



NEWSLETTER 24

Italian National Institute for Nuclear Physics

NEWS

SPAZIO

LISA PATHFINDER SEGNA LA STRADA, p. 2

RICERCA

ONDE GRAVITAZIONALI RIVELATE PER LA SECONDA VOLTA , p. 3

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

DAI LABORATORI DEL SUD IL PRIMO PLASMA PER ESS, p. 4

INFRASTRUTTURE

L'ITALIA, CON BOLOGNA, SI AGGIUDICA LA SEDE CENTRALE DI CTA, p. 5

SPAZIO

FERMI CONTINUERÀ A OSSERVARE IL CIELO FINO AL 2018, p. 6

INNOVAZIONE

ACCORDO CERN-INFN PER UNA RETE DI BUSINESS INCUBATION CENTRES (BIC), p. 7



L'INTERVISTA p. 8

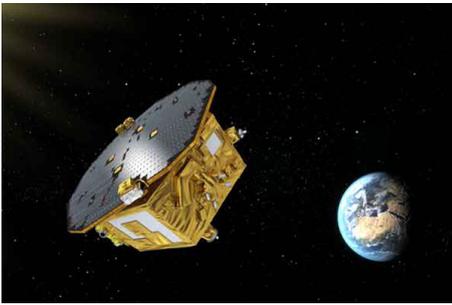
RIPARTE DAGLI USA LO SFORZO GLOBALE PER STUDIARE I NEUTRINI CON FASCI ARTIFICIALI

Intervista a Sergio Bertolucci, dal 2008 al 2015 direttore della ricerca del CERN, oggi il coordinatore per l'INFN dell'esperimento DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment)

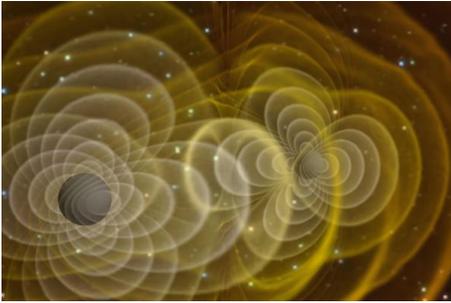


FOCUS p. 12

PAMELA: I RAGGI COSMICI OSSERVATI DALLO SPAZIO


SPAZIO
LISA PATHFINDER SEGNA LA STRADA

In orbita da gennaio 2016, a 1,5 milioni di chilometri dalla Terra in direzione del Sole, la missione LISA Pathfinder ha raggiunto in pochi mesi il suo obiettivo, dimostrando con una precisione superiore alle attese la fattibilità tecnologica della costruzione di un osservatorio spaziale per onde gravitazionali. La sonda, realizzata dall'ESA con il fondamentale contributo dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), dell'INFN e dell'Università di Trento, è stata progettata per testare le tecnologie necessarie alla costruzione del futuro osservatorio eLISA, un triangolo di satelliti connessi da fasci laser, distanti 1 milione di chilometri uno dall'altro e in orbita intorno al Sole, a 50 milioni di chilometri dalla Terra. I primi due mesi di attività scientifica di LISA Pathfinder dimostrano che le masse di prova a bordo della navicella, due cubi di oro-platino di 2 kg e 46 mm di lato, sono mantenute in perfetta caduta libera, indisturbate da altre forze esterne, come quelle dovute al vento solare o alla pressione di radiazione del Sole. Sostanzialmente immobili l'una rispetto all'altra, le due masse hanno un'accelerazione relativa inferiore a dieci milionesimi di un miliardesimo (10^{-14}) dell'accelerazione di gravità sulla Terra. I risultati sono stati pubblicati a giugno sulla rivista *Physical Review Letters*. ■


RICERCA
**ONDE GRAVITAZIONALI RIVELATE
PER LA SECONDA VOLTA**

L'osservazione di un secondo evento di onde gravitazionali è stata annunciata nel corso di una conferenza stampa congiunta dagli scienziati delle collaborazioni scientifiche LIGO e VIRGO, cui partecipa l'INFN. Le minuscole increspature nel tessuto dello spaziotempo, previste dalla Relatività Generale di Albert Einstein cent'anni fa, sono state registrate per la seconda volta, sempre durante il primo periodo di presa dati, dagli interferometri gemelli Advanced LIGO, negli Stati Uniti. Come nel caso della prima rivelazione, anche queste onde gravitazionali sono state prodotte dalla fusione di due buchi neri, processo che risale a 1,4 miliardi di anni fa. Questo evento ha comunque caratteristiche diverse rispetto al primo perché i buchi neri sono più leggeri di quelli del precedente segnale e quindi si è potuto seguire il processo per più tempo, caratterizzando bene il sistema. Le onde misurate in questa seconda osservazione si riferiscono alle ultime 27 orbite che i buchi neri, di massa pari a 14 e 8 masse solari, hanno percorso nello "spiraleggiare" l'uno attorno all'altro, prima di fondersi e formare un unico buco nero più massiccio, con massa equivalente a 21 masse solari. L'energia liberata sotto forma di onde gravitazionali equivale quindi a circa una massa solare. Dopo l'apertura di nuovi orizzonti scientifici con la prima storica osservazione delle onde gravitazionali, annunciata nel febbraio di quest'anno, questa nuova misura conferma che siamo entrati nel vivo dell'era dell'astronomia gravitazionale. ■

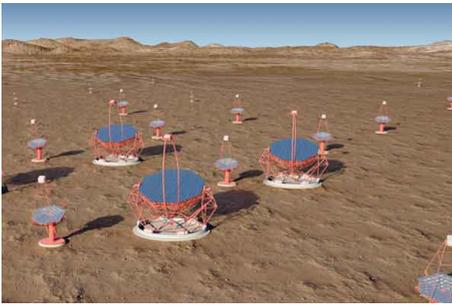


COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

DAI LABORATORI DEL SUD IL PRIMO PLASMA PER ESS

È stato prodotto il primo plasma nella sorgente per protoni destinata alla *European Spallation Source* (ESS), che è in costruzione a Lund in Svezia. Il risultato è stato ottenuto ai Laboratori Nazionali del

Sud LNS dell'INFN, che hanno assunto fin dall'inizio un ruolo rilevante nella collaborazione europea impegnata nel progetto e sono diventati capofila nella realizzazione del Warm Linac, il primo componente del cuore dell'acceleratore di particelle di ESS. La *European Spallation Source* sarà un centro di ricerche multidisciplinari (dalle scienze della vita all'energia, dalle tecnologie per l'ambiente ai beni culturali, alla fisica fondamentale) basato sulla più potente sorgente di neutroni al mondo. Rappresenta uno dei maggiori progetti di ricerca a livello internazionale, sia in termini di investimento economico (oltre 1,8 miliardi di euro), sia per numero di scienziati e di ingegneri che vi sono impegnati. In ESS sono coinvolte 17 nazioni europee, tra cui l'Italia. L'INFN vi partecipa, oltre che con i LNS, anche con i Laboratori Nazionali di Legnaro LNL, la sezione di Torino e con il LASA (Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata) di Milano. ■



INFRASTRUTTURE

L'ITALIA, CON BOLOGNA, SI AGGIUDICA LA SEDE CENTRALE DI CTA

Bologna è stata scelta come sede centrale del *Cherenkov Telescope Array Observatory* (CTA Observatory), e Berlino come sede del *Science Data Management Centre* (SDMC). CTA fa parte della roadmap ESFRI che indica le infrastrutture di ricerca di primario interesse per l'Europa, e questa è la prima volta che l'Italia si aggiudica la sede centrale di un progetto ESFRI. La decisione è stata presa dal Consiglio di CTA sulla base di criteri di valutazione che includevano infrastrutture, servizi e accessibilità. La sede centrale sarà all'interno dei locali dell'Istituto Nazionale di Astrofisica INAF, in un nuovo edificio condiviso con il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna. Il SDMC, invece, sarà situato in un complesso di nuova costruzione nel campus del *Deutsches Elektronen-Synchrotron* (DESY), a Zeuthen, vicino a Berlino. CTA è il progetto per la realizzazione del più grande telescopio per raggi gamma al mondo. L'Italia vi partecipa con l'INAF e, dal 2013, con l'INFN. ■


SPAZIO
**FERMI CONTINUERÀ A OSSERVARE
IL CIELO FINO AL 2018**

L'osservatorio spaziale per raggi gamma Fermi, in orbita dal 2008, costruito e condotto da un'ampia collaborazione internazionale cui l'Italia partecipa con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), l'INFN e l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), proseguirà la propria attività esplorativa dell'universo fino al 2018, con un programma scientifico che rafforza i temi della fisica astroparticellare e le osservazioni congiunte con altri osservatori. La NASA lo ha annunciato il 9 giugno a conclusione della Senior Review 2016, la procedura di valutazione delle missioni spaziali in attività. I dati raccolti da Fermi in questi anni di attività hanno rivoluzionato la nostra conoscenza della radiazione cosmica di alta energia, portandoci informazioni su alcuni dei sistemi più turbolenti e complessi attivi nell'universo, in grado di accelerare particelle ad energie ultra-relativistiche in condizione estreme di gravità e campi magnetici. La possibilità di fare astronomia multi-messaggero rappresenta un punto fondamentale della proposta di estensione delle operazioni presentata dal gruppo di Fermi e approvata dalla NASA. Lo scopo è realizzare osservazioni simultanee della radiazione gamma con Fermi e di altri messaggeri cosmici con i più recenti osservatori di radiazione carica, come AMS-02, DAMPE, gli osservatori di neutrini, come IceCube e KM3NeT, e gli osservatori di onde gravitazionali, come LIGO e VIRGO. ■



INNOVAZIONE

ACCORDO CERN-INFN PER UNA RETE DI BUSINESS INCUBATION CENTRES (BIC)

Il CERN e l'INFN hanno firmato un accordo per lo sviluppo di una rete di *Business Incubation Centre* (BIC) italiana, coordinata dall'INFN, che avrà l'obiettivo di creare nuove opportunità di business a partire dalle tecnologie sviluppate dai fisici e dagli ingegneri al CERN. L'accordo è stato sottoscritto a Ginevra il 16 giugno da Fabiola Gianotti, Direttore Generale del CERN, e da Fernando Ferroni, presidente dell'INFN. La rete italiana si inserisce nel nuovo *network* internazionale promosso dal CERN che ad oggi coinvolge 9 Paesi e supporta 12 incubatori con applicazioni che vanno dalla biotecnologia, all'energia alla scienza dei materiali. La rete BIC italiana si chiamerà *Research to Innovation* (R2I) e nasce con l'intento di supportare il trasferimento tecnologico in Italia promuovendo lo sviluppo di prodotti innovativi e servizi, a partire dalle tecnologie di frontiera nate nell'ambito della ricerca fondamentale in fisica delle alte energie. Destinatari dell'iniziativa le imprese, gli *spin-off* e le giovani compagnie *hi-tech* disposte a puntare su innovazione e tecnologia per accelerare il proprio business. ■

» L'INTERVISTA

**PARTE DAGLI USA LO SFORZO
GLOBALE PER STUDIARE I
NEUTRINI CON FASCI ARTIFICIALI**

*Intervista a Sergio Bertolucci,
dal 2008 al 2015 direttore della ricerca
del CERN, oggi il coordinatore per l'INFN
dell'esperimento DUNE
(Deep Underground Neutrino Experiment)*

Dopo la chiusura degli acceleratori PEP-II a SLAC (*Stanford Linear Accelerator*) e Tevatron, al Fermilab (*Fermi National Accelerator Laboratory*) di Chicago - con la conseguente confluenza di molti fisici americani verso l'acceleratore LHC al CERN - gli Stati Uniti hanno ridefinito la strategia per la ricerca in fisica delle particelle. Il programma, definito fino al 2024, è riportato nel rapporto P5 (*Particle Physics Project Prioritization Panel*) e prevede l'assegnazione di un'alta priorità alla fisica dei neutrini e al rilancio del Fermilab di Chicago, sede del fascio artificiale di neutrini più intenso al mondo.

Con il laboratorio sotterraneo *Sanford Underground Research Facility*, in South Dakota, il Fermilab, è una delle due infrastrutture su cui poggia il progetto LNBF (*Long Baseline Neutrino Facility*)/DUNE il cui carattere globale è ben rappresentato dal numero di paesi, 27, coinvolti nella sua progettazione. Il gigantesco laboratorio sotterraneo LNBF ospiterà il più grande esperimento mondiale per lo studio delle proprietà dei neutrini, DUNE, a governance internazionale. Presentato per la prima volta nel gennaio del 2014 al Committee del Fermilab dall'allora direttore della ricerca del CERN, Sergio Bertolucci, LNBF/DUNE prevede la posa della prima pietra entro il 2017 e l'inizio dell'attività sperimentale nel 2024. Nel 2015 l'Italia, rappresentata dall'INFN, ha siglato attraverso il MIUR un accordo d'intesa tecnica con il DOE per la ricerca sui neutrini al Fermilab. Bertolucci coordina oggi i fisici italiani, parte della comunità INFN, impegnati con DUNE nella ricerca sui neutrini.

Qual è il presupposto per questo ambizioso programma americano e mondiale sui neutrini?

Il principale punto di contatto tra il rapporto statunitense P5 e la strategia mondiale per la fisica delle particelle è il riconoscimento che questo è il campo della scienza più globalizzato oggi esistente. La strategia della ricerca in questo settore poggia infatti su due considerazioni che rappresentano la realtà attuale: nessuna delle regioni geografiche del mondo può pensare di fare ricerca in fisica delle particelle senza contemplare la collaborazione con le altre ed è inoltre necessario che ciascuna

» L'INTERVISTA

punti su un *flagship project* a partecipazione internazionale.

Il CERN ha avuto e ha un ruolo fondamentale nella nascita del progetto LNBF/DUNE.

La grande novità introdotta dal programma LNBF/DUNE è che per la prima volta gli USA hanno adottato il modo di fare le cose che è proprio del CERN. Da sempre il CERN agisce da laboratorio ospite e collabora con le altre istituzioni di ricerca europee e mondiali, fornendo sostanzialmente l'infrastruttura, ma gli esperimenti sono entità indipendenti la cui *governance* non dipende dal CERN. Per la prima volta nella storia della ricerca americana, gli USA hanno accettato di mettere a disposizione l'infrastruttura per un esperimento a *governance* internazionale al quale il DOE partecipa senza detenere la *leadership*. Il CERN, dalla sua, ha deciso di collaborare e aiutare il Fermilab nella realizzazione della parte infrastrutturale, fornendo ad esempio i giganteschi criostati per il laboratorio sotterraneo, per la progettazione e costruzione dei quali detiene un brevetto europeo. Il CERN, inoltre, ha lanciato due anni fa una piattaforma di *engineering prototype*, la *neutrino platform*, che sarà punto di riferimento per la comunità europea impegnata nella ricerca sui neutrini, per tutte le attività di costruzione e test dei prototipi dei rivelatori. Il progetto ha portato alla realizzazione di una grande area sperimentale: qui sarà testata la tecnologia criogenica e i prototipi dei rivelatori (monofase e a doppia fase) che costituiranno i 4 rivelatori di DUNE.

Conviene oggi puntare sulla ricerca su neutrini? È un campo che può competere con la fisica delle alte energie?

Sui neutrini abbiamo capito ancora molto poco. Fino a non molti anni fa pensavamo, ad esempio, che non avessero massa; poi abbiamo scoperto che oscillano e, quindi, devono avere una massa. Non conosciamo ancora la loro natura: potrebbero essere neutrini di Majorana, coincidenti con la loro antiparticella, o di Dirac, distinti dalla loro controparte di antimateria. Potrebbero essere proprio i neutrini, poi, all'origine dell'asimmetria tra materia e antimateria nell'universo. Studiare i meccanismi di mescolamento tra le masse dei neutrini è inoltre fondamentale per completare le nostre conoscenze sulle particelle. Ad esempio, sappiamo con buona probabilità che non è il bosone di Higgs a dare la massa ai neutrini. Uno dei campi in cui il Modello Standard, la teoria attuale delle particelle e delle loro interazioni, è stato messo a dura prova e presenta delle criticità è proprio la fisica del neutrino, un aspetto complementare, quindi, alla fisica che studiamo con l'acceleratore LHC.

Quali gli obiettivi scientifici di LNBF/DUNE? In che modo i risultati attesi potranno aprire una via per la ricerca di nuova fisica?

Il programma prevede sostanzialmente due grandi goal: misurare la gerarchia di massa del neutrino e misurare la violazione della simmetria tra materia e antimateria (violazione CP). Per quanto riguarda la massa dei neutrini, sappiamo soltanto che il secondo stadio dei neutrini è più pesante del primo. Ma

» L'INTERVISTA

non sappiamo se il terzo sia il più leggero o il più pesante dei tre (*normal hierarchy o inverted hierarchy*). Questo ha molte implicazioni e può dare importanti indicazioni sull'ampiezza della violazione di CP, sul meccanismo di mescolamento dei neutrini. Misurare la violazione di CP, d'altra parte, serve a comprendere come si sia prodotta l'asimmetria originaria tra materia e antimateria, senza la quale l'universo non esisterebbe. Come nel caso dei quark, con la matrice CKM (Cabibbo-Kobaiashi-Mascawa), il mescolamento dei neutrini è descritto da una matrice equivalente, la matrice PNMS (Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata) che fornisce la densità di probabilità delle trasformazioni. In entrambe queste due matrici ci sono termini che indicano una violazione di CP, ma mentre nel caso dei quark la violazione è troppo piccola per giustificare l'asimmetria tra materia e antimateria, nel caso dei neutrini questa violazione, in base alla sua ampiezza, potrebbe rendere conto di questa asimmetria. Il calcolo dei parametri della matrice PNMS, inoltre, potrebbe nascondere informazioni su nuova fisica, sull'esistenza di nuove particelle, come i neutrini sterili.

Lei è dirigente di ricerca all'INFN e negli ultimi 7 anni ha ricoperto il ruolo strategico di direttore della ricerca al CERN. Quali benefici può trarre il più grande laboratorio di fisica delle particelle del mondo dalla collaborazione alla ricerca sui neutrini?

In vantaggio è innanzitutto culturale. Un errore da non commettere nella ricerca fondamentale è ritenere che la strada che si sta seguendo sia quella giusta. Non è possibile stabilire a priori quale sia la via maestra ed è sempre necessario tenere vivi percorsi diversificati.

Ci sono almeno altri due motivi di interesse. L'uno è mantenere alta, nella comunità, la capacità di studiare cose diverse. L'altra è una questione di politica della ricerca: se non aiutassimo i ricercatori americani, costringeremmo gli Stati Uniti a chiudersi sulla loro linea di ricerca e non potremmo più contare sul contributo USA a LHC. In generale, è molto pericoloso concentrare tutta la ricerca in un unico punto; solo sostenendo a nostra volta il programma americano possiamo realizzare un bilanciamento fruttuoso.

L'Italia, con l'INFN, ha una lunga storia di indagine sperimentale sui neutrini, con gli esperimenti ai Laboratori del Gran Sasso. Tra i rivelatori che hanno giocato un ruolo in questo campo c'è ICARUS, uno strumento che adesso sarà installato al Fermilab. La sua tecnologia è tutt'oggi all'avanguardia?

Quella che esportiamo con ICARUS è la tecnologia dell'argon liquido, frutto di un'idea originale del Premio Nobel Carlo Rubbia. La stessa tecnologia sarà utilizzata per DUNE, ma con rivelatori molto più grandi. DUNE, infatti, sarà ospitato in una ex-miniera d'oro con più di 550 km di gallerie fino a 2500 m di profondità. Il laboratorio sarà costruito a 1550 m di profondità e sarà costituito da 5 grandi sale, una delle quali dedicata a ospitare le infrastrutture di servizio, mentre le altre 4 ospiteranno ciascuna un rivelatore ad argon liquido da 10000 tonnellate attive, corrispondenti a 17000 tonnellate effettive. ICARUS è più piccolo. È un rivelatore da 600 tonnellate ed è ora in fase

»» L'INTERVISTA

di aggiornamento al CERN, prima di essere inviato al Fermilab. Qui, nella fase di realizzazione del laboratorio LNBF e dei rivelatori di DUNE, sarà utilizzato per un esperimento di short baseline, con fascio di neutrini prodotto dal booster ring del Fermilab: un esperimento interamente contenuto nel laboratorio per la verifica dell'anomalia osservata dall'esperimento *Liquid Scintillator Neutrino Detector*, a Los Alamos (anomalia LSND). Il fenomeno, ancora inspiegato, potrebbe essere attribuibile a un errore sperimentale o alla manifestazione dell'esistenza dei neutrini sterili. ICARUS consentirà di ripetere l'esperimento, in modo da cancellare i possibili errori sistematici. La sperimentazione con ICARUS al Fermilab sarà inoltre una palestra per giovani fisici e per lo sviluppo di software nuove tecnologie sperimentali utili per la realizzazione e la gestione di DUNE. ■

» FOCUS


**PAMELA: I RAGGI COSMICI
OSSERVATI DALLO SPAZIO**

Il 15 giugno 2016 ha segnato i dieci anni di attività del rivelatore satellitare PAMELA (*Payload for Antimatter Exploration and Light-nuclei Astrophysics*), l'osservatorio spaziale per lo studio dei raggi cosmici, oggi in orbita a 560 km di quota. Lanciato nel 2006 con un vettore Soyuz dalla base di Baikonur, in Kazakhstan, e inserito a bordo del satellite russo Resurs-DK1, per tutto questo tempo PAMELA ha acquisito dati, ottenendo risultati fondamentali. La missione, guidata dall'INFN e sostenuta dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), è frutto di una collaborazione italo-russa cui partecipano anche Germania e Svezia.

È certamente tra i più significativi e promettenti contributi scientifici di PAMELA, la prima misura sui flussi di positroni e antiprotoni a energie elevate, che ha permesso negli anni di aprire un nuovo campo di indagine sulla materia oscura. Un grande interesse, in particolare, è stato generato dalla rivelazione di un eccesso di positroni, un risultato che è stato pubblicato dalla rivista *Nature* nella prima metà del 2009. Negli oltre 1400 articoli pubblicati in seguito su diverse riviste scientifiche, i fisici teorici hanno avanzato molte spiegazioni possibili per questo eccesso. In particolare, sono stati ipotizzati contributi da annichilazione di materia oscura o da pulsar, o modifiche nei modelli di propagazione dei raggi cosmici nella Galassia. Notevoli sono stati anche i risultati delle misure effettuate sui flussi di protoni e nuclei di elio, cioè la quasi totalità della radiazione cosmica, fino a un miliardo di MeV, e pubblicati su *Science* nel 2011. PAMELA ha mostrato per la prima volta che queste particelle hanno spettri in energia leggermente diversi fra le due specie e presentano un cambiamento di pendenza alle alte energie. Questi dati hanno gettato nuova luce sui meccanismi di produzione, accelerazione e propagazione dei raggi cosmici nella nostra Galassia. Tra i risultati che hanno destato grande interesse anche al di fuori della comunità scientifica, vi è la scoperta inaspettata di una fascia di antiprotoni intorno alla Terra. Infine, i più recenti dati dell'esperimento, pubblicati su *Physical Review Letters* lo scorso 13 giugno, evidenziano, per la prima volta con estrema chiarezza, gli effetti dell'attività solare

» FOCUS

e della polarità del campo magnetico del Sole sui raggi cosmici, fornendo inoltre informazioni uniche sui meccanismi dell'eliosfera.

PAMELA è condotto da un team internazionale, a guida INFN e con il supporto dell'ASI, composto dalle Sezioni INFN e Dipartimenti di Fisica di Trieste, Firenze, Roma Tor Vergata, Napoli, Bari, i Laboratori Nazionali di Frascati, l'Istituto IFAC del CNR, il NRNU MEPhI e il Fian Lebedev di Mosca, l'Istituto Joffe di San Pietroburgo, l'Università di Siegen in Germania e il *Royal Technical Institute* di Stoccolma. L'Agenzia Spaziale Russa ha inoltre costruito il satellite Resurs-DK1 e il vettore Soyuz. Le singole parti dello strumento sono state realizzate nei diversi laboratori con il contributo di numerose aziende, soprattutto italiane. L'integrazione dello strumento prima del lancio è avvenuta presso i laboratori della sezione INFN e del Dipartimento di Fisica di Roma Tor Vergata. ■



ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

REDAZIONE

Coordinamento: Francesca Scianitti

Progetto e contenuti:

Eleonora Cossi, Francesca Scianitti, Antonella Varaschin

Grafica: Francesca Cuicchio

CONTATTI

Ufficio Comunicazione INFN

comunicazione@presid.infn.it

+ 39 06 6868162