



NEWSLETTER 41

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

INTERVISTA



VI RACCONTO COM'È NATO VIRGO

Intervista (del febbraio 2016) ad Adalberto Giazotto, recentemente scomparso, fondatore del progetto per lo studio delle onde gravitazionali Virgo, p. 2

NEWS

RICERCA

BABAR METTE ALLE CORDE IL FOTONE OSCURO, p. 5

INFRASTRUTTURE

ULTIMATA LA SORGENTE DI PROTONI PER
L'EUROPEAN SPALLATION SOURCE (ESS), p. 6

POLITICA DELLA RICERCA

PRESENTATA A BRUXELLES LA STRATEGIA EUROPEA PER LA FISICA NUCLEARE, p. 7

RICONOSCIMENTI

FISICA QUANTISTICA: AI LNF SI STUDIA CON IL PROGETTO TEQ, p. 8

FOCUS



DAMPE: A CACCIA DI MATERIA OSCURA NEI RAGGI COSMICI p. 9

» INTERVISTA



VI RACCONTO COM'E' NATO VIRGO

Intervista (del febbraio 2016) ad Adalberto Giazotto, recentemente scomparso, fondatore del progetto per lo studio delle onde gravitazionali Virgo

Il suo nome è saldamente legato alla fisica delle onde gravitazionali, le increspature dello spaziotempo predette da Albert Einstein un secolo fa nella teoria della Relatività Generale. Adalberto Giazotto, ricercatore INFN, scomparso lo scorso 15 novembre, scienziato tenace, visionario e lungimirante, ex collaboratore di Edoardo Amaldi, condivideva con Alain Brillet la paternità dell'interferometro Virgo, il rivelatore di onde gravitazionali realizzato in Italia dall'INFN e del francese CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), che con i due interferometri statunitensi LIGO, è stato protagonista della recente scoperta delle onde gravitazionali. È stata di Giazotto l'idea di costruire un interferometro nella campagna pisana. Sua l'idea dei superattenuatori di Virgo, una catena di pendoli altamente tecnologica che consente di isolare efficacemente gli specchi dell'esperimento dai movimenti che turberebbero i segnali. Sua l'idea di andare a cercare le onde gravitazionali alle basse frequenze - là dove sono state trovate poi effettivamente - idea implementata prima da Virgo e successivamente da LIGO. Sua l'idea di costituire una rete globale di interferometri con i due LIGO, di creare una sola grande collaborazione scientifica, idea che si è rivelata la chiave del successo nella caccia alle onde gravitazionali.

In un'intervista rilasciata nel febbraio 2016, Giazotto ci ha raccontato com'è nata l'idea di Virgo e quali sensazioni lo hanno accompagnato alla notizia della scoperta delle onde gravitazionali, obiettivo che aveva inseguito per decenni.

Come sta vivendo i giorni dell'annuncio della scoperta delle onde gravitazionali?

Con grande gioia, anche se un po' da spettatore. Sono molto contento di questo risultato, che rappresenta il coronamento di una linea di ricerca che avevamo iniziato noi di Virgo decine di anni fa, puntando sulle basse frequenze.

» INTERVISTA

Lei è considerato il papà di Virgo.

Siamo stati i primi a dire che era necessario costruire un rivelatore capace di osservare onde gravitazionali anche di bassa frequenza. È stato il più grosso avanzamento nella tecnologia degli interferometri da quando si sono iniziati a realizzare questi rivelatori, negli anni '80. Virgo, approvato definitivamente nel 1993, è stato, infatti, il primo rivelatore al mondo capace di scendere alle basse frequenze, cui hanno fatto seguito il progetto americano Advanced LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*) e il progetto KAGRA (*Kamioka Gravitational wave detector*), in corso di realizzazione in Giappone.

Quali sono state le ragioni di questa scelta?

Il target delle basse frequenze era dettato dagli studi teorici sulla struttura dei sistemi binari di stelle di neutroni e di buchi neri come potentissimi emettitori di onde gravitazionali. Inoltre, i segnali radioastronomici delle pulsar - stelle di neutroni rotanti - mostravano l'esistenza di una popolazione di stelle relativamente numerosa, capace di emettere onde gravitazionali periodiche a frequenze maggiori di 10 Hz. A quel tempo, la frequenza minima dei segnali di onde gravitazionali rivelabili dalle antenne esistenti era circa 100 Hz e, quindi, molto maggiore di quella necessaria a catturare fenomeni astrofisici come quelli descritti sopra.

Come nasce l'idea di Virgo?

Da una passeggiata con Alain Brillet, del CNRS, attorno alla fontana della Minerva nei cortili della Sapienza, a Roma. Erano i primi anni '80, e nell'ateneo romano si svolgeva un congresso sulla Relatività Generale. È in quell'occasione che, insieme al collega francese, decidemmo di avviare una collaborazione per la costruzione di Virgo. Ma l'interferometro non sarebbe mai nato senza IRAS (Interferometro per la Riduzione Attiva del Sisma), che può essere considerato uno dei progenitori di Virgo. Nel 1987, infatti, abbiamo dimostrato che era possibile attenuare il rumore sismico, che impediva di scendere alle basse frequenze e, anche in funzione di questo risultato, l'Italia ha approvato l'esperimento Virgo.

A generare le onde gravitazionali osservate dalla collaborazione LIGO/Virgo è stata la fusione di due buchi neri: la sorprende?

No, non sono sorpreso che sia questa la sorgente. Pensando anni fa alla realizzazione di Virgo avevo scelto di puntare su segnali periodici delle pulsar e su quelli, quasi periodici, emessi dai sistemi di stelle binarie coalescenti di neutroni e di buchi neri. Tutto ciò, allo scopo di avere a disposizione un segnale che dura almeno qualche secondo, e non qualche millisecondo come quelli emessi dalle esplosioni di supernovae. L'ideale, da questo punto di vista, sarebbero state le pulsar, il cui segnale è rigorosamente periodico e dura

» INTERVISTA

da sempre nel tempo. Purtroppo, tutte le onde che abbiamo provato a osservare non ci hanno dato alcun segnale. La Natura avrebbe potuto farci un piccolo regalo, facendoci vedere le onde gravitazionali diversi anni prima. Ma così non è stato. Einstein ne aveva predetto l'esistenza circa un secolo fa.

Perché ci è voluto così tanto per la prima osservazione diretta?

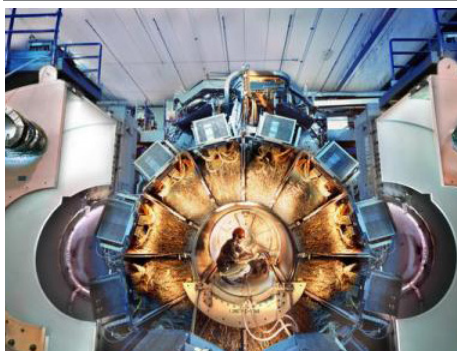
La ragione è che questi segnali sono debolissimi ed è, quindi, estremamente difficile catturarli. Basti pensare che Advanced Virgo sarà in grado di misurare, a partire dalla seconda metà del 2016, variazioni di lunghezza dei bracci, dovute al passaggio di un'onda gravitazionale, un miliardo di volte più piccole del diametro di un atomo d'idrogeno.

Pensa che l'osservazione delle onde gravitazionali diventerà d'ora in poi comune?

Credo di sì. La collaborazione LIGO/Virgo, in fondo, ha visto due segnali a breve distanza di tempo l'uno dall'altro. In futuro, potremmo riuscire a vederne molti di più l'anno.

Comprese quelle primordiali emesse subito dopo il Big Bang?

In questo caso l'osservazione è infinitamente più difficile. Ma, se dovessimo riuscire a catturare le onde gravitazionali primordiali, sarebbe un risultato molto importante. Questi segnali sono, infatti, gli unici che possono raccontarci direttamente come appariva l'universo nei suoi primi istanti di vita, in prossimità del cosiddetto tempo di Planck (10^{-43} secondi dopo il Big Bang), ma sono estremamente piccoli in intensità rispetto a quelli che possiamo vedere attualmente con Virgo e LIGO. ■

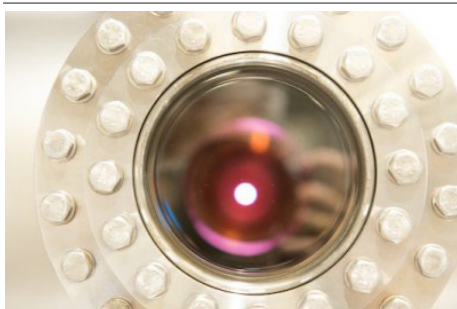


RICERCA

BABAR METTE ALLE CORDE IL FOTONE OSCURO

Il fotone oscuro è una particella simile al fotone delle onde elettromagnetiche ma dotata, diversamente da quest'ultimo, di una piccola massa. È in realtà una particella ipotetica, prevista da alcuni recenti modelli teorici che descrivono la materia oscura, ma mai osservata negli esperimenti. Grazie ai nuovi risultati dell'esperimento BaBar, i fisici che da ogni parte del mondo stanno cercando di capire se questa particella esista effettivamente, hanno da oggi nuove e importanti indicazioni per restringere il terreno di caccia. BaBar è un esperimento internazionale che si trova allo *Stanford Linear Accelerator* (Slac) in California, negli USA, nel quale l'Italia, con l'INFN, ha un ruolo di primo piano con la costruzione del magnete e di componenti fondamentali del rivelatore: il rivelatore di vertice e il rivelatore di muoni. L'acceleratore è stato in funzione dal 1999 al 2008 e l'ultimo anno di presa dati è stato dedicato proprio alla ricerca del fotone oscuro. Dall'analisi dati emergono ora importanti informazioni che escludono possibili "nascondigli" di questa ipotetica particella restringendo significativamente il campo di indagine. I risultati sono pubblicati sulla rivista *Physical Review Letters*. Alla ricerca del fotone oscuro l'INFN partecipa inoltre con un nuovo esperimento che si chiamerà PADME (*Positron Annihilation into Dark Matter Experiment*) ed entrerà in funzione ai Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dell'INFN in una nuova sala sperimentale della struttura di test dell'acceleratore lineare, la *Beam Test Facility* (BTF). PADME è il frutto di una collaborazione internazionale che coinvolge ricercatori della Cornell University e del College of William and Mary, Stati Uniti, dell'istituto MTA Atomki di Debrecen, Ungheria, e dell'Università di Sofia, in Bulgaria. ■

Leggi il focus su PADME http://home.infn.it/newsletter-eu/pdf/NEWSLETTER_INF_N_26_italiano_pag11.pdf



INFRASTRUTTURE

ULTIMATA LA SORGENTE DI PROTONI PER EUROPEAN SPALLATION SOURCE

È stata completata ai Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN la costruzione della sorgente di protoni e della linea di trasporto del fascio ionico per la grande Infrastruttura di Ricerca Europea *European Spallation Source* (ESS), in costruzione a Lund in Svezia. Una volta operativa, ESS sarà la più potente sorgente di neutroni al mondo dedicata a ricerche multidisciplinari: dalle scienze della vita, all'energia, dalle tecnologie per l'ambiente e i beni culturali, alla fisica fondamentale. ESS rappresenta a livello internazionale uno dei progetti di ricerca a più alto investimento economico ed è sostenuto dalla partecipazione di 17 paesi europei tra cui l'Italia attraverso l'INFN, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ed Elettra Sincrotrone Trieste

La realizzazione della sorgente e della linea di trasporto sono il segno tangibile dell'eccellenza internazionale ormai conseguita dai laboratori dell'INFN nel campo degli acceleratori. I risultati ottenuti con l'iniettore della *European Spallation Source* superano nettamente le specifiche di progetto e tutto è stato realizzato nei tempi previsti e nel pieno rispetto del budget concordato. Competitiva a livello europeo, inoltre, la crescita delle aziende italiane che hanno partecipato a questa avventura scientifica, simbolo dell'eccellenza nazionale sul piano dell'innovazione. ■

sito web: <https://europeanspallationsource.se/>

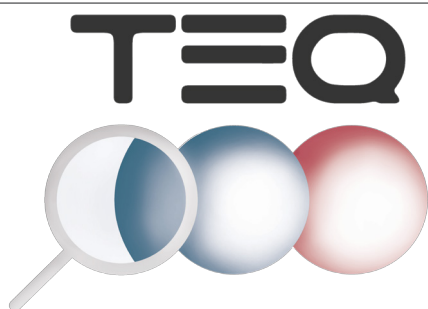


POLITICA DELLA RICERCA

PRESENTATA A BRUXELLES LA STRATEGIA EUROPEA PER LA FISICA NUCLEARE

Il 27 novembre NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*) ha presentato alla University Foundation in Bruxelles il suo quinto Long-Range Plan (LRP 2017) per la fisica nucleare in Europa, che tiene conto dell'evoluzione della ricerca di base e applicativa in questo campo e segna le tappe del percorso per i prossimi anni. La missione di NuPECC, dalla sua fondazione nel 1988, è quella di formulare consigli e raccomandazioni per la ricerca in fisica nucleare in Europa, e a questo scopo ha elaborato nel passato quattro rapporti strategici (1991, 1997, 2004 e 2010). Prodotto finale del processo conclusosi a Bruxelles è il volume *"NuPECC Long Range Plan 2017: Perspectives for Nuclear Physics"*, contenente le raccomandazioni per gli sviluppi futuri della ricerca in fisica nucleare, delle diverse infrastrutture e delle applicazioni in questo campo, finalizzati all'indagine su questioni fondamentali come la materia nucleare in diverse condizioni, le interazioni nucleari e l'origine degli elementi. Informazioni dalla fisica nucleare su questi argomenti sono fondamentali per la descrizione di fenomeni cosmologici come le stelle di neutroni e la loro evoluzione, le esplosioni stellari, la produzione di energia nelle stelle. L'LRP 2017 è stato presentato a Bruxelles dal presidente di NuPECC, Angela Bracco, professore all'Università di Milano e ricercatrice della sezione INFN di Milano, che ha enfatizzato, tra l'altro, la posizione leader dell'Europa in questo settore e lo sforzo collaborativo tra i vari paesi, fondamentale per il mantenimento della *leadership* mondiale.

Tra i 90 partecipanti all'evento, oltre ai rappresentanti dell'esecutivo e dei laboratori dell'INFN – presenti con ruoli di coordinamento nel programma europeo per la fisica nucleare - il presidente di ESFRI, Giorgio Rossi, il presidente di ESFRI-PSE, José Luis Martinez, il capo dell'unità *Research Infrastructures of the European Commission*, Ales Fiala, il presidente di European Physical Society, Rüdiger Voss, e il direttore scientifico di FAIR, Palo Giubellino. ■



RICONOSCIMENTI **FISICA QUANTISTICA:** **AI LNF SI STUDIA CON IL PROGETTO TEQ**

Uno degli interrogativi più importanti nel campo della fisica quantistica è se sia possibile osservare comportamenti quantistici in oggetti macroscopici e in quali condizioni. Una risposta positiva in tal senso

favorirebbe la ricerca di proprietà singolari della meccanica quantistica in una gamma di sistemi fisici molto più ampia, non limitatamente al mondo microscopico.

Un team di ricercatori a cui partecipa un gruppo dei Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) ha dato vita a un consorzio per affrontare questa ricerca fondamentale da un punto di vista innovativo, beneficiando di un finanziamento di 4.4M€ assegnato dalla Commissione Europea (EC). Il progetto di collaborazione "TEQ" (*Testing the large-scale limit of quantum mechanics*) mette insieme gli otto principali gruppi di ricerca europei e la società MSquared per studiare gli effetti quantistici su larga scala con il supporto del programma quadro di ricerca EC Horizon2020. Si tratta di una delle sole 26 proposte ad aver ottenuto un finanziamento sui 374 progetti candidatisi alla più recente call per *Future and Emerging Technologies projects*.

Il team farà levitare una piccola particella all'interno di un ambiente ben controllato, a bassa temperatura e basse vibrazioni, per realizzare un test indiretto della QSP, analizzando accuratamente il rumore che influenza il moto del centro di massa della particella intrappolata. Una volta misurato, il rumore sarà confrontato con le predizioni teoriche derivanti da diversi modelli – alcuni dei quali assumono una violazione della QSP. L'ambizione del progetto è quella di stabilire i limiti ultimi della validità della struttura quantistica, nel caso esistano. "Questa è la domanda che dobbiamo porci", commenta Catalina Oana Curceanu, responsabile del team dei LNF-INFN in TEQ, "quello che è stato per anni un fondamentale oggetto di discussione della comunità dei fisici. Nell'ambito di TEQ disponiamo degli strumenti sperimentali giusti per ottenere una risposta. Possiamo davvero compiere un grande passo in avanti, tanto nella scienza fondamentale che nelle tecnologie quantistiche del futuro, dalla terra allo spazio". ■

» FOCUS



DAMPE: A CACCIA DI MATERIA OSCURA NEI RAGGI COSMICI

La rivista scientifica *Nature* ha pubblicato i primi risultati dell'esperimento DAMPE (*DARk Matter Particle Explorer*), in orbita su satellite dal dicembre 2015. Si tratta della misura del flusso di elettroni e positroni cosmici di altissima energia (da 55 GeV a 4,6 TeV) che evidenzia e misura, per la prima volta in modo diretto, una brusca variazione, in gergo *break*, nell'andamento del loro flusso in funzione dell'energia. Ad energie al di sopra dei 0,9 TeV, infatti, il flusso di elettroni e positroni cambia il suo andamento e si "piega", decrescendo più rapidamente con l'aumentare dell'energia. Questo fenomeno era stato recentemente misurato solo da esperimenti a terra, con osservazioni indirette, con un'incertezza molto maggiore e risultati in parte ancora preliminari.

DAMPE, il primo satellite astrofisico cinese, è uno dei cinque progetti di missione spaziale del programma *Strategic Pioneer Program on Space Science* dell'Accademia Cinese di Scienze (CAS). È una collaborazione internazionale a cui lavorano oltre 100 tra scienziati, tecnici e studenti provenienti da istituzioni cinesi, italiane e svizzere guidate dal *Purple Mountain Observatory* (PMO) della CAS. L'Italia è coinvolta con un gruppo di circa venti scienziati dalle sezioni INFN di Perugia, Bari e Lecce e le Università di Perugia, Bari e del Salento.

Il rivelatore è stato progettato per misurare i flussi di elettroni, fotoni, protoni e nuclei, con una precisione e in un intervallo di energia maggiore degli esperimenti già attivi. L'importanza della recente misura di DAMPE è legata alla ricerca e allo studio delle sorgenti di elettroni e positroni a energie del TeV, e in particolare, alla verifica se siano oggetti di natura astrofisica - ad esempio pulsar - o se la loro presenza sia dovuta in parte alla materia oscura, come sembrerebbe possibile date le caratteristiche del flusso di positroni osservato fino a quelle energie dall'esperimento AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale. Partito il 17 dicembre 2015 dalla base di lancio cinese *Jiuquan Satellite Launch Center* nel deserto di

» FOCUS

Gobi, DAMPE orbita a una quota di circa 500 km, dalla quale cerca di identificare possibili segnali della presenza di materia oscura studiando le caratteristiche delle particelle cosmiche ordinarie. Nei suoi primi 530 giorni di attività scientifica, a partire dall'8 giugno di quest'anno, ha rivelato 1,5 milioni di elettroni e positroni cosmici con energie al di sopra dei 25 GeV: dati caratterizzati da una risoluzione energetica e un livello di contaminazione da particelle di fondo senza precedenti. Grazie a queste caratteristiche, il rivelatore è in grado di misurare con grande accuratezza la direzione di arrivo dei fotoni cosmici e, allo stesso tempo, di differenziare le specie nucleari che compongono i raggi cosmici e la loro traiettoria. DAMPE è inoltre in grado di misurare il flusso di nuclei tra 100 GeV e 100 TeV, fornendo quindi nuovi dati e indicazioni per capire l'origine e la propagazione dei raggi cosmici di alta energia.

DAMPE ha un peso complessivo di circa 1900 kg, di cui 1400 kg sono rappresentati dai quattro esperimenti scientifici, tra i quali il cuore del rivelatore, il tracciatore al silicio, interamente realizzato da ricercatori italiani con il coordinamento dell'INFN. La tecnologia di questo rivelatore - sviluppata originariamente negli anni '80 per gli esperimenti di fisica delle particelle elementari negli acceleratori - è stata utilizzata per la prima volta nello spazio dai fisici italiani con l'esperimento AMS-01, che ha volato per dieci giorni sullo *Space Shuttle Discovery* nel 1998. Sono poi seguiti altri esperimenti - come PAMELA e Fermi su satelliti, e AMS-02 sulla ISS - tutti operanti da anni in orbita attorno alla Terra. DAMPE si inserisce in un programma di missioni spaziali, come quelle citate, ma anche di osservatori terrestri, quali CTA-MAGIC, AUGER e Advanced Virgo, o sottomarini, come KM3NeT, con l'obiettivo di studiare tutti i messaggeri del cosmo. Sarà così possibile indagare le proprietà più nascoste dell'universo con un approccio fortemente sinergico. ■

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

REDAZIONE

Coordinamento:

Francesca Scianitti

Progetto e contenuti:

Eleonora Cossi

Francesca Mazzotta

Davide Patatucci

Francesca Scianitti

Antonella Varaschin

Grafica:

Francesca Cuicchio

CONTATTI

Ufficio Comunicazione INFN

comunicazione@presid.infn.it

+ 39 06 6868162

Immagine di copertina

Immagine del Bullet Cluster. In blu la distribuzione della Materia Oscura.

Credit: X-ray: NASA/CXC/CfA/ M.Markevitch et al.; Lensing Map: NASA/STScI; ESO WFI; Magellan/U. Arizona/ D.Clowe et al. Optical: NASA/STScI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.;
