

NEWSLETTER 14

Italian National Institute for Nuclear Physics

AGOSTO 2015

NEWS

RICERCA

XENON100 STRINGE IL CERCHIO INTORNO ALLA MATERIA OSCURA, p. 2

RICERCA

STESSA MASSA PER MATERIA E ANTIMATERIA NUCLEARE, p. 3

INFRASTRUTTURE

L'EUROPA PUNTA SU ESS, p. 4

COMUNICAZIONE

PHOTOWALK: CONCORSO INTERNAZIONALE PER I MIGLIORI SCATTI DI SCIENZA, p. 4



L'INTERVISTA p. 5

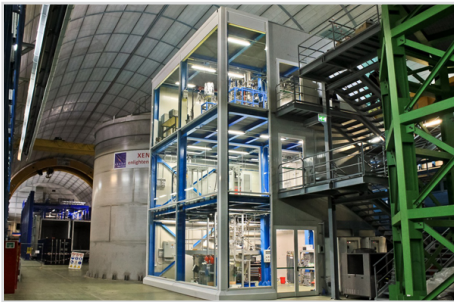
HILUMI, AL CERN IL PIÙ GRANDE PROGETTO DI FISICA DELLE PARTICELLE DEI PROSSIMI 10 ANNI

Intervista a Lucio Rossi, coordinatore del progetto High Luminosity LHC



FOCUS ON p. 9

LASA, ECCELLENZA NELLE TECNOLOGIE PER GLI ACCELERATORI E LA SUPERCONDUTTIVITÀ APPLICATA



RICERCA

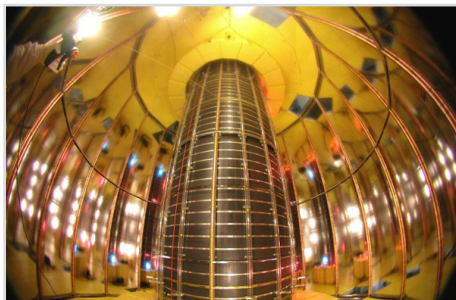
XENON100 STRINGE IL CERCHIO INTORNO ALLA MATERIA OSCURA

I nuovi risultati ottenuti dall'esperimento internazionale XENON100, in funzione ai Laboratori del Gran Sasso dell'INFN, mettono in discussione per la prima volta diversi modelli finora accreditati come possibili spiegazioni della materia oscura. Tra i modelli esclusi da XENON100, anche parte di quelli ipotizzati per spiegare il segnale rivelato per la prima volta nel 1998 e poi confermato negli anni successivi, ai Laboratori del Gran Sasso, dall'esperimento DAMA/LIBRA (*D*Ark *M*atter/*L*arge *s*odium *I*odide *B*ulk for *R*Are processes), e interpretato come segnale di particelle di materia oscura. Lo studio condotto da XENON100 è stato pubblicato su *Science*, mentre i risultati ottenuti sono in corso di pubblicazione su *Physical Review Letters*.

Il segnale rivelato da DAMA/LIBRA, che, coerentemente con la presenza di materia oscura, mostra una modulazione stagionale, non è stato finora confermato da nessuno degli altri esperimenti in corso. Questo è stato spiegato ipotizzando che le particelle di materia oscura abbiano interazioni preferenziali con gli elettroni (interazioni "leptofiliche") e che altri esperimenti non abbiano la sensibilità necessaria a rivelarne il segnale.

Per verificare questa ipotesi, gli scienziati dell'esperimento XENON100 hanno sviluppato una nuova tecnica di analisi dei dati raccolti, cercando, per la prima volta, interazioni di materia oscura con gli elettroni dello xenon liquido usato come rivelatore. La nuova tecnica di analisi dovrebbe consentire di evidenziare un segnale molto chiaro di interazioni della materia oscura con gli elettroni, che tuttavia non si osserva. D'altra parte, l'evidenza più che decennale di una variazione stagionale del segnale osservato da DAMA/LIBRA non ha trovato finora spiegazioni diverse dalla rivelazione di materia oscura. Il risultato ottenuto da XENON100 spinge quindi a un forte ampliamento dell'orizzonte di ricerca in questo campo.

Allo scopo di estendere ulteriormente le possibilità d'indagine dell'esperimento, entro l'anno la collaborazione XENON completerà un rivelatore di nuova generazione chiamato XENON1T, 20 volte più grande, e progettato per essere 100 volte più sensibile rispetto a XENON100. ■



RICERCA

STESSA MASSA PER MATERIA E ANTIMATERIA NUCLEARE

Un team di fisici dell'INFN, nell'ambito di ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), ha verificato l'uguaglianza di una proprietà fondamentale di materia e antimateria nucleare, la massa, a un livello di precisione mai raggiunto prima. La ricerca si è guadagnata la pubblicazione su *Nature Physics*, la prima per ALICE su questa rivista. L'esperimento ALICE è riuscito, infatti, a selezionare un campione di un milione di nuclei di antideuterio e di migliaia di nuclei dell'isotopo leggero dell'antielio, e a misurare la differenza di massa con i corrispondenti nuclei di materia. Questa differenza, entro le incertezze sperimentali, è risultata pari a zero. La misura di ALICE si collega a quella effettuata 50 anni fa al CERN dal gruppo guidato da Antonino Zichichi, migliorando sensibilmente la precisione nella stima della differenza in massa di nuclei e antinuclei, fino ad arrivare a una parte su 10000 nel caso dell'antideuterio e una parte su 1000 per l'antielio. Per realizzare questa misura di precisione, i fisici INFN hanno costruito un rivelatore che rappresenta un grande cronometro alla frontiera della tecnologia. Si tratta del TOF (*Time Of Flight*) che misura il tempo di volo, cioè il tempo che impiega una particella prodotta in una collisione a raggiungere il rivelatore, a circa 4 m di distanza. Il TOF ha misurato questo tempo con una risoluzione di 80 picosecondi (80 millesimi di miliardesimi di secondo). Lo studio conferma non solo che esiste l'antimateria aggregata, come già dimostrato 50 anni fa, ma anche che questa si comporta come la materia. ■



INFRASTRUTTURE L'EUROPA PUNTA SU ESS

Il centro di ricerca multi-disciplinare ESS (*European Spallation Source*), basato sulla più potente sorgente di neutroni mai realizzata al mondo, è stato costituito nella forma di Consorzio Europeo ERIC (*European Research Infrastructure Consortium*). Il completamento di questo importante traguardo, approvato recentemente dalla Commissione Europea, consentirà una gestione più agile ed economica di tutte le fasi di realizzazione dell'infrastruttura. Già inserito tra i progetti strategici nella roadmap del Forum Strategico Europeo per le Infrastrutture di Ricerca (ESFRI), ESS aprirà nuovi fronti di ricerca e applicazione nel campo della fisica fondamentale, delle scienze della vita, dell'energia, della tecnologia ambientale e dei beni culturali. Da poco avviata, la costruzione di ESS coinvolge 17 Paesi, con Svezia e Danimarca nazioni ospitanti. Nei due Paesi saranno basati, rispettivamente, il centro di ricerca e il centro di supercalcolo, che gestirà la grande mole di dati prodotti. L'Italia partecipa a ESS con il Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca (MIUR) e con l'INFN, con il ruolo di coordinatore per l'Italia, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ed Elettra Sincrotrone Trieste. L'investimento totale previsto è di 1,84 miliardi di euro con un contributo italiano del 6%, l'80% del quale sarà in-kind, attraverso la fornitura di parti della macchina. ESS avrà quindi per l'Italia, come per altri Paesi, una doppia valenza strategica: da un lato rappresenterà un'opportunità unica per la ricerca scientifica di base e applicata, dall'altro richiederà un incisivo intervento di ricerca e sviluppo da parte delle industrie di alta tecnologia, rappresentando così un volano economico per tutta l'Europa. ■



COMUNICAZIONE PHOTOWALK: CONCONSO INTERNAZIONALE PER I MIGLIORI SCATTI DI SCIENZA

Torna a settembre il concorso fotografico internazionale Photowalk 2015 che darà a centinaia di fotografi la rara opportunità di esplorare e fotografare acceleratori, rivelatori di particelle, laser ad alta intensità, oltre agli strumenti e agli stessi scienziati in azione nei laboratori di fisica di tutto il mondo. L'edizione del 2015 del concorso, promossa dal network internazionale InterActions, include per l'estero il CERN di Ginevra, SLAC in California, FERMILAB a Chicago, KEK in Giappone, COEPP in Australia, TRIUMPH in Canada. In Italia la competizione si svolgerà il 25 settembre, in concomitanza con la Notte Europea dei Ricercatori, e avrà come set esclusivo i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN. Le istantanee scattate durante le visite saranno selezionate da una giuria locale e le foto vincitrici dei concorsi nazionali parteciperanno al concorso internazionale. In Italia la foto vincitrice sarà pubblicata su *Le Scienze* e sul sito nationalgeographic.it mentre quella del concorso internazionale sarà ospitata nelle pagine del Cern Courier.

Gallery delle foto vincitrici della passata edizione: www.infn.it

Per informazioni scrivere a comedu@Inf.infn.it

Termini e condizioni del concorso saranno disponibili dai primi di settembre su www.infn.it/comunicazione e su <http://w3.Infn.infn.it>. ■

» L'INTERVISTA



HILUMI, AL CERN IL PIÙ GRANDE PROGETTO DI FISICA DELLE PARTICELLE DEI PROSSIMI 10 ANNI

Intervista a Lucio Rossi, coordinatore del progetto High Luminosity LHC

Si chiama *High Luminosity LHC* (HiLumi). È il progetto in corso per rendere ancora più potente il *Large Hadron Collider* del CERN. L'obiettivo è aumentare il potenziale di scoperta di LHC e dei suoi esperimenti e, per farlo, si sta lavorando per incrementare la luminosità della macchina, in modo che il superacceleratore sia in grado di produrre ancora più collisioni al secondo. Ma HiLumi rappresenta anche una sfida tecnologica, di portata tale da richiedere almeno dieci anni per il completo compimento. Ne abbiamo parlato con Lucio Rossi, responsabile del progetto.

In che cosa consiste HiLumi LHC?

Il progetto è una nuova configurazione di LHC, che dovrebbe essere capace di aumentare di un fattore 5 la luminosità di picco, cioè il numero di eventi prodotti al secondo, e di un fattore 10 la luminosità integrata, cioè la quantità di dati complessiva raccolta dagli esperimenti. In termini tecnici, la macchina e i rivelatori sono stati progettati per produrre 300 femtobarn inversi (l'unità di misura della luminosità integrata). Con HiLumi raggiungeremo i 3000. Per ottenere queste prestazioni, non è sufficiente migliorare la macchina, è necessario che anche gli esperimenti siano decisamente migliorati. Per osservare qualcosa, infatti, non basta fare luce, è necessario che anche gli occhi siano efficienti, altrimenti è come se ti puntassero un faro dritto in faccia: non vedi più nulla. Stiamo quindi lavorando alla progettazione di un sostanziale upgrade sia dell'acceleratore sia dei rivelatori.

Le spese per questi lavori saranno sostenute principalmente dal CERN per quel che riguarda l'acceleratore. Mentre per i lavori sugli esperimenti i costi saranno sostanzialmente sostenuti, oltre che dal CERN stesso, dagli enti associati, come l'INFN.

A che punto è il progetto e quali sono le prossime tappe?

Stiamo ultimando il *design study*, che sarà pronto entro l'anno. Era stato approvato nel 2011

» L'INTERVISTA

e finanziato parzialmente dall'Europa, tant'è che il nome HiLumi è dovuto proprio al nome del progetto europeo. Ma non stiamo solo proseguendo con il lavoro tecnico per concludere lo studio di progetto, nel contempo abbiamo anche avviato la produzione dei primi prototipi. Da qui al 2017 lavoreremo sull'hardware, in particolare sui prototipi dei nuovi magneti da 12 TeV: saranno magneti superconduttori di Niobio-3-Stagno, che consentiranno di raggiungere prestazioni maggiori del 40-50%, rispetto all'attuale LHC, nella zona di focalizzazione intorno agli esperimenti. Oltre ai magneti, l'altra componente importante per la nuova macchina sono le cosiddette *crab cavity*, cavità superconduttive molto speciali perché manipolano il fascio nel piano trasverso e, assieme ai magneti, consentono l'aumento di luminosità. Un terzo elemento fondamentale è la nuova generazione di collimatori, simili a quelli che sono attualmente in LHC, ma realizzati con nuovi materiali: si tratta di dispositivi innovativi che utilizzano fasci di elettroni per collimare l'alone del fascio primario di protoni di LHC. Infine, un'altra componente determinante è rappresentata dai *superconducting link*, costituito da cavi superconduttivi di alto amperaggio, fino a 100 kAmpere che consentiranno di spostare gli alimentatori dei magneti, così da portarli lontano dal tunnel e schermarli dalle radiazioni.

La struttura dell'anello dell'acceleratore e le caverne degli esperimenti rimarranno le stesse?

Assolutamente no. HiLumi non è solo una grande impresa tecnologica, è anche un'importante opera di ingegneria civile. Sarà necessario costruire nuove gallerie e nuove caverne in corrispondenza degli esperimenti ATLAS e CMS. Dobbiamo, infatti, trovare collocazione ai nuovi equipaggiamenti criogenici, perché anche la criogenia sarà aumentata. I nuovi tunnel laterali misureranno circa 300 metri e accoglieranno, oltre ai sistemi criogenici, anche quelli elettrici e di alimentazione. Per capire le dimensioni dei lavori che dovranno essere eseguiti, basti pensare che l'opera di ingegneria civile di HiLumi vale il 25% di quella del progetto LHC. Tutto quello che ho descritto finora fa di HiLumi LHC il più grande progetto di fisica delle particelle per il prossimo decennio.

Qual è il costo complessivo di HiLumi?

Nel 2014 il CERN ha approvato il progetto, inserendolo nel Piano a Medio Termine ma il budget di spesa era coperto solo per tre-quarti. Ora, invece, nel nuovo documento 2015 del Piano a Medio Termine (2016-2020) c'è il finanziamento necessario fino al 2020, ed è indicato il resto del finanziamento per portare a termine il progetto nel 2026. A settembre, quindi, dovrebbe essere approvato dal CERN l'impianto per l'intero finanziamento di HiLumi, nel piano di programmazione quinquennale.

Il costo totale del progetto è di 958 milioni di franchi svizzeri (poco più di 900 milioni di euro). È un costo valutato secondo i parametri europei, non americani, quindi significa che considera il costo del materiale, escludendo quello del personale di staff. I costi di HiLumi sono stati validati da un pannello di revisori: a marzo, infatti, esperti internazionali indipendenti dal CERN ma che rendevano conto al CERN, non al management del progetto, hanno condotto un'attenta revisione dei costi e della programmazione. A seguito di questa revisione, abbiamo ricevuto delle indicazioni, che abbiamo

» L'INTERVISTA

recepito e integrato nel progetto di Medio Termine.

Qual è il contributo dell'Italia a HiLumi?

L'INFN ha dato un contributo importante al design study dei magneti, in particolare grazie al laboratorio LASA di Milano. Inoltre, l'INFN ha contribuito alla fisica di macchina con le competenze dei Laboratori Nazionali di Frascati. L'Istituto si è impegnato con contratti, condivisi a metà con il CERN, per i magneti correttori di nuovo tipo, cui contribuisce sempre il LASA. La sezione INFN di Genova si è impegnata a realizzare il design e a seguire il prototipo del magnete dipolo D2: un dipolo la cui realizzazione è particolarmente complessa. Attualmente sono in discussione altre forme di collaborazione.

Anche il contributo delle industrie nazionali è molto forte, in particolare, le due aziende genovesi, ASG Superconductors e Columbus. Quest'ultima è in pole position per la realizzazione dei *superconducting link*, che utilizzeranno un nuovo materiale superconduttore, il di-Boruro di Magnesio (MgB₂), un materiale che viene prodotto su scala industriale adeguata alle nostre necessità solo dalla Columbus. ASG, invece, è già implicata nella costruzione della nuova tecnologia dei magneti, in collaborazione con altre ditte: ingegneri e tecnici della ASG stanno lavorando nei laboratori del CERN per imparare la tecnologia (dando a loro volta un contributo di *know-how* importante) e acquisire così le competenze per partecipare alle gare d'appalto. Viene poi la ditta Tosti di Castel del Piano (GR), che è un fornitore di materiali compositi con profilo speciale per la realizzazione dei magneti. La Tosti sta investendo anche in nuove tecnologie per cavità superconduttive a radiofrequenza. E, inoltre, ci sono diverse altre ditte in pista per la realizzazione di altre componenti di HiLumi.

Il contributo italiano si colloca così fra i primi tre, dopo Regno Unito, che era invece piuttosto assente in LHC, e Francia. Gli inglesi hanno investito molto nel *design study* di HiLumi, cui hanno partecipato cinque università inglesi. Quando gli istituti di ricerca si dedicano al progetto, il mondo industriale poi segue a ruota. L'INFN rappresenta un esempio virtuoso di questo meccanismo. L'INFN è considerato un partner importante nella realizzazione sia dei rivelatori sia dell'acceleratore: essere molto distribuiti sul territorio nazionale, come lo è l'INFN, favorisce nella differenziazione e questo è il punto di forza dell'INFN.

Qual è il futuro di HiLumi?

HiLumi ha due scopi: uno di fisica e uno tecnologico. In altre parole, è un progetto per lo sfruttamento massimo di LHC, in grado di allungarne la vita con una spesa del 25% del suo budget. Il secondo scopo di un progetto come HiLumi è l'ambizione di generare nuove tecnologie. LHC ha portato a compimento la specializzazione tecnologica sviluppata con il Tevatron. In HiLumi, invece, col Niobio-3-Stagno stiamo sperimentando qualcosa di nuovo: dobbiamo costruire 40 grandi magneti, che rappresentano il 2-3% dei magneti di LHC, e che equivalgono a circa un chilometro di macchina. È un progetto di media scala, non grande come LHC. Ci possiamo quindi permettere di "sperimentare", sebbene sempre con margini di sicurezza, come dovuto in una macchina che deve "produrre". La

» L'INTERVISTA

nostra ambizione è fare con HiLumi un salto tecnologico rispetto ad oggi.

Installeremo le nuove componenti nel 2024 e ci vorranno due anni per concludere i lavori. Poi, HiLumi LHC lavorerà per una decina d'anni, portandoci così alla metà degli anni '30, e rimarrà operativo probabilmente fino al 2040. È un progetto-ponte perfetto, fatto per concludersi in 25 anni, finché non sarà pronto il nuovo grande acceleratore di futura generazione, di cui stiamo già da tempo discutendo. D'altro canto, nel nostro settore se si è miopi non si va da nessuna parte. Noi siamo lungimiranti per definizione, perché sono queste le scale temporali della fisica delle alte energie, dei grandi progetti di ricerca di base, quelli che poi portano con sé le rivoluzioni scientifiche e tecnologiche. ■

» FOCUS ON



LASA, ECCELLENZA NELLE TECNOLOGIE PER GLI ACCELERATORI E LA SUPERCONDUTTIVITÀ APPLICATA

A Segrate, alle porte di Milano, fa scuola da quasi trent'anni il LASA (Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata) dell'INFN, un centro d'eccellenza di livello internazionale in materia di tecnologie d'avanguardia per gli acceleratori di particelle. Al LASA è stato realizzato il primo ciclotrone superconduttore italiano, primo anche in Europa e terzo al mondo, che dal 1994 è impegnato ai Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN, in attività di ricerca e importanti applicazioni alla medicina. Con lo sviluppo di tecnologie avanzate per la superconduttività, i sistemi a radiofrequenza, la criogenia e la produzione di campi magnetici ad alta intensità, il laboratorio ha favorito la crescita di competenze uniche, al servizio dello sviluppo di tecnologie innovative per i più grandi progetti internazionali di fisica delle particelle. La missione primaria del LASA riguarda lo sviluppo di sistemi superconduttori per l'accelerazione delle particelle (cavità a radiofrequenza) e per la guida dei fasci (magneti).

Fondamentale è il contributo del laboratorio milanese al successo di LHC, al CERN. Grazie all'attività del LASA, infatti, sono stati sviluppati i primi prototipi dei dipoli superconduttori dell'acceleratore e del magnete toroidale dell'esperimento ATLAS, il più grande dei rivelatori di LHC. Il laboratorio ha inoltre fornito e certificato il 50% del cavo superconduttore e realizzato le bobine superconduttrici dell'esperimento. Oggi, con il progetto MAGIX (Magneti Innovativi per i futuri acceleratori), il LASA è in prima linea nello sviluppo delle tecnologie per il futuro di LHC. MAGIX prevede la progettazione, la costruzione e il collaudo criogenico di prototipi dei magneti superconduttori per le regioni di interazione del progetto HiLumi che seguirà l'ultima fase di attività di LHC.

Ma l'impegno del LASA riguarda un ampio spettro di settori e, tra le attività in corso, lo studio delle cavità superconduttive a radiofrequenza (SRF) per gli acceleratori è certamente una delle più promettenti. In particolare, il laboratorio coordina l'aspetto tecnico-scientifico della partecipazione italiana a XFEL (*European X Free Electron laser*), un'infrastruttura europea basata su una potente sorgente di raggi X, in avanzata fase di costruzione, che sarà attiva dal 2017 ad Amburgo, a disposizione dei ricercatori di tutto

» FOCUS ON

il mondo per la ricerca e le applicazioni multidisciplinari in settori quali la fisica, la biologia, la medicina, la scienza dei materiali. Il LASA ha la responsabilità della realizzazione, con l'industria nazionale, di metà delle 800 cavità superconduttive dell'acceleratore per elettroni, quasi la metà dei moduli criogenici che le contengono e del sistema di controllo della distribuzione della carica per massimizzare la corrente del fascio. Inoltre, sempre nel campo della produzione di radiazione X per applicazioni multidisciplinari, il gruppo di ricerca sulle cavità SRF è un punto di riferimento mondiale per la produzione di fotocatodi per sorgenti di fasci di elettroni ad altissima brillantezza, che sono forniti dal LASA alle principali infrastrutture mondiali attive in questo campo. È infine determinante il ruolo del gruppo SRF nella progettazione e nello sviluppo delle cavità superconduttive per l'accelerazione di fasci di protoni per il progetto europeo ESS (*European Spallation Source*), la più potente sorgente di neutroni al mondo per la ricerca di base e applicata, in costruzione a Lund, in Svezia, che dovrebbe diventare operativo nel 2019.

Negli anni, le competenze acquisite al LASA hanno portato allo sviluppo di numerose attività di fisica applicata e di trasferimento tecnologico. Tra queste, ad esempio, lo sviluppo di acceleratori lineari compatti (3 GHz) per applicazioni mediche (il cui primo prototipo denominato LIBO è esposto al Globe of Science and Innovation al CERN) e la collaborazione nella progettazione e costruzione della cavità accelerante per il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) di Pavia.

Attualmente, come partner del progetto europeo ELI (*Extreme Light Infrastructure*), il LASA si occupa dell'applicazione degli acceleratori laser alla medicina, alla fisica nucleare, alla fusione inerziale, oltre che alla diagnostica avanzata per l'analisi delle proprietà dei materiali, attraverso lo sviluppo e la caratterizzazione di fasci di protoni generati da fasci laser di alta potenza.

Nel settore della produzione di radionuclidi sono attive collaborazioni per il *commissioning* del ciclotrone ad alta intensità SPES (*Selective Production of Exotic Species*), in corso di installazione ai Laboratori Nazionali di Legnaro dell'INFN, con cui il laboratorio di radiochimica del LASA collabora per l'applicazione degli acceleratori di particelle alla diagnostica medica e alla radioterapia metabolica. Sono inoltre in corso al LASA studi di nano-tossicologia per il monitoraggio degli inquinanti ambientali, in collaborazione con il Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA) dell'Università degli Studi di Pavia.

Il LASA è infine attivo nel campo della divulgazione sul tema della radioattività ambientale attraverso l'installazione presso le scuole di un laboratorio per misure di radioattività, in collaborazione con le attività del Progetto Lauree Scientifiche del MIUR. ■

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**REDAZIONE**

Coordinamento: Francesca Scianitti

Progetto e contenuti: Eleonora Cossi, Davide Patitucci, Francesca Scianitti, Antonella Varaschin

Grafica: Francesca Cuicchio

CONTATTI**Ufficio Comunicazione INFN**

comunicazione@presid.infn.it

+ 39 06 6868162

EU INFN Office - Bruxelles

euoffice@presid.infn.it

Valerio Vercesi - Delegate to European Institutions

Alessia D'Orazio - Scientific Officer

+32 2 2902 274