



NEWSLETTER 57

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

INTERVISTA



TECNOLOGIE INNOVATIVE PER LA RICERCA DELLA MATERIA OSCURA

Intervista a Elisabetta Baracchini, assistant professor al GSSI Gran Sasso Science Institute e ricercatrice all'INFN, vincitrice di un ERC Consolidar Grant, pag. 2

NEWS

RICERCA

OPEN SCIENCE: LIGO E VIRGO REDONO PUBBLICI I DATI DEL SECONDO PERIODO DI OSSERVAZIONE, p. 5

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

FERMILAB: CERIMONIA DI POSA DELLA PRIMA PIETRA PER PIP-II, p. 6

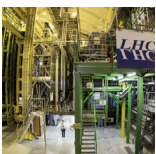
APPLICAZIONI

DALLE ONDE GRAVITAZIONALI ALL'ANALISI CLINICA, p. 7

INFRASTRUTTURE

INIZIA LA FASE 3 DELLA PIÙ POTENTE B FACTORY DEL MONDO, p. 8

FOCUS



OSSERVATA PER LA PRIMA VOLTA LA VIOLAZIONE DI CP NELLE PARTICELLE CHARM, p. 9

» INTERVISTA



TECNOLOGIE INNOVATIVE PER LA RICERCA DELLA MATERIA OSCURA

Intervista a Elisabetta Baracchini, assistant professor al GSSI Gran Sasso Science Institute e ricercatrice all'INFN, vincitrice di un ERC Consolidar Grant

L'ERC Consolidar Grant è destinato a ricercatori eccellenti di qualsiasi nazionalità ed età, con almeno sette e fino a dodici anni di esperienza dopo il dottorato, e un curriculum scientifico promettente. La sua assegnazione per il 2018 è valsa a Elisabetta Baracchini, assistant professor al GSSI Gran Sasso Science Institute e ricercatrice all'INFN, un finanziamento del valore di 1.995.719 euro. I candidati devono svolgere il proprio lavoro in un'organizzazione di ricerca pubblica o privata con sede in uno degli Stati membri dell'UE o dei paesi associati. Il finanziamento (in media di 2 milioni di euro per grant) è previsto per un massimo di cinque anni e copre principalmente l'impiego di ricercatori e altro personale allo scopo di consolidare il gruppo di lavoro dei beneficiari.

Il progetto proposto da Elisabetta Baracchini, INITIUM (an Innovative Negative Ion Time projection chamber for Underground dark Matter searches), ha come obiettivo la realizzazione di un rivelatore innovativo per la ricerca diretta di materia oscura, oggi uno dei settori di indagine di punta della fisica fondamentale. INITIUM prevede lo sviluppo e la realizzazione di una Time Projection Chamber (TPC, camera a proiezione temporale) a gas di 1 m³ di volume, capace di ricostruire con grande precisione in 3D le tracce degli eventi rivelati grazie a una sofisticata tecnologia di lettura dei segnali. Il progetto, della durata di 5 anni, prevede l'installazione di INITIUM ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN.

Abbiamo chiesto a Elisabetta Baracchini di spiegarci la strategia di investimento del grant che le è stato assegnato, le finalità e le aspettative di sviluppo del progetto.

Innanzitutto, come è arrivata a dedicarsi a un settore della ricerca fondamentale caratterizzato da così poche certezze e moltissime incognite: la ricerca della materia oscura?

Sono motivata dal fatto che non sappiamo spiegare il comportamento della maggior parte della massa del nostro universo. E sebbene ci siano prove incontrovertibili dell'esistenza della materia oscura – così chiamiamo questa massa sconosciuta – sulla vera natura di questa gran parte del cosmo abbiamo solo delle

» INTERVISTA

ipotesi, perché tutte le prove esistenti sono indirette. Osservare direttamente la materia oscura nei nostri rivelatori ci darebbe la possibilità di aprire una finestra completamente nuova sulla nostra comprensione del cosmo e delle interazioni fondamentali che lo governano.

Si tratta di una sfida prettamente sperimentale, in quanto l'osservazione diretta della materia oscura si basa sulla capacità di rivelare piccolissime quantità di energia rilasciate da un atomo colpito dalla materia oscura nel nostro rivelatore, e sulla possibilità o meno di distinguere questi eventi dalle interazioni causate dalle particelle comuni, che sono centinaia o migliaia di miliardi di volte più frequenti. Queste ricerche rappresentano dunque una delle avanguardie nello sviluppo di nuove tecnologie e, in generale, di nuovi approcci alla rivelazione di particelle: una caratteristica che fa di questo settore un ambito di lavoro ricco di stimoli e nuove possibilità.

Ci può spiegare il suo progetto e le sue premesse? A suo giudizio, perché è stato ritenuto promettente dall'ERC?

Il mio progetto si basa sull'idea di misurare e identificare la direzione di arrivo delle particelle rivelate, per distinguere gli eventi causati dalla materia oscura da quelli dovuti alle interazioni della materia ordinaria: questo potrebbe rappresentare la chiave per l'identificazione positiva e inequivocabile di un segnale di materia oscura. L'approccio è infatti del tutto innovativo rispetto agli esperimenti che sono attualmente operativi e che possono rivelare solo l'energia depositata.

La tecnica si basa su una ragionevole aspettativa. A causa del movimento della Terra rispetto al centro della nostra galassia, infatti, ci si aspetta che la materia oscura abbia una direzione preferenziale nello spazio, a differenza di tutto quello che può mimare una sua interazione. Per fare questo, il nostro progetto prevede l'uso di un gas, come materiale rivelatore, e di telecamere CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*, gli stessi sensori che abbiamo nei cellulari) in grado di "fotografare" la traccia rilasciata dal passaggio delle particelle nel gas, dopo un'opportuna amplificazione del segnale.

Credo che l'ERC mi sia stato assegnato perché la tecnica che abbiamo proposto è innovativa per il tipo di ricerca alla quale si applica. Inoltre, nel contesto dello sviluppo del settore della ricerca direzionale di materia oscura, questo approccio innovativo arriva al momento giusto, in quanto solo negli ultimi anni ha raggiunto la maturità adeguata per competere con le altre tecniche in uso.

Come sta investendo il finanziamento? Le ha dato modo di rafforzare il suo team?

La metà, circa, del finanziamento sarà dedicata al personale e all'ampliamento della squadra di ricerca. In particolare, lo stanziamento mi ha già permesso di aprire due posizioni di 4 anni per il prossimo ciclo di dottorato del Gran Sasso Science Institute (GSSI), il cui bando è stato pubblicato di recente. Contiamo

» INTERVISTA

inoltre di integrare nella squadra altri due ricercatori postdoc.

Sono particolarmente felice di poter aprire queste posizioni, perché mi consentiranno di creare un gruppo giovane e motivato e di iniziare a sviluppare con loro questa e altre linee di ricerca al GSSI. Una parte del finanziamento, pari a circa 600 mila euro, servirà poi per acquistare nuove componenti e realizzare il rivelatore stesso, implementarne i servizi e, infine, installarlo in una delle sale dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN.

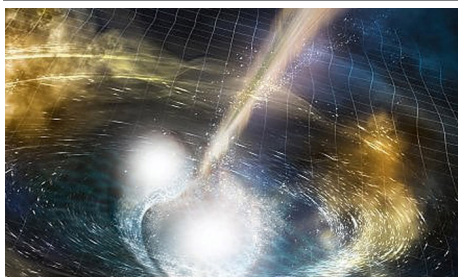
Quali le maggiori difficoltà che immagina di dover affrontare, a livello di limitazioni tecnologiche ma anche di ostacoli nel processo di ricerca, di motivazione personale e del suo team?

Da un punto di vista pratico, ovviamente la mia preoccupazione maggiore è non riuscire a realizzare un rivelatore con performance competitive e, di conseguenza, non poter dimostrare la validità del nostro approccio. Di fatto, i primi 18 mesi del progetto prevedono ancora una fase di sviluppo della nostra tecnica, in termini di ottimizzazione della miscela di gas, del tipo di amplificazione e del sensore per la telecamera. Da un punto di vista personale, la possibilità di portare avanti questo progetto è sicuramente un salto di qualità nella mia carriera, ma anche nella dimensione delle mie responsabilità e di quello che, in generale, mi ritrovo a dover gestire da ora in poi. Tutto questo rappresenta per me una sfida e una possibilità di crescita personale e professionale di grande valore, ma al contempo a volte mi spaventa un po'. Fortunatamente, la nostra squadra di lavoro è formata da colleghi affiatati e motivati, il cui aiuto è estremamente prezioso per la gestione e il perseguimento del successo del progetto. Per questo ho grande fiducia nel futuro.

Quali risultati si aspetta a breve e a lungo termine?

Innanzitutto, questo ERC Grant ci darà la possibilità di accelerare significativamente lo sviluppo delle nostre ricerche, sia dal punto di vista della disponibilità economica per gli acquisti che di investimento sul personale. E, soprattutto, in meno di 4 anni ci permetterà di portare a termine e installare ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso il primo rivelatore direzionale di materia oscura (per masse di WIMP sotto i 10 GeV/c) con prestazioni che ci auguriamo possano essere competitive con gli altri approcci. In generale, questo produrrà un avanzamento nello sviluppo di *Time Projection Chamber* gassose ad alta precisione per diverse applicazioni. Se poi dovesse dimostrare le performance attese, potrebbe effettivamente aprire le porte alla realizzazione di un rivelatore direzionale per materia oscura, alla scala della tonnellata, proiettando la ricerca di materia oscura in una nuova era.

Dal punto di vista personale, spero che il nuovo giovane gruppo di ricerca che si creerà intorno a questo esperimento diventi la base per l'applicazione del nostro approccio in altri campi e per lo sviluppo di altri progetti. ■

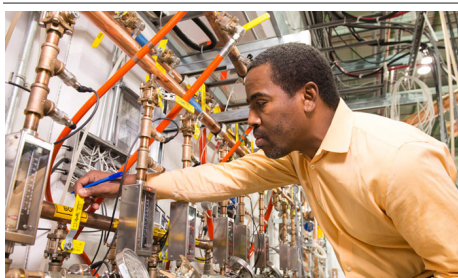


RICERCA

OPEN SCIENCE: LIGO E VIRGO REDONO PUBBLICI I DATI DEL SECONDO PERIODO DI OSSERVAZIONE

La collaborazione LIGO/VIRGO ha reso pubblici i dati dei rivelatori relativi al secondo periodo di presa dati chiamato in gergo O2, cominciato il 30 novembre 2016 e conclusosi il 25 agosto 2017.

I dati sono stati pubblicati sul *Gravitational Wave Open Science Centre* e comprendono oltre 150 giorni di dati registrati da entrambi gli osservatori Advanced LIGO e 20 giorni di dati registrati da Advanced VIRGO che si è unito ai due LIGO il 1° agosto 2017: si tratta del più vasto insieme di dati di interferometri di ultima generazione per la rivelazione delle onde gravitazionali. In questo intervallo sono state osservate sette fusioni di sistemi binari di buchi neri e, per la prima volta, è stata osservata la fusione tra due stelle di neutroni. Oltre ai dati viene resa disponibile anche una dettagliata documentazione e vengono forniti collegamenti a strumenti *software open source*, tutto il materiale potrà essere liberamente usato sia per studi scientifici sia per attività didattiche. Advanced VIRGO e Advanced LIGO stanno per entrare nella nuova stagione di presa dati, O3, che inizierà il 1° aprile prossimo. ■

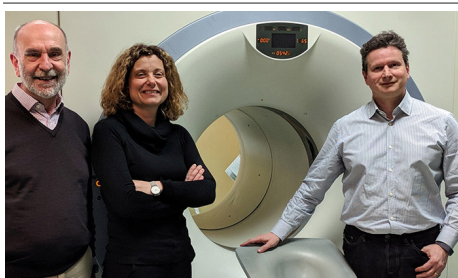


COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

FERMILAB: CERIMONIA DI POSA DELLA PRIMA PIETRA PER PIP-II

Il 15 marzo si è tenuta al Fermilab, negli Stati Uniti, la cerimonia di posa della prima pietra di uno dei più importanti progetti per il futuro della fisica, in cui l'Italia porta un contributo tecnologico e scientifico di primo piano. Si tratta del progetto PIP-II (*Proton Improvement Plan II*) per la realizzazione di un nuovo acceleratore lineare superconduttore, lungo 215 metri: una delle macchine più avanzate per la ricerca in fisica fondamentale che avrà il compito di produrre il fascio di neutrini di alta energia più potente del mondo per il progetto DUNE (*Deep Underground Neutrino Experiment*). Alla cerimonia hanno partecipato rappresentanti delle istituzioni americane e internazionali. PIP-II impiega una tecnologia di accelerazione superconduttiva a cui l'INFN contribuisce in modo essenziale attraverso il Laboratorio di Acceleratori e Superconduttività Applicata (LASA) di Milano che realizzerà le cavità risonanti al niobio. Questi componenti di alta tecnologia, realizzati con il contributo dell'industria italiana (Zanon) sono impiegati anche dall'*European XFEL* in Germania e dalla *European Spallation Source* (ESS) in Svezia e saranno installati al CERN nell'evoluzione di LHC, che si chiamerà HiLumi LHC.

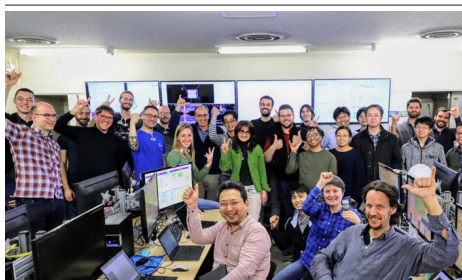
L'obiettivo di PIP-II è di raddoppiare l'energia raggiunta dal suo predecessore e produrre un fascio di protoni di oltre 1 megawatt, circa il 60% più alto rispetto ai complessi di acceleratori esistenti. Una volta operativo, PIP-II diventerà il cuore del complesso di acceleratori del Fermilab e fornirà il fascio di protoni per alimentare un vasto programma di ricerca in fisica delle particelle che si svilupperà nell'arco di alcuni decenni. ■



APPLICAZIONI

DALLE ONDE GRAVITAZIONALI ALL'ANALISI CLINICA

Un nuovo studio, che ha sfruttato per l'analisi dei dati strumenti solitamente impiegati dalla fisica fondamentale, per esempio nella ricerca delle onde gravitazionali, è riuscito a confermare la PET come efficace strumento diagnostico della demenza a corpi di Lewy (DLB). La prova dell'utilità della PET nel mettere in evidenza le regioni cerebrali colpite dalla DLB arriva da una ricerca, pubblicata sulla rivista americana *Annals of Neurology*, condotta sulla più ampia casistica mai esaminata: 171 pazienti che si erano sottoposti a FDG-PET (PET con glucosio radioattivo). Lo studio, che si è avvalso della rete internazionale di ricerca *European DLB Consortium*, è stato realizzato da ricercatori del Policlinico San Martino e dell'Università di Genova, che hanno curato la raccolta e l'interpretazione clinica dei dati, e da ricercatori dell'INFN che hanno sviluppato la metodologia, utilizzando strumenti mutuati dalla ricerca in fisica ottimizzandoli per il caso specifico, ed eseguito quindi l'analisi. ■

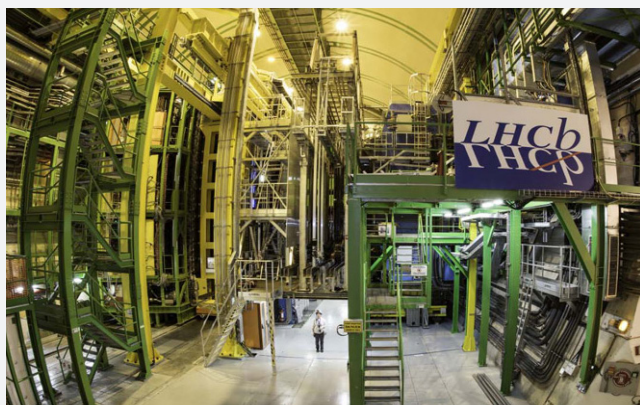


INFRASTRUTTURE

INIZIA LA FASE 3 DELLA PIÙ POTENTE B FACTORY DEL MONDO

Il 22 marzo 2019, nel Laboratorio KEK, a Tsukuba, in Giappone, l'esperimento Belle II ha osservato le sue prime collisioni elettrone-positrone: si è aperta così la Fase 3 del progetto, cui partecipa anche l'INFN, che inizia dopo il completamento del rivelatore Belle II e dopo un *upgrade* dell'acceleratore SuperKEKB, che prevede di raggiungere una luminosità 40 volte maggiore del suo predecessore KEKB. Belle II ha invece l'ambizioso obiettivo di accumulare 50 volte più dati rispetto al suo predecessore Belle, per scovare segnali di nuova fisica che potrebbero nascondersi nei decadimenti dei mesoni B, particelle che contengono un *quark beauty* (b). L'esperimento Belle II, frutto del lavoro di una collaborazione internazionale formata da circa 800 fisici di 23 nazioni diverse, è ora pronto a diventare assieme a SuperKEKB la più potente "Super B factory" del mondo, in grado di produrre in abbondanza e studiare con grande accuratezza i decadimenti dei mesoni B. ■

» FOCUS



OSSERVATA PER LA PRIMA VOLTA LA VIOLAZIONE DI CP NELLE PARTICELLE CHARM

È stata osservata per la prima volta nei decadimenti delle particelle charm (contenenti un quark c , che ha carica elettrica $+2/3$) un'asimmetria di comportamento rispetto alle loro antiparticelle, chiamata violazione di CP. In particolare, la violazione di CP è stata osservata nei mesoni D^0 . La misura è stata ottenuta dal rivelatore LHCb all'acceleratore LHC del CERN ed è stata coordinata dal gruppo della Sezione dell'INFN di Bologna che fa parte della collaborazione scientifica dell'esperimento LHCb.

Il risultato, che ha una significatività statistica di 5.3 deviazioni standard, è stato presentato il 21 marzo alla conferenza Rencontres de Moriond EW e in un seminario al CERN.

I quark possono essere suddivisi in due categorie: quelli di "tipo up" con carica $+2/3$ denominati quark up (u), charm (c) e top (t), e quelli di "tipo down" con carica $-1/3$, i quark down (d), strange (s) e beauty (b). Differenze di proprietà tra materia e antimateria derivanti dal cosiddetto fenomeno della violazione della simmetria CP erano state osservate in passato solo nei decadimenti di particelle strange e beauty, cioè particelle che contengono quark s o quark b . La violazione di CP non era mai stata misurata prima d'ora nei decadimenti di particelle che contengono quark con carica di $+2/3$.

Il fenomeno della violazione di CP fu osservato per la prima volta nel 1964 nel decadimento dei mesoni K neutri, e i due fisici che fecero la scoperta, James Cronin e Val Fitch, furono insigniti del premio Nobel per la fisica nel 1980. A quel tempo, la scoperta rappresentò una grande sorpresa per la comunità dei fisici delle particelle, allora fermamente convinta che la simmetria CP non potesse essere violata.

Si poneva, quindi, il problema di come inserirla nella descrizione matematica della teoria. Un primo contributo teorico, successivamente rivelatosi fondamentale per lo sviluppo di una descrizione completa del fenomeno, era già stato fornito in un celebre articolo del 1963 da Nicola Cabibbo, il quale aveva capito che l'interazione debole 'interpreta' le particelle composte da quark come il risultato del mescolamento dei loro vari tipi.

» FOCUS

Partendo dalle fondamenta gettate da Cabibbo, i giapponesi Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa realizzarono all'inizio degli anni '70 che la violazione di CP poteva essere inclusa nel quadro teorico che oggi conosciamo come Modello Standard della fisica delle particelle elementari a condizione che esistessero in natura almeno sei diversi tipi di quark. Alla matrice che descrive il mescolamento dei quark fu dato poi il nome di matrice CKM, dalle iniziali dei cognomi tre fisici teorici. L'idea fu confermata definitivamente tre decenni dopo con la scoperta della violazione di CP nei decadimenti delle particelle beauty da parte degli esperimenti BaBar negli Stati Uniti e Belle in Giappone, risultato che condusse al riconoscimento del premio Nobel per la fisica nel 2008 a Kobayashi e Maskawa.

Questa misura stimolerà un rinnovato lavoro teorico per valutarne l'impatto sulla descrizione fornita dalla matrice CKM nel contesto del Modello Standard, e aprirà la strada alla ricerca di possibili nuovi processi di violazione di CP nelle particelle charm. ■

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

COORDINAMENTO:

Francesca Scianitti

REDAZIONE

Eleonora Cossi

Francesca Mazzotta

Francesca Scianitti

Antonella Varaschin

GRAFICA:

Francesca Cuicchio

TRADUZIONI:

ALLtrad

ICT SERVICE:

Servizio Infrastrutture e Servizi Informatici Nazionali INFN

CONTATTI

Ufficio Comunicazione INFN

comunicazione@presid.infn.it

+ 39 06 6868162

Immagine di copertina

Il primo evento del tipo B-antiB rivelato nel terzo *Run* di fisica dell'esperimento Belle II
