



# NEWSLETTER 26

Italian National Institute for Nuclear Physics

## NEWS

### ISTITUZIONI

IL MINISTRO DEGLI AFFARI ESTERI, PAOLO GENTILONI, IN VISITA AL CERN, p. 2

### RICERCA

T2K: INDIZI SULL'ASIMMETRIA NELLE OSCILLAZIONI DEI NEUTRINI E DEGLI ANTINEUTRINI, p. 3

### ISTITUZIONI

EUGENIO COCCIA ELETTO RETTORE DEL GSSI, p. 4

### RICERCA

MONOPOLI MAGNETICI: PRIMI RISULTATI DI MOEDAL , p. 5

### CALCOLO

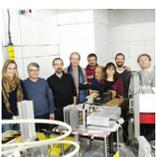
UN SOFTWARE CLOUD PER LA RICERCA, p. 6



### L'INTERVISTA p. 7

#### OLTRE LE ASPETTATIVE DEL PIÙ POTENTE ACCELERATORE DEL MONDO

*Intervista a Nadia Pastrone, presidente della Commissione Scientifica Nazionale 1 dell'INFN, che coordina le attività di ricerca in fisica delle alte energie.*

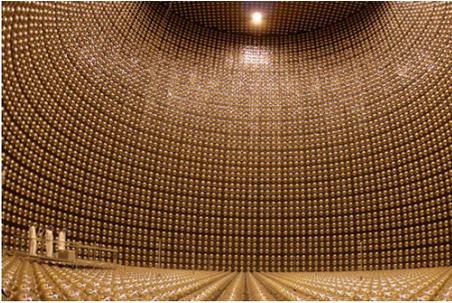


### FOCUS p. 11

#### PADME: ALLA RICERCA DEL FOTONE OSCURO

**ISTITUZIONI****IL MINISTRO DEGLI AFFARI ESTERI, PAOLO GENTILONI,  
IN VISITA AL CERN**

Lo scorso 22 agosto il Ministro degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, Paolo Gentiloni, si è recato in visita al CERN di Ginevra, accompagnato da una delegazione italiana guidata dall'Ambasciatore Enrico Serra e composta, tra gli altri, dal presidente dell'INFN Fernando Ferroni e dal vicepresidente Antonio Masiero. A Ginevra il Ministro ha incontrato, tra gli altri, il Direttore Generale Fabiola Gianotti, il responsabile del Dipartimento di Fisica Teorica del CERN, Gian Giudice, e il responsabile internazionale dell'esperimento ALICE, Paolo Giubellino. A seguire, il Ministro ha dialogato con i fisici e gli ingegneri italiani impegnati nello sviluppo dei magneti superconduttori dell'acceleratore LHC e i ricercatori delle collaborazioni sperimentali ALICE, ATLAS, CMS e LHCb. ■


**RICERCA**
**T2K: INDIZI SULL'ASIMMETRIA NELLE OSCILLAZIONI DEI NEUTRINI E DEGLI ANTINEUTRINI**

La collaborazione internazionale T2K (*Tokai to Kamioka*), cui l'INFN partecipa con ruoli di responsabilità, ha presentato alla 38° *International Conference on High Energy Physics (ICHEP)*, a Chicago, nuovi risultati che indicano con crescente chiarezza che i fenomeni di oscillazione non sono ugualmente probabili per i neutrini e per le loro antiparticelle (antineutrini). Questo diverso comportamento dei neutrini rispetto agli antineutrini potrebbe costituire l'ingrediente cruciale per rispondere a una delle questioni più importanti su cui la fisica contemporanea si confronta: perché l'universo sia oggi dominato dalla materia, mentre ci aspettiamo che, subito dopo il Big Bang, l'universo fosse costituito in parti uguali di materia e antimateria. Prodotto al *Japan Proton Accelerator (J-PARC)*, il fascio di neutrini (o antineutrini) muonici di T2K è inviato in direzione del rivelatore sotterraneo Super-Kamiokande, a 295 chilometri di distanza. Durante il tragitto un neutrino muonico può "oscillare", trasformandosi in un neutrino di tipo elettronico o di tipo tau. T2K ha rivelato che il numero di antineutrini muonici che oscillano in antineutrini elettronici è inferiore rispetto a quello dei neutrini muonici oscillanti in neutrini elettronici. Il risultato, ancora preliminare, dovrà essere sostenuto dai risultati della presa dati attualmente in corso. ■

**ISTITUZIONI****EUGENIO COCCIA ELETTO RETTORE DEL GSSI**

È stato eletto lo scorso 8 agosto il Rettore della nuova Scuola Universitaria Superiore *Gran Sasso Science Institute* (GSSI). È Eugenio Coccia, già direttore dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, dal 2003 al 2009, e del GSSI nel triennio sperimentale dell'Istituto, attivato all'Aquila nel 2013 dall'INFN. Fisico sperimentale, professore ordinario all'Università di Roma Tor Vergata, Coccia è conosciuto per la sua attività nella fisica astroparticellare e in particolare nella ricerca delle onde gravitazionali. È tra gli autori della loro recente scoperta e delle prime osservazioni dirette dei buchi neri. Il neo-Rettore è stato eletto dal Senato Accademico Provvisorio del GSSI e inizierà il suo mandato dopo il decreto di nomina da parte del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Stefania Giannini. ■


**RICERCA**
**MONOPOLI MAGNETICI:  
PRIMI RISULTATI DI MOEDAL**

MoEDAL (*Monopole & Exotics Detector at the LHC*), l'esperimento dedicato alla ricerca dei monopoli magnetici al CERN, restringe il campo d'indagine ponendo nuovi limiti alla massa di queste ipotetiche particelle. Il risultato è stato pubblicato nella prima metà di agosto sulla rivista *Journal of High Energy Physics* (JHEP). La scoperta dei monopoli magnetici avrebbe un impatto straordinario nella fisica delle particelle, in astrofisica e in cosmologia. Ipotizzati dal fisico Paul Dirac nel 1931, i monopoli magnetici non sono ancora stati osservati da nessun esperimento. Tuttavia, benché sia esperienza comune che da un magnete tagliato si possono ottenere solo due magneti più piccoli, con un polo nord e un polo sud, la teoria suggerisce che il magnetismo possa essere una proprietà delle particelle elementari. E alle attuali energie di collisione di LHC i fisici potrebbero trovarsi nella condizione di osservarli. La presenza di monopoli sarebbe rivelata dalla loro carica magnetica e dal loro enorme potere ionizzante. Lo studio pubblicato si basa sull'analisi dei dati raccolti durante il primo run di LHC, quando parte del sistema di rivelazione, il *trapping detector*, era allo stadio di prototipo. Al momento, la collaborazione MoEDAL è attivamente impegnata nell'analisi dei dati ottenuti dal rivelatore nella sua configurazione definitiva. ■



## CALCOLO

### UN SOFTWARE CLOUD PER LA RICERCA

INDIGO-DataCloud, il progetto finanziato nell'ambito del programma europeo Horizon 2020 della Commissione Europea e coordinato a livello continentale dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), ha tagliato a metà agosto un importante traguardo: il rilascio della prima versione di una piattaforma software di tipo Cloud destinata alla ricerca scientifica. Battezzata *MidnightBlue*, la piattaforma è open source flessibile e gratuita e in grado di operare su infrastrutture Cloud sia pubbliche che private. L'obiettivo è fornire alla comunità scientifica europea strumenti che permettano di fare ricerca in modo più efficace. Una piattaforma che possa rispondere allo stesso tempo alle esigenze di calcolo, elaborazione e archiviazione dati di ricercatori di discipline molto diverse, senza dover riscrivere ogni volta i software da zero, attraverso l'utilizzo comune di funzionalità avanzate fornite dalla piattaforma INDIGO.

Al progetto INDIGO-DataCloud partecipano 26 partner pubblici e privati di 11 Nazioni europee. Finanziato con 11 milioni di euro, è partito ufficialmente nell'aprile 2015 e avrà una durata di 30 mesi. In programma per i prossimi mesi il rilascio di una seconda versione del software, previsto nella primavera del 2017, grazie alla collaborazione con centri di elaborazione dati dentro e fuori l'Italia e con gruppi di ricerca multidisciplinari. ■

**»» L'INTERVISTA**

**OLTRE LE ASPETTATIVE DEL PIÙ POTENTE ACCELERATORE DEL MONDO**

*Intervista a Nadia Pastrone, ricercatrice della sezione INFN di Torino, responsabile nazionale, dal 2012 al 2014, dell'esperimento CMS, oggi presidente della Commissione Scientifica Nazionale 1 dell'INFN, che coordina le attività di ricerca in fisica delle alte energie.*

Si è tenuta nel mese di agosto a Chicago la 38° edizione di ICHEP, la conferenza internazionale di fisica delle alte energie che ha messo a confronto fisici di tutto il mondo sui progressi della fisica delle particelle, dell'astrofisica e della cosmologia, nonché sui futuri sviluppi nel campo della costruzione di prossime macchine acceleratrici.

I riflettori sono stati puntati sul Large Hadron Collider (LHC) del CERN, oggi il più potente acceleratore di particelle al mondo, che in questi mesi ha sbalordito fisici e ingegneri per le sue altissime prestazioni, oltre le aspettative di progetto. Operando in questo modo, LHC ha messo gli esperimenti nelle condizioni di analizzare in pochi mesi una quantità di dati già pari a circa quattro volte quella della prima fase del RUN2 (2015). A conferma delle ottime prestazioni degli esperimenti oltre che dell'acceleratore, le collaborazioni sperimentali sono riuscite ad analizzare e a comprendere i nuovi dati in un tempo brevissimo e nel corso di ICHEP sono stati presentati da parte degli esperimenti più di un centinaio di nuove misure. L'Italia, con l'INFN, ha un ruolo di primo piano nella storia e nell'attualità di LHC e dei suoi esperimenti, con importanti ricadute anche sulle aziende italiane coinvolte nella costruzione di parti dell'acceleratore, degli apparati sperimentali e dei sistemi di calcolo. Abbiamo chiesto a Nadia Pastrone una sintesi dei risultati presentati a Chicago e una proiezione sul futuro prossimo e lontano di LHC.

**Molti dei nuovi risultati di LHC presentati ad ICHEP emergono dall'analisi dei dati raccolti negli ultimi mesi di questa prima metà del 2016. Quali sono i principali?**

Gli esperimenti a LHC, grazie alle straordinarie prestazioni dell'acceleratore all'energia più alta mai raggiunta in laboratorio, hanno registrato e analizzato da maggio a oggi un'enorme mole di dati. Con l'esplorazione della nuova frontiera dei 13 TeV si effettuano misure sempre più precise dei processi previsti dal Modello Standard (SM) e se ne studiano le anomalie che potrebbero evidenziare segnali indiretti della presenza di nuovi fenomeni fisici. La ricerca di produzione diretta

## » L'INTERVISTA

di nuove particelle, previste da teorie esotiche di fisica oltre (Beyond) il Modello Standard (BSM), prosegue con sensibilità sempre più elevata grazie ad apparati sperimentali rinnovati e sempre più sofisticati e a nuove strategie di calcolo e di analisi.

Il bosone di Higgs di massa 125 GeV, scoperto nel 2012, è stato ora nuovamente osservato e misurato da ATLAS e CMS a 13 TeV nei processi di decadimento in due fotoni e in quattro leptoni con maggior significatività statistica (circa 10 sigma, ben oltre la soglia di osservazione che è fissata a 5 sigma). Restano da esplorare decadimenti e accoppiamenti rari che richiedono maggiori energia e quantità di dati, per consentire di individuare segni di nuova fisica o lo studio di altre particelle. In particolare, la ricerca del processo raro in cui un quark top emette o assorbe un bosone di Higgs, potrebbe presto dare nuove informazioni sul meccanismo di Higgs e sulla sua interazione. Molte sono state poi le misure che hanno confermato le predizioni teoriche del Modello Standard, ad esempio le sezioni d'urto di produzione di bosoni WW e WZ. È importante ricordare che LHC è una fabbrica di quark top, di cui si studia in dettaglio produzione e decadimenti.

L'esperimento LHCb ha presentato molti nuovi risultati sulla fisica del sapore (la caratteristica che definisce le diverse famiglie di quark e leptoni). Degna di nota la scoperta del decadimento del mesone B neutro in due kaoni, il più raro decadimento mai osservato del mesone B in uno stato finale adronico. Si studia inoltre con estrema precisione la violazione di CP, il fenomeno che dà ragione della prevalenza in natura della materia sull'antimateria. LHCb, per le caratteristiche del suo apparato sperimentale, studia la produzione di nuovi processi che potrebbero rivelare presto anomalie dalle attuali predizioni teoriche.

### **La quantità di dati raccolti da LHC negli ultimi mesi ha superato di 5 volte quella di tutto il 2015. Vi aspettavate queste prestazioni sin dall'inizio della nuova fase di presa dati, il RUN2?**

La macchina acceleratrice più grande del mondo ha superato le più rosee aspettative, raggiungendo le prestazioni di disegno e poi superandole del 20%. A giugno, infatti, LHC ha registrato il suo ultimo record di luminosità superando il valore di progetto: con 2.000 pacchetti di protoni accelerati per fascio, la macchina può produrre ora più di un miliardo di collisioni al secondo.

La produzione dei dati ha messo a dura prova gli esperimenti e la potenza di calcolo a disposizione che hanno dovuto registrare, calibrare, ricostruire e analizzare circa 50 petabyte di dati accumulati dall'inizio dell'anno.

### **Si è discusso anche del cosiddetto "eccesso di eventi" alla massa di 750 GeV comparso nei primi dati a 13 TeV del 2015, che si è rivelato una fluttuazione statistica, anziché il segnale di una nuova particella ...**

Nei primi dati raccolti a 13 TeV da ATLAS e CMS nel 2015 fu osservato da entrambe gli esperimenti un eccesso di eventi (detto bump) di modesta significatività statistica di coppie di fotoni che avrebbe potuto essere il primo indizio della presenza di una risonanza di massa di circa 750 GeV.

## » L'INTERVISTA

L'eccitazione nella comunità scientifica nei primi mesi del 2016 ha scatenato il dibattito tra i teorici che hanno scritto oltre 400 articoli e gli sperimentali pronti ad analizzare i nuovi dati che avrebbero potuto confermare un risultato veramente "nuovo". I dati del 2016 hanno provato che si trattava di una fluttuazione statistica. Come in altri casi la ricerca diretta di nuove particelle porta a identificare degli eccessi che devono essere studiati con attenzione, verificati con ulteriori dati e confermati da entrambi gli esperimenti, prima che si possa dichiarare una "scoperta".

### **LHC sta dunque esplorando un territorio nuovo della fisica delle alte energie. Quali scenari di Nuova Fisica potrà spalancare?**

LHC ha raccolto solamente un decimo dei dati previsti alle energie di 13-14 TeV, che saranno prodotti prima di apportare modifiche sostanziali alla macchina, nel 2024-25. Mancano ancora circa due mesi di presa dati di collisioni protone-protone, nel 2016, che precederanno la presa dati di collisioni protone-piombo prima dello stop di fine anno. La ricerca sperimentale copre un ampio spettro di misure, che comprendono la ricerca di particelle pesanti previste dalla Supersimmetria (SUSY) e da vari modelli teorici esotici. Spetta all'acume degli sperimentali individuare indizi su un territorio ancora da esplorare e soprattutto riuscire a vedere anche con occhi nuovi l'inatteso, mantenendo il rigore sulla presa dati, la selezione e l'analisi per continuare a produrre risultati di altissima qualità.

### **Che cosa potrà dirci LHC sulla materia oscura, sulle origini dell'universo o sulla natura stessa della materia subito dopo il Big Bang?**

Una delle grandi sfide, non solo per la fisica agli acceleratori, riguarda oggi la scoperta della natura della materia oscura, la cui esistenza si evince solamente dagli effetti gravitazionali sulla materia visibile nel cosmo. La materia che conosciamo e "vediamo", di cui sono costituite tutte le stelle e le galassie corrisponde al 5% di tutta la massa dell'universo. La materia oscura sembra essere di un fattore 6 più abbondante della materia visibile: sembra costituire, cioè, circa un quarto di tutta la materia dell'universo. Che cos'è quindi la materia oscura? Molti modelli teorici prevedono particelle di materia oscura con massa sufficientemente bassa da poter essere create all'energia di LHC. Non interagendo con la materia "visibile", si prevede che tali particelle non lascino negli apparati sperimentali alcuna traccia del loro passaggio, se non il segno di una mancanza nel conteggio totale di energia e impulso. Proprio un "segnale" di energia (impulso) "mancante" potrebbe fornire l'evidenza sperimentale necessaria a provare una delle teorie che prevedono fisica BSM come la supersimmetria o le extra dimensioni.

Inoltre, importanti indizi possono essere raccolti dai quattro esperimenti principali di LHC sulla natura dello stato della materia subito dopo il Big Bang. Tutti e quattro gli esperimenti hanno presentato nuovi risultati sulle collisioni di ioni pesanti, che permettono di misurare le proprietà del plasma di quark e gluoni, esistente pochi milionesimi di secondi dopo il Big Bang. L'esperimento

## »» L'INTERVISTA

ALICE, che studia nel dettaglio come le forze nucleari sono modificate in questo stadio primordiale della materia, ha misurato la viscosità del plasma alla nuova energia. Si osserva un comportamento analogo a quello a più bassa energia: questo significa che il plasma è un liquido ideale, omogeneo e a viscosità nulla.

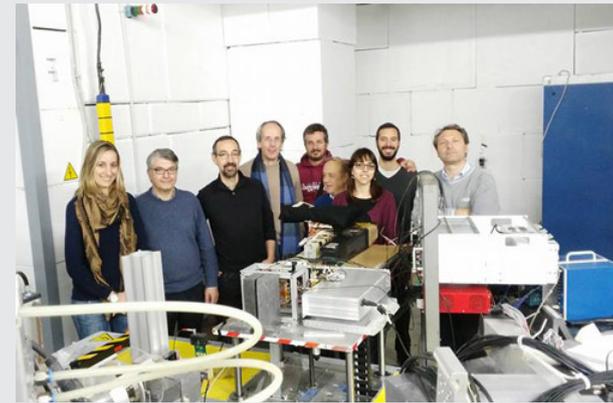
### **LHC ha appena iniziato la sua nuova avventura scientifica all'energia record di 13 TeV. Intanto, i fisici delle alte energie stanno già guardando oltre. Qual è il futuro del superacceleratore del CERN di Ginevra?**

Gli acceleratori come LHC, in cui collidono adroni (protoni o ioni di piombo), sono macchine di "scoperta". Si esplorano energie sempre più alte dove si possono formare particelle di massa via via maggiore in base alla nota equazione  $E=mc^2$ . I processi coinvolti sono tipicamente rari e pertanto si richiedono statistiche enormi: questo motiva progetti per l'incremento della luminosità dell'acceleratore. Il CERN ha approvato la fase ad alta luminosità di LHC, HiLumi LHC (HL-LHC), che è prevista a partire dal 2026 per aumentare ancora di un fattore 10 i dati raccolti entro il 2035. Per questa fase si stanno sviluppando magneti superconduttori di nuova generazione che permetteranno di ottimizzare le zone di collisione. Questa tecnologia sarà indispensabile per gli acceleratori futuri e permetterà di raggiungere campi magnetici di 16 Tesla.

Ma se si vogliono studiare con attenzione le caratteristiche di queste nuove particelle rare, sono più efficaci macchine che accelerano elettroni e positroni, ad alta intensità. Le nuove macchine acceleratrici che da qualche tempo fanno discutere la comunità dei fisici delle alte energie appartengono a queste due categorie. La tecnologia attuale ci permetterebbe di costruire un acceleratore lineare o circolare elettrone-positrone per raggiungere energie tali da studiare nel dettaglio tutta la fisica del bosone di Higgs o di qualsiasi particella fosse scoperta alla massa del TeV a LHC. Una macchina adronica a 100 TeV, con le tecnologie attuali prevede un anello di 100 km di circonferenza e richiederebbe un contributo economico internazionale notevole.

L'accelerazione con i plasmi, su cui l'Italia sta dando un grosso contributo non è ancora pronta a confrontarsi con i traguardi di LHC. Una strada nuova e stimolante per le sfide tecnologiche che comporta riguarda la possibilità di realizzare un collisionatore con fasci di muoni: che sia questa la strada giusta? ■

## » FOCUS


**PADME: ALLA RICERCA DEL FOTONE OSCURO**

L'INFN ha recentemente dato luce verde all'esperimento PADME (*Positron Annihilation into Dark Matter Experiment*), che rappresenta uno dei più importanti risultati di *What Next*, il percorso di riflessione scientifica promosso nella comunità INFN per individuare i più promettenti esperimenti e ambiti su cui orientare la ricerca nel prossimo futuro. PADME è dedicato alla ricerca del fotone oscuro, un'ipotetica particella, simile al fotone delle onde elettromagnetiche ma con una piccola massa, prevista da alcuni recenti modelli teorici che descrivono la materia oscura. L'esperimento sarà frutto di una collaborazione internazionale che coinvolge già ricercatori dell'istituto MTA *Atomki* di Debrecen, Ungheria, e dell'Università di Sofia, in Bulgaria. Il nostro Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale ha inoltre finanziato un progetto per avviare una collaborazione con i fisici americani, in particolare con la Cornell University.

Lo studio della materia oscura è una delle frontiere più affascinanti della ricerca in fisica fondamentale. Si stima che questa materia sconosciuta componga circa l'80% di tutta la materia dell'universo, e il 27% dell'universo nel suo complesso. I fisici non sanno né di che cosa sia fatta né per quale ragione, pur essendo così abbondante a livello cosmico, non siano state ancora rivelate sue interazioni dirette con la nostra materia ordinaria. Unica certezza sulla sua natura: la materia oscura è fatta di qualcosa di diverso dalle particelle che costituiscono la materia ordinaria come i protoni, i neutroni o gli elettroni. Un'ipotesi, quella su cui si basa l'esperimento PADME, è che la materia oscura sia sensibile a un nuovo tipo di forza che non rientra tra le quattro forze fondamentali che conosciamo, ovvero le forze gravitazionale, elettromagnetica, nucleare forte e nucleare debole. A questa nuova forza, come per le altre quattro, sarebbe associato un "messaggero", in questo caso un fotone, con proprietà simili al fotone ordinario ma contraddistinto dal fatto di avere una piccola massa. A questo ipotetico "messaggero" i fisici hanno dato il nome di "fotone oscuro". Grazie alla sua massa e alla sua abbondante presenza nell'universo, il fotone oscuro potrebbe costituire tutta o buona parte della materia oscura.

## » FOCUS

PADME potrebbe svelare per la prima volta l'esistenza di questa nuova forza, grazie a un apparato di misura piccolo, ma estremamente preciso, in grado di osservare la produzione di fotone oscuro in collisioni di elettroni e antielettroni (positroni).

L'esperimento entrerà in funzione nei Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dell'INFN in una nuova sala sperimentale della struttura di test dell'acceleratore lineare, la BTF *Beam Test Facility* (BTF), e sarà costruito attorno a un calorimetro composto da circa 600 cristalli scintillanti inorganici. I positroni, provenienti dall'acceleratore, raggiungeranno un bersaglio di diamante e, interagendo con gli elettroni atomici, potrebbero produrre i fotoni oscuri assieme ad un fotone visibile. Per funzionare, l'esperimento ha bisogno di un campo magnetico sviluppato da un magnete di riserva realizzato al CERN e inviato ai LNF per essere impiegato nell'esperimento PADME. Il calorimetro di PADME fornirà una misura precisa delle caratteristiche del fotone visibile da cui è possibile estrarre preziose informazioni sull'esistenza e sulla massa del fotone oscuro.

Il bersaglio e il calorimetro di PADME rappresentano il frutto di tecnologie innovative al cui sviluppo hanno sinergicamente cooperato partner industriali e del mondo della ricerca.

Il bersaglio di PADME è una membrana, dello spessore di un decimo di millimetro, di diamante artificiale policristallino e costituisce un dispositivo innovativo con funzione di rivelatore. È stato realizzato da partner industriali in stretta collaborazione con i laboratori INFN. La collaborazione dei ricercatori INFN con fisici della materia ha inoltre consentito di sviluppare una nuova tecnica per la realizzazione degli elettrodi basata sull'irraggiamento con luce laser della superficie del diamante per produrre strisce di grafite conduttive.

Il calorimetro è frutto di una tecnologia nata per la fisica delle particelle, che si è poi diffusa, grazie alle caratteristiche di granularità, alta efficienza e densità, nel campo della diagnostica medica, come ad esempio nella PET (Tomografia a Emissione di Positroni). ■

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

+ 39 06 6868162

**Immagine di copertina**

Partecipanti alla conferenza ICHEP 2016 a Chicago

Foto di Reidar Hahn