DICEMBRE 2016

NEWSLETTER 30

Italian National Institute for Nuclear Physics

NEWS

FISICA E MEDICINA
TUMORI: SUCCESSO PER IL PRIMO TEST DEL SISTEMA INSIDE SU PAZIENTE , p. 2

NUOVI PROGETTI
IL CIPE STANZIA 4 MILIONI DI EURO PER IL PROGETTO ARIA, p. 3

INFRASTRUTTURE
INAUGURATO IL CICLOTRONE DI SPES, p. 4

RICERCATORI
L'INFN ASSUME 73 NUOVI RICERCATORI, p. 5

L'INTERVISTA p. 6
QUANDO LA RICERCA È BIG DATA E CALCOLO COMPLESSO
Intervista a Antonio Zoccoli, vicepresidente dell'INFN e referente per il settore Calcolo e Reti della giunta esecutiva dell'Ente

FOCUS p. 10
I PRIMI CINQUE ANNI DI AMS SULLA ISS

FISICA E MEDICINA

TUMORI: SUCCESSO PER IL PRIMO TEST DEL SISTEMA INSIDE SU PAZIENTE

È stato testato per la prima volta su un paziente l'innovativo sistema di imaging INSIDE (*Innovative Solution for Dosimetry in Hadronthreapy*) sviluppato all'INFN di Torino per rendere ancora più efficace l'adroterapia, una terapia oncologica per il trattamento di tumori localizzati, che impiega gli acceleratori di particelle. INSIDE, finanziato con un PRIN da 1 milione di euro, è frutto di un progetto di ricerca che è stato coordinato dall'Università di Pisa in collaborazione con gli atenei di Torino e Sapienza di Roma, il Politecnico di Bari, l'INFN e, per la fase sperimentale, il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) di Pavia, dove si è svolto il test sul paziente. INSIDE è un sistema di monitoraggio innovativo, basato sulla tecnologia dei rivelatori, capace di fotografare ciò che avviene nel paziente durante il trattamento di adroterapia. Nel dettaglio, si tratta di un sistema di *imaging* bi-modale, con uno scanner per la Tomografia a Emissione di Positroni (PET) e un tracciatore di particelle cariche, in grado di funzionare durante l'erogazione del fascio di trattamento di tumori del distretto testa-collo. ■

NUOVI PROGETTI
IL CIPE STANZIA 4 MILIONI DI EURO PER IL PROGETTO ARIA

Il CIPE (Comitato Interministeriale di Programmazione Economica) ha deliberato il finanziamento di nove progetti di ricerca ritenuti di "rilevanza strategica" tra cui il progetto ARIA dell'INFN. I progetti saranno finanziati attraverso il Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca (FISR). Proposto dall'INFN con la collaborazione della *Princeton University* (USA) e dalla Regione Sardegna tramite Carbosulcis S.p.A., ARIA porterà alla realizzazione di un'innovativa infrastruttura di ricerca in Sardegna, nella miniera di Monte Sinni, nel Sulcis. L'obiettivo del progetto è la separazione dell'aria nei suoi componenti fondamentali, elementi che trovano utilità in diversi ambiti di ricerca e applicazione. In particolare, uno di questi componenti, l'argon-40, è un materiale pregiatissimo che permetterà lo sviluppo di una innovativa tecnica per la ricerca della materia oscura ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN, progettata e realizzata dall'esperimento DarkSide. ■

INFRASTRUTTURE
INAUGURATO IL CICLOTRONE DI SPES

Il 2 dicembre è stato inaugurato il ciclotrone del progetto SPES (*Selective Production of Exotic Species*) attività di punta per il futuro dei Laboratori Nazionali di Legnaro.
Il ciclotrone di alta intensità di SPES è un acceleratore circolare in grado di produrre e accelerare protoni al ritmo di dieci milioni di miliardi di protoni ogni secondo. Dal ciclotrone saranno estratti due fasci di protoni: uno dedicato agli studi di astrofisica nucleare, e l'altro alle applicazioni, in particolare quelle rivolte alla medicina, ma anche allo studio delle proprietà dei nuovi materiali, mediante l'irraggiamento con neutroni. Per il funzionamento di SPES, saranno cruciali i fondi che potranno essere ricavati dalla produzione di radioisotopi per uso medico, un aspetto che garantisce al progetto una prospettiva di autonomia e continuità. SPES è parte di un più ampio progetto europeo, Eurisol (*European Isotope Separation On Line facility*), che vede oggi i fisici nucleari europei impegnati nella realizzazione di tre infrastrutture di fasci di ioni radioattivi. Oltre a SPES, sono in costruzione in Francia una macchina dalle caratteristiche simili, SPIRAL2, e al CERN è in fase di potenziamento l'apparecchiatura già esistente ISOLDE (*Isotope Separator On Line DEvice*). ■

RICERCATORI
L'INFN ASSUME 73 NUOVI RICERCATORI

Il Consiglio Direttivo dell'INFN ha chiuso il 2017 con una seduta straordinaria volta all'approvazione delle graduatorie finali dei concorsi per 73 posti da ricercatore, previsti dalla Legge di Stabilità del 2015: un atto formale che sancisce il via libera alla successiva assunzione. 58 sperimentali e 15 teorici, i nuovi ricercatori costituiranno un aumento complessivo di circa il 12% dei dipendenti a tempo indeterminato dell'INFN con profilo di ricercatore. Circa il 30% dei vincitori ricopre attualmente posizioni di lavoro al di fuori dei confini nazionali, e 7 sono i ricercatori con passaporto straniero.
1082 le domande di partecipazione pervenute per i due concorsi, l'uno per teorici, l'altro per sperimentali. 733 candidati hanno partecipato alle prove (557 uomini e 176 donne) e 143 sono rientrati nella graduatoria di merito. L'età media dei 73 vincitori, tra cui 7 donne, è poco più di 33 anni: i 3 più giovani hanno 29 anni, e sono 39 i neo ricercatori di età inferiore ai 33 anni. I 7 vincitori con passaporto straniero (originari di Belgio, Georgia, Germania, Olanda, Russia, Spagna e Thailandia) e gli italiani attualmente occupati all'estero (17) rappresentano complessivamente un terzo dei vincitori del concorso. I neoassunti saranno liberi di indicare la sede di servizio preferita, senza alcun vincolo né di struttura né di progetto di ricerca. ■

» L'INTERVISTA

QUANDO LA RICERCA È BIG DATA E CALCOLO COMPLESSO

Intervista a Antonio Zoccoli, vicepresidente dell'INFN e referente per il settore Calcolo e Reti della giunta esecutiva dell'Ente

Per ottenere risultati epocali come la scoperta del Bosone di Higgs o quella delle onde gravitazionali, ma anche per studiare le proprietà dei raggi cosmici e dei neutrini, la ricerca in fisica di base gestisce ed elabora con calcoli complessi enormi quantità di dati. L'immane quantità di informazioni fornite ad esempio da ogni collisione tra i fasci di particelle dell'acceleratore LHC al CERN ha portato i fisici a ideare e sviluppare un'infrastruttura ad hoc per la selezione, l'archiviazione e l'analisi dei dati. Un'infrastruttura in continua evoluzione, che abbraccia tutto il pianeta integrando in un sistema complesso e organizzato risorse di calcolo diverse sia per collocazione geografica sia per capacità. Una rete planetaria, la GRID, che sfrutta contemporaneamente la memoria e la capacità di decine di migliaia di computer distribuiti sul Pianeta. Il risultato è una potenza di calcolo pari a quella di 100.000 computer.

A quali esigenze fondamentali risponde l'attività di calcolo scientifico dell'INFN?
L'INFN è impegnato nel calcolo scientifico da quando si è reso necessario analizzare i dati degli esperimenti nei quali eravamo coinvolti quindi, in sostanza, da quando ha avuto inizio l'attività sperimentale dell'Ente. Da subito, poi, l'esigenza non è stata solo quella di condurre campagne di analisi dati, ma anche di disporre di risorse di calcolo adeguate a svolgere simulazioni di tipo Montecarlo, che sono una risorsa fondamentale per la ricerca scientifica. Tuttavia, benché fosse una componente importante dell'attività di ricerca, fino a 20 o 30 anni fa il calcolo scientifico era ritenuto un aspetto secondario nella progettazione e nella conduzione di un esperimento. Nella gran parte dei casi, l'esperimento era progettato indipendentemente dalle sue esigenze di calcolo: si affinavano gli strumenti di analisi e si predisponevano le infrastrutture necessarie solo in un secondo momento e sulla base di necessità contingenti. L'approccio è cambiato decisamente negli ultimi anni a causa dell'enorme quantità di dati prodotti da LHC:

» L'INTERVISTA

l'infrastruttura di calcolo è divenuta una parte fondamentale degli esperimenti, al pari dei rivelatori e di tutta la strumentazione scientifica. Con l'avvio di LHC siamo stati costretti a un vero e proprio cambiamento di paradigma: oggi sarebbe impensabile progettare un esperimento senza sapere prima quale sarà la mole di dati da maneggiare e senza avere previsto la procedura e l'infrastruttura adatte ad analizzarla. Una sfida di questo tipo sarà da affrontare già nei prossimi anni poiché l'*upgrade* di LHC e il successivo progetto HI-LUMI LHC sono progetti nuovi la cui aspettativa di dati è di 10 volte superiore a quella prodotta fino a oggi da LHC.

LHC è certamente un motore imprescindibile nello sviluppo di risorse di calcolo per la fisica delle alte energie. Quali sono le esigenze specifiche della ricerca in questo campo e quali le soluzioni adottate?
LHC ha rappresentato la svolta. Prima della sua progettazione, infatti, gli esperimenti potevano contare solo su un'infrastruttura di calcolo molto localizzata. Con l'avvio di LHC, al contrario, si sono perseguiti fin dall'inizio due obiettivi. Il primo: rendere disponibile una capacità di calcolo adatta ad analizzare una mole di dati senza precedenti. Il secondo: permettere a tutti gli scienziati che partecipavano alle collaborazioni sperimentali, che erano dislocati un po' in tutto il mondo, di poter accedere ai dati dalle loro rispettive istituzioni di appartenenza. Si chiedeva in sostanza che l'infrastruttura fosse accessibile da qualunque luogo. La soluzione è stata ottenuta con lo sviluppo della GRID, un'infrastruttura di calcolo globale che abbraccia letteralmente l'intero Pianeta. In inglese il termine GRID indica la rete elettrica e riferita al calcolo scientifico ha esattamente la stessa valenza. Quando si inserisce la spina nella presa elettrica per far funzionare un qualunque elettrodomestico non ci si pone certo il problema di dover costruire una centrale elettrica che fornisca l'elettricità che si sta prelevando. Così per il calcolo: la GRID consente di rinunciare a chiedersi dove sia localizzata la risorsa di calcolo e chi e come la stia mettendo a disposizione. Una rete di centri di calcolo collegati con fibre ottiche molto veloci, e supportati da un'interfaccia che consenta a qualunque utente di accedere, smette di essere una somma di singole risorse e diventa un insieme. L'approccio è del tutto innovativo e la GRID rappresenta in questo senso un caso primo e unico al mondo.

Quale il contributo dell'INFN?
La sfida tecnologica è stata affrontata a livello globale e il contributo dell'INFN è stato consistente almeno quanto il suo coinvolgimento negli esperimenti di LHC. I termini della sfida erano dettati dalla necessità di offrire alla comunità scientifica delle alte energie la possibilità di accedere alle risorse disponibili e di trasportare una grande quantità di dati in pochissimo tempo. Con tutti i problemi connessi a una condivisione tanto massiccia di informazioni, come l'autenticazione e la salvaguardia dei dati.
In definitiva siamo stati in grado di sviluppare l'hardware e il software necessari con un

» L'INTERVISTA

contributo importantissimo da parte dell'INFN in termini di man power. La collaborazione WLCG (*Worlwide LHC Computing Grid*) composta da più di 170 centri di calcolo distribuiti in 42 Paesi è oggi impegnata nel rendere disponibili per l'analisi i 50 Petabyte di dati prodotti da LHC nel solo 2016: una quantità che non ha pari in altre discipline e che definisce, di fatto, il termine Big Data, indicativo non solo dell'immane quantità di dati, ma anche della sua variabilità e delle velocità e agilità nella trasmissione e condivisione delle informazioni. Contribuendo con i propri ricercatori e con le peculiari competenze all'implementazione dell'infrastruttura, l'INFN è stato uno dei principali attori di questo processo, che ha conosciuto il massimo sforzo nel decennio 2000-2010. Dal punto di vista dei progressi scientifici questa rivoluzione ha mostrato immediatamente i suoi effetti. Per la prima volta nella storia dei grandi esperimenti è stato possibile ottenere i risultati scientifici nei pochi mesi successivi la presa dati. E la prima prova tangibile è rappresentata proprio dalla scoperta del Bosone di Higgs.
A livello nazionale, il processo ha consentito di realizzare in Italia un'infrastruttura di calcolo distribuita il cui centro principale, un nodo di primo livello (Tier1), è collegato ad altri 10 centri di secondo livello (Tier2) distribuiti sul territorio. Il Tier1 è gestito dal centro di calcolo nazionale dell'INFN, il CNAF di Bologna, ed è il principale cluster di calcolo, oltre che per gli esperimenti di LHC, per molti degli esperimenti che coinvolgono l'INFN. Questa rete nazionale a due livelli è poi inserita nell'infrastruttura mondiale e collegata al centro principale al CERN (Tier0) e agli altri centri di livello 1 e 2 nel mondo, distribuiti in Europa, Asia, Giappone e USA.

Oltre a LHC la GRID supporta esperimenti e collaborazioni sperimentali nella condivisione e nell'analisi dei dati. Quali esperimenti ne traggono maggiore beneficio?
Inizialmente l'attività di calcolo GRID è stata asservita unicamente alle esigenze di analisi dati di LHC, per le quali era stata sviluppata. Successivamente, tuttavia, hanno adottato lo stesso approccio anche altre collaborazioni sperimentali che avevano l'esigenza di gestire grandi quantità di dati, come Belle II, in Giappone e BES III, in Cina. Attualmente, l'utilizzo della GRID si sta allargando anche a esperimenti di settori diversi dalla fisica degli acceleratori, come le grandi collaborazioni internazionali di fisica delle astroparticelle. Penso ad esempio ai progetti in fase di sviluppo come il *Cherenkov Telescope Array (CTA)* o il progetto satellitare Euclid, che vedono il coinvolgimento in primis dell'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica) e la partecipazione attiva dell'INFN. E penso a Xenon, per la ricerca della materia oscura ai Laboratori INFN del Gran Sasso, che avendo moltiplicato notevolmente la quantità di dati da analizzare rispetto agli standard iniziali ha chiesto di accedere alla rete dei Tier1 e Tier2 di LHC. Si tratta di esperimenti in forte sviluppo gestiti da collaborazioni internazionali sempre più allargate. Benché sempre inferiori a quelle di LHC, le quantità di dati che questi esperimenti raccoglieranno nei prossimi anni rendono indispensabile l'accesso alla GRID.

» L'INTERVISTA

Quali le prospettive a livello europeo e mondiale?

Per quanto ci riguarda la prossima sfida ha una doppia valenza. Innanzitutto, l'infrastruttura stessa deve evolvere verso un modello di organizzazione diverso da quello attuale. Non potrà più valere il paradigma GRID basato su tante CPU collegate tra loro. Per la sola analisi dei dati dei prossimi upgrade di LHC avremo bisogno di un'infrastruttura più larga che coinvolga Tier 1 e Tier2 ma anche macchine in grado di fare *High Performance Computing*. L'infrastruttura dovrà essere di carattere più generale e permettere a qualsiasi utente di qualunque settore della ricerca di accedere alla tipologia di risorsa a lui più congeniale. Se funzionale all'analisi dati che si sta facendo, l'infrastruttura deve essere in grado di offrire anche risorse di calcolo di livello avanzato. Anche per questo sarà necessario abbandonare l'approccio GRID in favore di una logica CLOUD, che è più flessibile, aperta a esigenze variegate, e accessibile da utenti esterni alla comunità INFN. In particolare, devono poter accedere all'infrastruttura anche comunità sperimentali che lavorano su tematiche di ricerca diverse dalle nostre. Penso innanzitutto all'INAF con cui abbiamo collaborazioni sperimentali in corso, ma anche all'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) e al settore Long Baseline Science, il cui cuore pulsante è oggi in Cina.

La premessa a questo processo è che l'evoluzione della GRID va affrontata in ogni caso per il futuro di LHC. La scelta che abbiamo dovuto fare da subito è se valesse la pena di rendere l'infrastruttura più flessibile e metterla a sistema, in modo da renderla accessibile alle comunità di ricerca italiane al di fuori dell'INFN. Noi abbiamo le competenze necessarie a compiere il passo e, a fronte di un supporto da parte delle istituzioni, vale certamente la pena di evitare di disperdere sforzi e risorse frazionando gli interessi delle singole comunità scientifiche. È esattamente quanto accaduto in precedenza con la GRID che è nata per noi ed è ora patrimonio di tutti.■

» FOCUS

I PRIMI CINQUE ANNI DI AMS SULLA ISS

Oltre 90 miliardi di particelle cosmiche osservate in 5 anni, tra le quali più di milione di rare particelle di antimateria, e lo studio sistematico di tutte le specie nucleari presenti nei raggi cosmici, che ha evidenziato caratteristiche inaspettate nelle forme degli spettri di protoni, elio e litio. Il grande cacciatore di antimateria *Alpha Magnetic Spectrometer* (AMS) ha così aperto, per la ricerca in fisica delle particelle nello spazio, un'epoca di misure di alta precisione, che richiede nuove e più approfondite teorie per spiegare le osservazioni effettuate. Questo primo bilancio della sua attività è stato presentato a dicembre in un seminario al CERN dal premio Samuel C.C. Ting del MIT.

AMS è frutto di una collaborazione internazionale, diretta da Ting, i cui membri provengono da 15 nazioni in tre continenti. L'Italia ha dato un contributo fondamentale: la maggior parte dei rivelatori a bordo di AMS sono stati realizzati nel nostro paese grazie ai gruppi dell'INFN e delle Università coinvolti (Bologna, Milano, Perugia, Roma Sapienza, Trento), e con il contributo delle principali industrie aerospaziali italiane, sotto il coordinamento dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). AMS è stato portato in orbita nel maggio 2011 con la missione STS-134 dello Shuttle Endeavour e istallato sulla ISS, in base a un accordo tra la NASA e il DoE (*Department of Energy*). Le operazioni dello strumento sono condotte dai membri della collaborazione nel centro di controllo (*Payload Operation Control Center*) al CERN, e in stretto coordinamento con il team di supporto della NASA presso il Johnson Space Center. Copia integrale dei dati dell'esperimento è trasmessa e analizzata al Centro Nazionale di calcolo CNAF dell'INFN e distribuita quindi all'ASI *Science Data Center* (ASDC).

L'obiettivo principale della missione consiste nello studio delle particelle di antimateria: AMS studia lo spettro di positroni e antiprotoni nella radiazione cosmica in un intervallo di energie finora inesplorato. Deboli quantità di antiparticelle possono essere generate nell'urto tra le particelle che compongono la radiazione cosmica e le polveri interstellari, ma ogni eccesso di antiparticelle osservato, rispetto a quanto prevedibile dalla produzione "standard", può essere potenzialmente legato alla presenza di

» FOCUS

nuove sorgenti esotiche, ad esempio annichilazioni di particelle di materia oscura. Sperimentalmente, questa è una grande sfida: per osservare un antiprotone devono essere "scartati" 10.000 protoni, 1.000 nuclei di elio e 100 elettroni. Questo è stato possibile grazie all'utilizzo simultaneo di più tecniche di rivelazione mutuate dagli esperimenti di fisica delle alte energie negli acceleratori di particelle. AMS ha misurato i flussi di antiprotoni e positroni in un intervallo di energie di ampiezza mai raggiunta prima, studiando inoltre le caratteristiche dei loro spettri e il loro discostamento da quelli delle rispettive particelle. In entrambi i canali è stato rilevato un "eccesso" rispetto a quanto atteso, eccesso che, con maggiore precisione e in un intervallo di energia più esteso, conferma quello visto da dal rivelatore satellitare Pamela (*Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics*) nel 2009. Per spiegare queste osservazioni sono richieste nuove sorgenti di antiparticelle e/o nuovi meccanismi di generazione di queste antiparticelle nel mezzo interstellare. Alternativamente, la produzione da sorgenti astrofisiche, quali le pulsar, rappresentano una sorgente "tradizionale" che potrebbe spiegare le osservazioni di AMS.
Un altro mistero dell'antimateria investigato da AMS è legato alle origini dell'universo: nel modello del Big Bang iniziale è prevista la generazione di un'eguale quantità di materia e antimateria, ma l'universo che conosciamo è fatto di sola materia, e ad oggi, non sappiamo perché l'antimateria sia scomparsa. L'identificazione certa di anche un singolo antinucleo nella radiazione cosmica, ad esempio antielio o anticarbonio, riveste quindi un'estrema importanza. Nel caso dell'antielio, ad esempio, la proporzione tra il segnale cercato (antielio) e il possibile fondo (elio) in queste osservazioni è molto piccola, pari a circa 1/1 miliardo: questo implica che, per avere la certezza della natura di eventi di questo tipo è necessario avere una comprensione di ogni possibile effetto strumentale in estremo dettaglio.
AMS ha anche iniziato uno studio sistematico di tutte le specie nucleari presenti nei raggi cosmici - che vanno dalle più leggere, come protoni, elio, litio, alle più pesanti, fino al ferro - presentando risultati fino ai nuclei di ossigeno. La grande statistica di eventi accumulati e l'accuratezza dei rivelatori che costituiscono AMS hanno permesso di evidenziare caratteristiche inaspettate nelle forme degli spettri, di protoni, elio e litio, distinguendo anche i diversi comportamenti delle specie, "primarie", prodotte dalle sorgenti, e di quelle "secondarie", prodotte principalmente nelle collisioni con il mezzo interstellare. L'interpretazione di queste misure è direttamente legata sia ai meccanismi che originano i raggi cosmici, che ai processi che ne segnano il percorso all'interno della galassia scandendo, in base ai rapporti trovati tra i flussi di diverse specie, i tempi del loro viaggio.
Per la piena comprensione dei fenomeni osservati da AMS nell'ambito della fisica dei raggi cosmici, la discriminazione tra differenti scenari alla base degli eccessi misurati nei flussi di antiparticelle e la possibile conferma dei candidati di antielio sarà quindi fondamentale la continuazione della presa dati dell'esperimento nei prossimi anni, fino alla permanenza in orbita della ISS. ■

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
+ 39 06 6868162

Immagine di copertina
AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) sulla Stazione Spaziale Interazionale (SSI) (©NASA)