerca dei neutrini. Grazie alla sua visione scientifica d'insieme, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono infatti diventati il punto di incontro di ricercatori, italiani e internazionali, come Till Kirsten, uno dei protagonisti della nascita dei laboratori, Ettore Fiorini, Puccio Bellotti, Gian Paolo Bellini e altri. Uno dei primi risultati, l'osservazione da parte dell'esperimento Gallex dei neutrini prodotti dal ciclo protone-protone nel Sole e la prova della loro oscillazione. Il risultato, fu annunciato in una riunione dell'INFN dallo stesso Cabibbo, molto fiero di questo successo, pochi mesi prima che io entrassi in carica. Il secondo contributo che voglio ricordare è invece relativo all'interesse che Cabibbo nutriva nei confronti delle onde gravitazionali. Un interesse che lo portò a spendersi per mettere sui binari giusti l'approvazione della costruzione dell'osservatorio VIRGO da parte dell'INFN. Il tentativo, purtroppo, non riuscì entro il suo mandato. Tuttavia Nicola mi trasmise l'entusiasmo necessario per riprendere il progetto, questa volta con esito positivo. La decisione ha posto le basi per la costruzione di VIRGO in collaborazione con il CNRS francese, con gli esiti che di

» INTERVISTA

cui siamo stati tutti testimoni negli anni recenti. l'Italia, con VIRGO, è all'avanguardia nella ricerca sulle onde gravitazionali, oggi una delle frontiere più promettenti della Fisica.

Nicola Cabibbo è stato anche uno dei primi a comprendere l'importanza del computing per il futuro della scienza. Ci può raccontare qualcosa in merito?

Si deve a Nicola Cabibbo la nascita dell'ambizioso progetto APE (*Array Processor Experiment*), che si proponeva di mettere a disposizione dell'INFN le risorse di calcolo necessarie alla ricerca nel campo della fisica grazie alla realizzazione di un super calcolatore. Insieme a Giorgio Parisi, Nicola è stato l'animatore di questo grande progetto, che ha aperto la strada al supercalcolo in una prospettiva che non fosse quella di comprare tempo macchina da enti come il CINECA, ma di produrre direttamente l'hardware adatto alle esigenze computazionali dell'INFN. È stata un'impresa del tutto eccezionale per l'Italia, resa possibile dall'illuminata guida scientifica di Nicola e Giorgio e da una base organizzativa, quella dell'INFN, che ha mostrato anche in quella occasione la sua capacità di completare progetti complessi nei tempi stabiliti. L'Italia purtroppo non ha messo in campo le risorse necessarie per sostenere completamente lo sviluppo di un simile progetto. Inoltre, all'epoca, anche l'Europa non ha compreso le potenzialità del super calcolo, ritenendolo un settore di esclusivo appannaggio degli Stati Uniti. Un atteggiamento che ha condizionato il futuro di APE, che non ha trovato i finanziamenti necessari fuori dall'Italia, e che rende tuttora difficile all'Europa adeguarsi in questo settore. ■

RICERCA

NEUTRINI: AI LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO LA PUREZZA DI GERDA APRE LA STRADA A LEGEND

L'esperimento GERDA (*GERmanium Detector Array*), ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN, sta indagando il processo, estremamente raro, chiamato doppio decadimento beta senza emissione di neutrini, utilizzando una tecnologia basata su cristalli di germanio arricchiti dell'isotopo ^{76}Ge. Tale processo, se osservato, ci consentirebbe di affermare che il neutrino è una particella di Majorana, coincidente cioè con la sua antiparticella, e permetterebbe la determinazione della massa del neutrino, mai misurata da nessun altro esperimento. La rivelazione del fenomeno costituirebbe inoltre un importante contributo alla comprensione del fatto che nell'universo la materia è molto più abbondante dell'antimateria.
Il 17 dicembre, l'esperimento ha pubblicato su *Physical Review Letters* il *limite* più stringente sul tempo di dimezzamento di questo decadimento raro fissandolo a $1{,}8 \cdot 10^{26}$ anni, più di un milione di miliardi di volte la vita dell'universo. Questo eccezionale risultato è stato ottenuto grazie al limitatissimo numero di eventi di fondo nella regione del segnale, $5{,}2 \cdot 10^{-4}$ conteggi/(keV·kg·anno): il più basso livello mai ottenuto al mondo in esperimenti simili. GERDA conferma così di aver raggiunto tutti gli obiettivi che si era proposto, dimostrando l'opportunità per una nuova generazione di esperimenti con sensibilità ancora più elevata. Il futuro esperimento LEGEND ha appunto lo scopo di aumentare la sensibilità sul tempo di dimezzamento del decadimento doppio decadimento beta senza neutrini fino a 10^{28} anni (cento volte di più del risultato di GERDA). ■

INFRASTRUTTURE DI RICERCA

HI-LUMI LHC: COLLAUDATI CON SUCCESSO I PRIMI PROTOTIPI MADE IN ITALY DEI FUTURI MAGNETI SUPERCONDUTTORI

Succederà a LHC, alla conclusione del suo programma scientifico, e sarà il più grande progetto di fisica delle particelle dei prossimi anni. Per la sua realizzazione la comunità scientifica dell'INFN, in collaborazione con il mondo industriale italiano, è al lavoro già da tempo. Il progetto è High Luminosity LHC e potenzierà il superacceleratore del CERN in modo da aumentarne la luminosità - uno dei principali indicatori delle performance di un acceleratore di particelle. La sfida per la sua realizzazione è lo sviluppo di tecnologie di frontiera, non ancora disponibili "sul mercato". I primi risultati *made in Italy* arrivano dalla Sezione INFN di Genova con ASG Superconductor, azienda leader in campo internazionale per i magneti superconduttori, e dal Laboratorio LASA, il Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata dell'INFN e dell'Università Statale di Milano, con SAES RIAL Vacuum di Parma, azienda fortemente innovativa nei sistemi da vuoto e criogenici utilizzati in acceleratori e in ricerca. Negli scorsi mesi, sono stati effettuati con successo al CERN i test per verificare il funzionamento di uno dei magneti superconduttori che faranno parte della linea di potenziamento di LHC per Hi-Lumi. Il magnete di cui si parla è un prototipo di lunghezza ridotta dei magneti detti D2 che, generando un campo magnetico di 4,5 Tesla in un'apertura di 105 mm, hanno la funzione di indirizzare i fasci nei punti di collisione e separarli successivamente. Sempre nell'ambito dell'aggiornamento Hi-Lumi LHC, il laboratorio LASA si occupa della realizzazione e del test di 54 magneti correttori, divisi in cinque famiglie da 4, 6, 8, 10 e 12 poli magnetici. I magneti sono in costruzione presso la Saes Rial Vacuum di Parma su progetto dell'INFN. Il primo magnete della serie, un decapolo, ha superato pienamente le prove di accettazione presso il LASA. ■

RICERCA

UN NUOVO SISTEMA DI MISURA DELL'INTERAZIONE TRA MATERIA ORDINARIA E MATERIA STRANA

La collaborazione internazionale dell'esperimento ALICE all'acceleratore LHC del CERN, cui partecipa l'INFN partecipa fornendo un importante contributo, ha sviluppato e applicato una nuova tecnica per misurare la forza forte, che regola l'interazione tra adroni. Chiamata femtoscopia, perché si concentra su grandezze dell'ordine del femtometro (10^{-15} metri), la tecnica si basa sul principio quantistico che lega la differenza di impulso di particelle poco distanziate alla loro interazione. La sua applicazione alle collisioni di LHC ha permesso alla collaborazione di misurare per la prima volta l'attrazione dovuta all'interazione forte esistente tra un protone e il più pesante degli iperoni, la particella Ω, una particella "strana" composta di tre quark strange. Il lavoro è stato presentato sul numero di Nature del 9 dicembre. In futuro, utilizzando LHC come 'fabbrica' di particelle, la metodologia potrà essere adottata nello studio delle dinamiche di interazione di qualsiasi coppia di adroni. Inoltre, un'ulteriore interessante applicazione riguarda la comprensione dello stato della materia che compone il nucleo delle stelle di neutroni. A causa dell'elevata pressione che caratterizza queste stelle, si ipotizza, infatti, che al loro interno possano essere prodotti anche iperoni, essendo energeticamente favorevole per la materia in queste condizioni trovarsi in forma di quark strange, oltre nei più comuni up e down, che caratterizzano la materia ordinaria. Le future misure di interazioni tra materia ordinaria (protoni) e strana (iperoni) tramite la femtoscopia potrebbero quindi rappresentare un tassello essenziale per lo sviluppo delle equazioni di stato della materia delle stelle di neutroni e per determinare la loro evoluzione nel tempo. ■

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

UN IMPORTANTE PASSO IN AVANTI VERSO IL FUTURO DEL FERMILAB

Raggiunta una nuova fondamentale tappa verso il conseguimento degli obiettivi del Proton Improvement Plan-II (PIP-II), il piano di aggiornamento del Fermilab che, grazie alla realizzazione di un nuovo acceleratore lineare superconduttore, si prefigge di raddoppiare l'energia dei fasci di particelle destinate a raggiungere i prossimi esperimenti del più grande laboratorio statunitense per lo studio della fisica delle alte energie. Venerdì 11 dicembre il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti (DoE) ha infatti formalmente approvato le finalità, le tempistiche e i costi del progetto, a cui l'INFN partecipa con un importante contributo, sia tecnologico, attraverso la costruzione di componenti essenziali per l'acceleratore, che scientifico, supportando con il proprio *know how* la progettazione di uno dei più importanti esperimenti che saranno ospitati presso il Fermilab, DUNE, collaborazione internazionale dedicata allo studio dei neutrini.

Il via libera del DoE arriva a nove mesi di distanza dall'inizio dei lavori di costruzione dell'acceleratore PIP-II, che, una volta operativo, rappresenterà il cuore del Fermilab e proietterà nel futuro la ricerca in fisica delle particelle, con particolare attenzione per lo studio sui neutrini, al quale è dedicato DUNE. L'esperimento, cui collaborano 30 paesi, si comporrà di due rivelatori sotterranei posti a 1300 chilometri di distanza, che avranno il compito di individuare le caratteristiche dei neutrini e delle loro trasformazioni nel tragitto dal Fermilab, dove fasci ad alta energia di queste particelle verranno prodotte usando il nuovo acceleratore superconduttore, al Sanford Underground Research Facilities nel South Dakota. ■

RICONOSCIMENTI

A LORENZO BIANCHINI UN ERC CONSOLIDATOR GRANT PER IL PROGETTO ASYMOW

L'ERC *European Research Council* ha assegnato a Lorenzo Bianchini, ricercatore della Sezione di Pisa dell'INFN, un *Consolidator Grant* per il progetto ASYMOW *Power to the LHC data: an ASYmptotically MOdel-independent measurement of the W boson mass*, per lo sviluppo di una nuova metodologia di analisi dati e di tecniche di calibrazione del rivelatore CMS all'acceleratore LHC del CERN. In particolare, il progetto ASYMOW, di durata quinquennale, ambisce a realizzare una misura della massa del bosone di gauge W con una precisione senza precedenti per un singolo esperimento: inferiore, cioè, a 10 Megaelettronvolt (MeV). Questa accuratezza sarà sufficiente per dirimere l'attuale tensione tra la misura sperimentale di mW agli acceleratori e la sua predizione da parte del Modello Standard. Inoltre, permetterà non solo di sondare la teoria elettrodebole più in profondità, ma anche di stabilire una pietra miliare nelle misure dei processi di interazione protone-protone a LHC, con implicazioni che vanno oltre la determinazione di mW. Tutto ciò sarà reso possibile da un nuovo approccio alla misura che dovrà essere sviluppato in dettaglio nel corso del progetto e che consentirà di sfruttare al massimo il potere statistico offerto da LHC attraverso il rivelatore CMS. Per la sua realizzazione saranno utilizzati tutti i dati già raccolti durante il secondo ciclo di attività di LHC, il cosiddetto Run2, e quelli che saranno prodotti nel corso del prossimo Run3, che è previsto iniziare nel 2022. ■

» FOCUS

TOMOGRAFIA MUONICA PER I RIFIUTI NUCLEARI: IL PROGETTO MUTOMCA

Ricostruire, in totale sicurezza, una mappa 3D del combustibile esausto contenuto nei depositi delle centrali nucleari europee, grazie a una tecnologia sviluppata dalla fisica delle particelle. Sarà questo il compito del progetto europeo MuTomCa (*MUon TOmography for CAstors*) che prevede la realizzazione di un rivelatore di muoni cosmici - particelle simili agli elettroni ma con una massa circa 200 volte superiore - destinato a restituire un'immagine tomografica molto precisa dell'interno di oggetti di grandi dimensioni, come i contenitori in cui è stoccato il combustibile esausto. Il progetto è frutto di una collaborazione internazionale tra l'INFN, la Comunità Europea della Energia Atomica (EURATOM), il Centro Ricerche Jülich e il gestore dei depositi di contenitori BGZ, per la Germania.

Attualmente in Europa esistono circa 1500 contenitori su cui potrebbe essere applicata questa tecnologia e si prevedere che il problema della riverifica dei contenitori di scorie acquisterà sempre maggiore rilevanza con la graduale eliminazione della produzione di energia nucleare.

Non essendo disponibili metodi adeguatamente precisi per la riverifica delle scorie, MuTomCa si propone, ad oggi, come unica soluzione. Il combustibile, infatti, è conservato in fusti schermati con pareti molto spesse, il cui contenuto più interno è "coperto" dai blocchi di combustibile esterno e per questo inaccessibile al rilevamento usuale con neutroni e raggi X o gamma. Mentre i raggi X non riescono ad attraversare più di qualche decina di centimetri, i muoni possono attraversare grandi spessori di materia, anche alcuni chilometri: una caratteristica che permette di impiegare queste particelle per realizzare dall'esterno, in completa sicurezza, immagini tridimensionali di strutture interne di grandi dimensioni.

Nell'ambito del progetto, un team di ricerca guidato dai fisici della sezione INFN di Padova, cui partecipano ricercatori delle università di Genova e di Pavia, sta lavorando alla costruzione di un rivelatore per muoni basato sull'uso dei "tubi a deriva", una tecnologia utilizzata per rivelare particelle cariche e impiegata, ad esempio, nei rivelatori a muoni degli esperimenti dell'acceleratore LHC del Cern, dove ha dato un

» FOCUS

contributo fondamentale, tra gli altri, alla scoperta del bosone di Higgs. Una volta completato, il rivelatore sarà formato da due moduli composti ciascuno da sei strati di 30 o 31 tubi, a deriva riempiti con una particolare miscela di gas e con al centro un sottile filo di rame e berillio, posto ad una tensione di 3000 V. Il rivelatore così fatto sarà in grado di rivelare il passaggio dei muoni cosmici misurandone la posizione e la direzione con estrema precisione: informazioni che consentiranno di ricostruire l'immagine interna della struttura da analizzare.

La fase di costruzione e assemblaggio, attualmente in corso in Italia, durerà circa 1 anno. La successiva fase di test si svolgerà in Germania e coprirà un periodo di circa 6 mesi.

La tomografia muonica è una tecnica applicata per la prima volta, negli anni '60, allo studio della struttura interna delle piramidi e, più recentemente, allo studio dei vulcani. Oggi trova diverse altre applicazioni nel controllo dei mezzi di trasporto, al fine di contrastare il contrabbando nucleare, nei processi industriali, per evitare incidenti dovuti a fusioni di sorgenti radioattive nelle fonderie e per ottimizzare il ciclo degli altoforni. Nel prossimo futuro, sarà possibile sfruttare la stessa tecnologia per studiare rifiuti nucleari immagazzinati, nei decenni passati, in contenitori di cemento che richiedono di esser messi in sicurezza. ■

NEWSLETTER 78
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
DICEMBRE 2020

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

COORDINAMENTO:
Francesca Scianitti

REDAZIONE
Eleonora Cossi
Matteo Massicci
Francesca Mazzotta
Francesca Scianitti
Antonella Varaschin

GRAFICA:
Francesca Cuicchio

TRADUZIONI:
ALLtrad

ICT SERVICE:
Servizio Infrastrutture e Servizi Informatici Nazionali INFN

COVER
Nicola Cabibbo

CONTATTI
Ufficio Comunicazione INFN
comunicazione@presid.infn.it