

NEWSLETTER 18

Italian National Institute for Nuclear Physics

DICEMBRE 2015

NEWS

INFRASTRUTTURE

KM3NET: E' INIZIATA LA COSTRUZIONE DEL RIVELATORE PER NEUTRINI, p. 2

RICERCA

IL PUZZLE COSMICO DELL'ORIGINE DEGLI ELEMENTI, p. 3

RICERCA

AL VIA AL CERN LE COLLISIONI TRA IONI A ENERGIA RECORD, p. 4

COLLABORAZIONI INDUSTRIALI

UN PEZZO D'ITALIA NELL'ESPERIMENTO INTERNAZIONALE Mu2e AL FERMILAB, p. 5



L'INTERVISTA p. 6

L'EUROPA PROGETTA I SUPERCOMPUTER DEL FUTURO

Intervista a Piero Vicini, coordinatore per l'INFN di ExaNeSt, progetto europeo di supercalcolo



FOCUS ON p. 10

PRIMO PASSO VERSO L'ASTRONOMIA GRAVITAZIONALE DALLO SPAZIO



INFRASTRUTTURE

KM3NET: E' INIZIATA LA COSTRUZIONE DEL RIVELATORE PER NEUTRINI

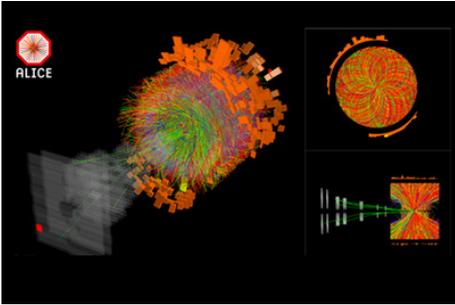
Si sono svolte a dicembre le operazioni di posa in mare e di collegamento a terra della prima stringa, nella sua configurazione definitiva, del telescopio per neutrini KM3NeT. Questo risultato segna l'inizio della costruzione dell'esperimento, che sarà il più grande rivelatore di neutrini astrofisici dell'emisfero nord della Terra: occuperà più di un chilometro cubo di acqua di mare grazie a una rete di diverse centinaia di stringhe alte 700 metri, ciascuna dotata di 558 fotomoltiplicatori, gli "occhi" del rivelatore. Frutto di una collaborazione internazionale, che vede in prima linea la partecipazione italiana coordinata dall'INFN, KM3NeT è tra i progetti in esame per entrare nella nuova roadmap ESFRI (*European Strategy Forum on Research Infrastructures*). Avvolta come un gomitolo, la stringa è stata trasportata fino al sito KM3NeT-Italia, a un centinaio di chilometri al largo delle coste meridionali della Sicilia. È stata quindi calata in acqua, ancorata al fondo marino a una profondità di 3500 metri e collegata, utilizzando un sommergibile filoguidato dalla nave, alla cosiddetta *junction box* che, grazie a un cavo lungo 100 km, è in connessione con la stazione di terra dell'esperimento, situata a Portopalo di Capo Passero. Il "gomitolo" è stato poi srotolato e la struttura ha assunto la configurazione finale "a stringa", tenuta in tensione in posizione verticale da una boa di profondità. Non appena attivato il collegamento, gli strumenti della base di terra hanno iniziato a ricevere i dati della rivelazione delle prime particelle. ■


RICERCA
IL PUZZLE COSMICO DELL'ORIGINE DEGLI ELEMENTI

LUNA (*Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics*) ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN ha ricreato e osservato una rara reazione nucleare che avviene nelle stelle giganti rosse, un tipo di stelle in cui evolverà anche il nostro Sole. Si tratta della prima osservazione diretta del processo di produzione del sodio all'interno di queste stelle, una delle reazioni nucleari fondamentali per la costruzione degli elementi che costituiscono l'universo. In particolare, LUNA ha osservato per la prima volta tre "risonanze" (l'aumento del numero di reazioni osservate in un intervallo di energia) in una reazione del ciclo neon-sodio, che porta alla produzione del sodio nelle giganti rosse liberando energia.

LUNA è un acceleratore lineare di piccole dimensioni, l'unico al mondo installato in un laboratorio sotterraneo, al riparo dai raggi cosmici, e in grado per questo di osservare processi rari. Il suo scopo è ricreare le energie delle reazioni nucleari, riportando l'orologio indietro nel tempo fino a cento milioni di anni dopo il Big Bang, quando si formarono le prime stelle e si innescarono quei processi che diedero origine, in modo non ancora del tutto compreso, all'enorme variabilità nella quantità degli elementi presenti nell'universo. L'esperimento studia quindi le reazioni nucleari che avvengono nel cuore delle stelle dove, come in un'affascinante ed esplosiva cucina cosmica, vengono prodotti gli elementi che compongono la materia per poi disperdersi in polveri cosmiche in seguito a gigantesche esplosioni.

LUNA è una collaborazione internazionale di circa 50 ricercatori italiani, tedeschi, scozzesi e ungheresi. Il recente risultato è stato pubblicato su *Physical Review Letters* nel mese di dicembre. ■


RICERCA
AL VIA AL CERN LE COLLISIONI TRA IONI A ENERGIA RECORD

Dopo la riaccensione, lo scorso giugno 2015, all'energia record di 13 TeV del superacceleratore LHC (*Large Hadron Collider*), e i primi mesi di raccolta dei dati generati dalle collisioni di protoni, inizia al CERN di Ginevra una nuova fase sperimentale. All'interno della *beam pipe* di LHC, la pista magnetica di 27 km di circonferenza a 100 m di profondità, al confine tra Francia e Svizzera, sono iniziate le prime collisioni tra ioni piombo a un'energia di poco superiore al PeV (1000 eV), dando luogo alla più alta energia di collisione nucleone-nucleone mai raggiunta in laboratorio in collisioni tra nuclei (5 TeV per nucleone). Per un mese verranno raccolti i dati di queste nuove collisioni da parte dei quattro esperimenti di LHC, ATLAS, CMS, ALICE (specificamente progettato per studiare questo tipo di collisioni) e infine LHCb che registra invece per la prima volta collisioni tra gli ioni. Queste collisioni permetteranno ai fisici del CERN - di cui fanno parte circa 1500 italiani, la metà dei quali coordinati dall'INFN - di studiare uno stato della materia, denominato plasma di quark e gluoni, una zuppa di particelle esistita brevemente pochi milionesimi di secondo dopo il Big Bang. Le collisioni permetteranno così di ricreare, per un tempo infinitesimale, un sistema in condizioni analoghe a quelle presenti nelle primissime fasi di vita dell'universo, e di studiarne le proprietà in laboratorio. ■



COLLABORAZIONE INDUSTRIALE UN PEZZO D'ITALIA NELL'ESPERIMENTO INTERNAZIONALE Mu2e AL FERMILAB

È un successo della fruttuosa collaborazione tra ricerca di base e ricerca industriale, la recente assegnazione ad ASG Superconductors di Genova della costruzione di uno dei tre magneti dell'esperimento internazionale Mu2e (*Muon to electron*) al Fermilab, dedicato allo studio sperimentale sulla conversione dei muoni in elettroni. Mu2e si inserisce nel programma internazionale di ricerca per lo studio dei processi rari che, violando la legge di conservazione del sapore leptonic, danno indicazione di una fisica non prevista dal Modello Standard delle particelle elementari, e quindi di una nuova frontiera nel quadro attuale delle nostre conoscenze. La collaborazione dell'esperimento è costituita da circa 200 membri, con partecipazioni da 33 istituti distribuiti su 5 paesi: Stati Uniti, Italia, Russia, Germania e Regno Unito. Il sistema magnetico superconduttore rappresenta il cuore dell'apparato sperimentale e ne determina in modo decisivo le prestazioni. Dei tre magneti che lo costituiscono, il solenoide di trasporto commissionato ad ASG è quello centrale ed è composto da 27 moduli. Ha il compito di selezionare le particelle cariche separandole per segno della carica ed è sufficientemente lungo da lasciar decadere tutte le particelle che sono considerate segnali spuri e consentire così la produzione di un fascio di muoni negativi "pulito". Il modulo prototipo del solenoide è stato sviluppato dal gruppo INFN di Genova anche grazie all'uso di tecnologie costruttive innovative. Successivamente realizzato da ASG Superconductors nei tempi e costi previsti, il modulo è stato collaudato a Fermilab raggiungendo prestazioni addirittura superiori alle aspettative. ■

» L'INTERVISTA


**L'EUROPA PROGETTA
I SUPERCOMPUTER DEL FUTURO**

Intervista a Piero Vicini, coordinatore per l'INFN di ExaNeSt, progetto europeo di supercalcolo

Un miliardo di miliardi di operazioni al secondo, una cifra a 18 zeri. È la potenza di calcolo dei supercomputer del futuro. La loro realizzazione è l'ambizioso obiettivo di un progetto europeo ai nastri di partenza in questi giorni. Si chiama ExaNeSt, European Exascale System Interconnect and Storage, e vede il coinvolgimento di vari partner italiani, tra cui l'INFN - con il CNAF (il centro nazionale per le tecnologie informatiche e telematiche) e la sezione di Roma presso Sapienza Università di Roma - l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), e le società eXact LAB e il ramo italiano di ENGINSOFT. Ci siamo fatti raccontare da Piero Vicini, coordinatore per l'INFN del progetto, perché nell'era della cosiddetta Big Science è importante disporre di supercalcolatori con prestazioni sempre più elevate.

Può descriverci in che cosa consiste il progetto ExaNeSt?

ExaNeSt è un progetto di ricerca finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma quadro Horizon 2020. Contribuirà alla realizzazione dei sistemi di calcolo parallelo HPC (*High Performance Computing*) a grande scala, che dovrebbero entrare in produzione nell'arco dei prossimi 5-7 anni. Si prevede che questi sistemi raggiungeranno una potenza di calcolo dell'ordine dell'ExaFLOPS, dove FLOPS è un acronimo inglese che sta per *FLoating point OPerations per Second* (numero di operazioni aritmetiche al secondo), e il prefisso "Exa" indica, invece, la cifra esponenziale 10^{18} , un numero pari a uno seguito da 18 zeri. In parole povere, stiamo parlando di un sistema di calcolo capace di eseguire un miliardo di miliardi di operazioni aritmetiche al secondo, cioè un milione di volte più potente del più moderno pc presente oggi sulle nostre scrivanie.

L'acronimo "NeSt" nel nome del progetto ne riassume l'ambito di applicazione ovvero la *Network* e lo *Storage*: ExaNeSt, infatti, vuole proporre soluzioni tecnologiche innovative, verificandone la loro efficienza con la costruzione di un prototipo ridotto, per la rete di interconnessione processore-processore e l'architettura distribuita di archiviazione dati.

» L'INTERVISTA

Qual è il ruolo dell'INFN nel progetto?

In ExaNeSt il gruppo INFN di tecnologie del supercalcolo di Roma (APE) e il CNAF di Bologna lavorano in tandem, nell'ambito di una *partnership* internazionale eterogenea e interdisciplinare, in grado di garantire il raggiungimento di risultati estremamente innovativi. Sono presenti enti di ricerca, università e industrie provenienti da 7 Paesi europei differenti (oltre all'Italia, troviamo Grecia, Inghilterra, Francia, Olanda, Germania e Spagna), e attivi da molti anni nel campo della realizzazione e dell'utilizzo di sistemi HPC a scala estrema.

L'INFN contribuirà verticalmente all'intero processo di design essendo presente con ruoli di leadership e responsabilità di progetto per molte delle attività previste: dallo studio e implementazione della rete di interconnessione e del sistema distribuito di archiviazione dati, all'ottimizzazione, sul prototipo di piattaforma hardware, delle applicazioni scientifiche su larga scala.

Come funzionano i supercomputer e perché è così importante il loro impiego nell'era della Big Science?

Possiamo definire un supercalcolatore HPC come un insieme molto grande di nodi di calcolo composto da processori ad alte prestazioni e in grado di lavorare in maniera parallela, coordinata e sincronizzata alla risoluzione di un problema computazionale di particolare complessità numerica. In quest'ottica, si comprende l'impatto che le prestazioni della rete di comunicazione processore-processore e l'architettura del sistema distribuito di archiviazione hanno sulle prestazioni globali del supercomputer e, di conseguenza, quanto sia critico avere a disposizione network di interconnessione e sistemi di archiviazione dati ben progettati ed efficienti.

Lo sforzo costruttivo richiesto dalla realizzazione di sistemi caratterizzati da questo ordine di complessità è necessario, se si pensa che avere a disposizione questa potenza di calcolo permetterà di far fronte, non solo a problemi computazionali ancora non completamente risolti di fisica di base, ma anche ad alcune tra le applicazioni scientifiche su larga scala con enorme impatto sociale. Solo per citarne alcune, la scoperta di nuovi farmaci tramite simulazioni di dinamica molecolare "ab-initio", modelli più complessi e accurati di meteorologia e climatologia, che garantiscano una migliore comprensione dell'evoluzione climatica e anche previsioni del tempo più precise a medio-lungo termine, simulazione e studio delle proprietà di nuovi materiali, simulazione di reti neurali a scala abbastanza grande da generare risultati confrontabili con misure ottenute da esperimenti in vivo.

Quali sono le applicazioni di ExaNeSt in fisica?

L'elenco di applicazioni è ampio, riflette la ricca eterogeneità dei *partner* applicativi e, in un'ottica di supporto applicativo allo sviluppo del sistema, possono innescare un'interazione virtuosa tra chi disegna e costruisce la macchina e chi in futuro dovrà usarla in maniera efficiente. Per citarne solo alcune, si va dall'INAF che contribuisce con codici di simulazione per cosmologia numerica e astrofisica, alle simulazioni di scienza dei materiali e di climatologia di ExaCtLab, per arrivare ai

» L'INTERVISTA

codici ingegneristici di fluidodinamica computazionale (ENGINSOFT). INFN contribuirà con codici di simulazione di fisica teorica, e anche con un'applicazione di simulazione a larga scala di reti neurali. È importante sottolineare la forte componente italiana dei *partner* applicativi, che conferma la buona scuola di produzione di codici di simulazione numerica, ancora attiva nonostante le difficoltà strutturali che la ricerca italiana sta sperimentando da molti anni.

Una prima fase di analisi e selezione sceglierà sulla base delle caratteristiche e necessità computazionali, e anche del loro impatto sociale, un set di applicazioni a partire dalle quali la collaborazione costruirà l'insieme dei programmi orientati alla valutazione della piattaforma.

Quali sono i collegamenti con lo *Human Brain Project*?

I punti di contatto riguardano, soprattutto, le sinergie di obiettivi e attività. Nell'ambito del progetto bandiera di Horizon 2020 *Human Brain Project* (HBP), l'INFN coordina, infatti, il progetto WAVESCALES, un'iniziativa che ha lo scopo di realizzare una simulazione, basata su reti neurali, del funzionamento cerebrale su grande scala, con particolare riferimento alla propagazione di onde cerebrali durante il sonno profondo e l'anestesia, e durante la transizione allo stato cosciente. L'applicazione ha una enorme valenza, sia dal punto di vista delle ricadute sociali, sia dal punto di vista dell'architettura dei sistemi, presentando peculiarità molto interessanti. I programmi che svilupperemo in WAVESCALES saranno la base da cui partire per realizzare il codice di simulazione di reti neurali attraverso il quale valutare il prototipo di ExaNeSt.

Qual è la tradizione dell'INFN in questo settore?

A partire dagli anni '80 e grazie ad una intuizione geniale di Nicola Cabibbo e Giorgio Parisi, a loro volta circondati e supportati da un gruppo di giovani fisici con forti interessi in fisica computazionale e informatica, l'INFN ha realizzato quattro generazioni di supercomputer dedicati a calcoli di fisica teorica. Il capostipite è APE (*Array Processor Experiments*), per anni riferimento scientifico/tecnologico per la comunità internazionale attiva nello sviluppo di supercomputer dedicati alla computazione scientifica. Negli ultimi anni si sono aggiunte altre attività tecnologiche orientate all'ottimizzazione di sistemi di calcolo scientifico tra le quali lo sviluppo di reti di interconnessioni per cluster di pc accelerati da GPU (APEnet), e sistemi a bassa latenza per *readout* da *detector* agli esperimenti HEP (NaNet). Inoltre, l'esperienza INFN di collaborazione con l'industria e la capacità di favorire azioni di trasferimento tecnologico - per citarne solo alcune quelle con Finmeccanica/QSW della metà degli anni 90 e con Eurotech degli anni 2000 - risulta fondamentale per giocare un ruolo importante nella collaborazione ExaNeSt, che mostra una spiccata impronta industriale.

»» L'INTERVISTA

Quali risultati vi attendete alla fine dei primi tre anni e quali sono gli scenari futuri?

Nel piano della Commissione Europea i primi tre anni rappresentano solamente la prima fase di un ciclo della durata di 5-8 anni, con il quale l'Europa ambisce ad acquistare un ruolo più importante nel mercato globale delle tecnologie correlate al supercalcolo. Se in questa fase iniziale analizzeremo le tecnologie hardware e software abilitanti, prevediamo in seguito almeno altre due fasi destinate allo sviluppo di sistemi pre-competitivi, e alla loro industrializzazione e commercializzazione. Una sfida lanciata ai colossi del settore, quelli consolidati, americani e giapponesi, ma anche a quelli emergenti, tra tutti la Cina.

Al termine del progetto, il prototipo del sistema ExaNeSt dovrebbe permettere di lanciare appunto la fase di sviluppo pre-competitivo e, in seguito, la sua ingegnerizzazione. In quest'ottica, l'INFN sarà ancora una volta presente nei sistemi HPC del futuro, in termini di idee e capacità di implementare soluzioni innovative e non convenzionali. ■

» FOCUS ON


**PRIMO PASSO VERSO L'ASTRONOMIA
GRAVITAZIONALE DALLO SPAZIO**

È partito il 3 dicembre alle 5 del mattino ora italiana, dalla base di lancio europea in Guyana francese, LISA Pathfinder (*Laser Interferometer Space Antenna Pathfinder*), il precursore tecnologico dell'interferometro spaziale per onde gravitazionali eLISA (*evolved LISA*), pianificato dall'ESA come terza grande missione nel suo programma scientifico *Cosmic Vision*. Da alcune settimane LISA Pathfinder è in orbita su una traiettoria ellittica, a una distanza dalla Terra variabile da 200 e 1540 chilometri. Da questa posizione transitoria, chiamata orbita di "parcheggio, la sonda raggiungerà nelle prossime settimane l'obiettivo finale, iniziando a orbitare intorno al punto di Lagrange L1, una posizione di equilibrio gravitazionale tra il Sole e la Terra, a circa 1,5 milioni di chilometri dal nostro pianeta.

LISA Pathfinder, realizzata dall'ESA con il fondamentale contributo dell'ASI, in collaborazione con l'INFN e l'Università di Trento, ha l'ambizioso compito di aprire la strada all'astronomia gravitazionale dallo spazio, che avrà inizio entro il 2034 con il lancio della missione eLISA. Una volta completato, eLISA sarà un osservatorio astrofisico, cosmologico e di relatività generale di enorme ricchezza, capace di portarci alle fasi dell'evoluzione dell'universo durante le quali galassie, stelle e pianeti hanno iniziato a prendere forma. Emesse da tutti i corpi, visibili o oscuri, le onde gravitazionali ne registrano il moto e portano l'informazione sino a noi dalle profondità più remote dell'universo, come suoni di notte capaci di attraversare indisturbati qualunque forma di materia o energia. Lisa Pathfinder è dunque l'apripista di questa nuova via che una volta inaugurata costituirà una profonda rivoluzione in astrofisica, astronomia e cosmologia.

La sonda sarà il banco di prova del concetto stesso di rivelazione delle onde gravitazionali dallo spazio. Il suo obiettivo primario è infatti verificare la possibilità di controllare e misurare con una precisione altissima il movimento di due masse di prova (due cubi in lega di oro e platino) in caduta libera gravitazionale quasi perfetta. La precisione di Lisa Pathfinder sarà sufficiente a registrare

» FOCUS ON

le increspature nel tessuto dello spazio attese dallo scontro fra corpi celesti di enorme massa. Eventi che, calcolano gli scienziati, dovrebbero indurre nei cubi di LISA Pathfinder spostamenti pari alla dimensione media di un atomo.

Ma la grande sensibilità della sonda e la distanza della sua orbita sono solo un assaggio delle grandezze che caratterizzeranno l'osservatorio completo eLISA. Concettualmente identico ai grandi interferometri laser terrestri, come Virgo – l'interferometro dell'Osservatorio Europeo per le onde Gravitazionali (EGO) con sede a Cascina – eLISA sarà costituito da tre satelliti disposti ai vertici di un triangolo equilatero, distanti un milione di chilometri l'uno dall'altro e contenenti ciascuno le stesse masse di oro e platino che ora sono distanti meno di un metro all'interno di LISA Pathfinder. I tre satelliti seguiranno la Terra nel moto di rivoluzione, inviando raggi laser l'uno in direzione dell'altro, per misurare costantemente la distanza tra coppie di satelliti. La misura di queste distanze, e delle loro variazioni in seguito all'arrivo di un'onda gravitazionale, consentirà di verificare la presenza dell'onda, determinandone inoltre l'intensità.

Gli strumenti di alta precisione che racchiudono le masse di prova in LISA Pathfinder, i sensori inerziali, sono stati realizzati dall'Agenzia Spaziale Italiana con prime contractor industriale CGS (Compagnia Generale per lo Spazio) su progetto scientifico dei ricercatori dell'Università di Trento e dell'INFN. Il contributo INFN, in particolare, si realizza oggi attraverso il TIFPA (*Trento Institute for Fundamental Physics and Applications*), il nuovo centro d'eccellenza nato a Trento nel 2013. ■

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