

NEWSLETTER 32

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

NEWS

RICERCA

IL LATO NASCOSTO DEL SOLE, p. 2

NOMINE

MAURO TAIUTI ALLA GUIDA DI KM³NeT, p. 3

RICERCA APPLICATA

NASCE LA RETE EUROPEA DI CAMERE DI SIMULAZIONE ATMOSFERICA, p. 4

OUTREACH

QUASI 400 STUDENTESSE ALLE PRESE CON LA FISICA DELLE PARTICELLE, p. 5



L'INTERVISTA p. 6

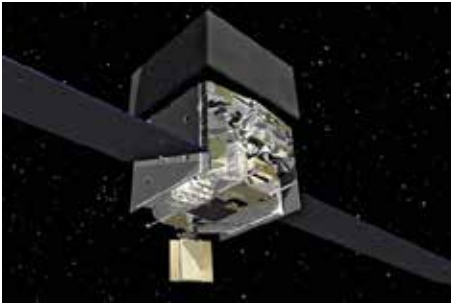
TAGLIO DEL NASTRO PER ADVANCED VIRGO

*Intervista a Giovanni Losurdo, ricercatore INFN
e coordinatore del progetto Advanced Virgo*



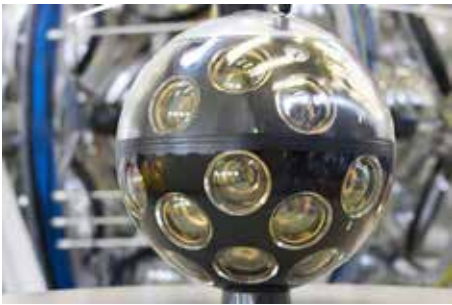
FOCUS p. 10

PIXIRAD: DALLA FISICA FONDAMENTALE AL MERCATO EUROPEO



RICERCA IL LATO NASCOSTO DEL SOLE

Fermi, il satellite della NASA che studia i fotoni gamma nello spazio, cui l'Italia partecipa con l'INFN, l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ha rivelato nuovi brillamenti solari ad altissima energia, che hanno avuto origine nella faccia non visibile del Sole. Sebbene la luce che deriva da queste violente eruzioni sia emessa nel lato a noi nascosto della nostra stella, e non ci possa quindi raggiungere direttamente, gli scienziati della collaborazione Fermi sono riusciti a osservarla. Gli ioni prodotti e accelerati nei brillamenti, infatti, essendo elettricamente carichi, viaggiano lungo le linee del campo magnetico solare, che connettono il luogo dove è avvenuto il brillamento con parti anche distanti del Sole. Dopo un viaggio di oltre 500mila km, questi ioni interagiscono nelle zone più dense della superficie del Sole, sulla faccia a noi visibile, producendo pioni che a loro volta decadono in raggi gamma: sono questi i fotoni di altissima energia che sono stati rivelati da Fermi, grazie allo strumento LAT (*Large Area Telescope*) collocato a bordo del satellite. La loro osservazione rappresenta quindi un'occasione unica per studiare come sono accelerati gli ioni durante i brillamenti solari sul lato nascosto del Sole (chiamati in inglese *behind-the-limb flares* o btl). Grazie al Fermi-LAT è stato possibile raddoppiare il numero di osservazioni di questi (rari) fenomeni: dagli anni '80 fino al lancio di Fermi nel 2008 erano stati rivelati solo tre btl ma tutti con energie inferiori ai 100 MeV. Mentre nei primi otto anni in orbita, Fermi ne ha rivelati altrettanti con emissione fino ai GeV. I risultati dei tre btl visti con Fermi-LAT sono stati presentati il 30 gennaio nel corso della conferenza dell'*American Physical Society* (APS) a Washington D.C., e pubblicati su *The Astrophysical Journal*. ■



NOMINE

MAURO TAIUTI ALLA GUIDA DI KM3NeT

Eletto alla guida di KM3NeT, il progetto internazionale per la realizzazione di un telescopio sottomarino di nuova generazione dedicato allo studio dei neutrini, Mauro Taiuti coordinerà la collaborazione di scienziati provenienti, oltre che dall'INFN, da quasi una quarantina di Istituzioni di undici Paesi: Cipro, Francia, Germania, Grecia, Italia, Marocco, Olanda, Polonia, Romania, Russia e Spagna. Nato a Genova nel 1957, Taiuti entra all'INFN come ricercatore nel 1984 e dal 1999 è professore all'Università di Genova. Al JeffersonLab, negli Stati Uniti, studia gli effetti della materia nucleare sulle risonanze barioniche con l'esperimento AIACE, di cui è stato responsabile nazionale. Dal 2001 partecipa alla realizzazione del telescopio per lo studio dei neutrini di altissima energia, dapprima negli esperimenti ANTARES e NEMO e successivamente in KM3NeT, ed è in seguito *chairman* dell'*Institute Board* della collaborazione per quattro anni. Da settembre 2011 è presidente della Commissione Nazionale 3 dell'INFN, che coordina le ricerche di fisica nucleare dell'Ente.

Situato nel Mediterraneo, a 3500 metri di profondità al largo di Capo Passero, in Sicilia, dove nella sua configurazione finale occuperà un volume di diversi chilometri cubi di mare, KM3NeT sfrutterà l'acqua del mare come rivelatore per studiare neutrini provenienti da sorgenti astrofisiche lontane, come supernovae o lampi di raggi gamma. Un recente progetto di ampliamento delle ricerche prevede di estendere lo studio alle oscillazioni dei neutrini atmosferici, dotando l'infrastruttura con un nuovo rivelatore. KM3NeT ospiterà inoltre strumentazione per studi e monitoraggi ambientali, diventando così un vero e proprio laboratorio multidisciplinare nel profondo degli abissi. ■



RICERCA APPLICATA
NASCE LA RETE EUROPEA DI CAMERE
DI SIMULAZIONE ATMOSFERICA

Parte EUROCHAMP 2020, progetto europeo per la costituzione di una rete di camere di simulazione atmosferica, cui l'INFN partecipa con la costruzione del primo strumento italiano, ChAMBRé. Creando atmosfere artificiali in condizioni controllate, le camere di simulazione atmosferica permettono di studiare la formazione e la trasformazione degli inquinanti in atmosfera, la formazione delle nubi, l'azione dei raggi cosmici nella produzione di aerosol, l'interazione tra i costituenti dell'atmosfera e la luce solare e molto altro. Nei prossimi anni, ChAMBRé studierà in particolare il comportamento del bio-aerosol, ovvero della frazione dell'aerosol costituita da organismi viventi, in presenza di diversi livelli e tipologie di inquinanti per capire, ad esempio, se l'inquinamento atmosferico favorisca o meno la dispersione di alcuni batteri nell'atmosfera. La struttura principale di ChAMBRé è stata costruita da un gruppo di ricerca della sezione INFN di Genova che si prepara ora a eseguire i primi test di funzionalità. Grazie alla partecipazione a EUROCHAMP, l'INFN entrerà inoltre a far parte di una *Joint Research Unit* (JRU) denominata ACTRIS-Italia (*Aerosols, Clouds and Trace gases Research InfraStructure*), il cui obiettivo è creare una rete italiana di rilevanza nazionale e internazionale dedicata all'osservazione e allo studio di atmosfera, inquinamento e cambiamenti climatici. Oltre alla sezione INFN di Genova, anche il LABEC di Firenze (il Laboratorio di tecniche nucleari per i beni culturali dell'INFN) e la sezione INFN di Milano opereranno all'interno dell'infrastruttura. L'INFN partecipa al progetto, per il quale l'Unione Europea ha stanziato 9 milioni di euro, con altri 14 Istituti di ricerca provenienti da più di 10 Paesi. ■



OUTREACH
QUASI 400 STUDENTESSE
ALLE PRESE CON LA FISICA DELLE PARTICELLE

L'11 febbraio, in occasione della “Giornata Internazionale per le donne e le ragazze nella scienza”, istituita dall’Assemblea Generale delle Nazioni Unite per promuovere e incoraggiare le carriere

STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) l’INFN ha organizzato due Masterclass, a Cagliari e Cosenza, e una “*Matinée di Scienza*” ai Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dell’INFN, con un coinvolgimento complessivo di quasi 400 ragazze provenienti dalle scuole medie superiori. Organizzata in collaborazione con IPPOG (*International Particle Physics Group*), le Masterclass di Cagliari e Cosenza hanno visto le ragazze alle prese con l’analisi al computer di dati scientifici reali, provenienti dall’acceleratore LHC del CERN. Al termine della giornata di lavoro, i risultati sono stati messi a confronto con quelli ottenuti da altre studentesse straniere, nel corso di una videoconferenza moderata dal CERN. Ai Laboratori Nazionali di Frascati, la “*Matinée di Scienza*” ha potuto contare invece sulla testimonianza di alcune scienziate, che hanno presentato alle partecipanti il lavoro e i risultati ottenuti nelle rispettive attività di ricerca all’INFN. Per la seconda parte del mese di febbraio, inoltre, la sezione INFN di Napoli, in collaborazione con il Coordinamento Napoletano Donne nella Scienza, ha organizzato un ciclo di incontri all’Istituto ITIS Leonardo da Vinci, per parlare di donne e scienza, di stereotipi e di dati statistici di genere. ■

» L'INTERVISTA



TAGLIO DEL NASTRO PER ADVANCED VIRGO

Intervista a Giovanni Losurdo, ricercatore INFN e coordinatore del progetto Advanced Virgo

Il 20 febbraio allo European Gravitational Observatory (EGO), a Cascina, nella campagna pisana, alla presenza dei membri delle collaborazioni Virgo e LIGO e dei rappresentanti istituzionali dei Paesi coinvolti, si è svolta la cerimonia inaugurale di Advanced Virgo, l'interferometro europeo per onde gravitazionali di seconda generazione. Advanced Virgo ha ultimato la fase di costruzione ed è entrato nella fase di tuning-up, in cui sta calibrando e mettendo a punto tutti i suoi strumenti. Si unirà così ai due interferometri americani Advanced LIGO nello studio delle onde gravitazionali, la cui scoperta è stata annunciata l'11 febbraio 2016, dalle due collaborazioni scientifiche LIGO e Virgo. Abbiamo parlato di Advanced Virgo con il coordinatore del progetto, Giovanni Losurdo, per capire come è stato potenziato lo strumento e quali sono le prospettive che ora si aprono per lo studio delle onde.

Pochi giorni fa abbiamo tagliato il nastro di Advanced Virgo. Quali sono gli interventi che avete eseguito sul rivelatore per aumentarne la sensibilità?

Si è trattato di un pacchetto sostanziale di *upgrade* che ha coinvolto tutte le parti di Virgo. A partire dallo stesso disegno ottico: abbiamo aggiunto una cavità ottica (il *signal recycling*, un metodo ottico che permette di ottimizzare la risposta del rivelatore a certi segnali astrofisici). Abbiamo allargato la dimensione dei fasci in modo da ridurre l'impatto del rumore termico degli specchi. Gli specchi sono più grandi e la qualità delle superfici è molto migliorata rispetto a Virgo. Il laser sarà più potente. E per mitigare le potenziali aberrazioni indotte dalla maggiore potenza abbiamo un sistema molto sofisticato di compensazione termica. I superattenuatori, che hanno consentito a Virgo di essere il rivelatore più sensibile al mondo nella regione delle basse frequenze, sono stati modificati per sospendere i nuovi specchi e altre componenti. È stato fatto un importante investimento per ridurre il rischio di luce diffusa, introducendo diaframmi assorbitori e isolando acusticamente e sismicamente tutti i fotodiodi. Abbiamo migliorato il sistema di vuoto introducendo delle connessioni

» L'INTERVISTA

criogeniche all'estremità dei tubi all'interno dei bracci dell'interferometro lunghi 3 km. E abbiamo anche eseguito degli interventi infrastrutturali importanti, trasformando alcuni laboratori in camere pulite e ampliandone la superficie in modo da essere pronti per ulteriori upgrade del rivelatore.

La realizzazione di progetti scientifici e tecnologici così complessi nascondono spesso insidie. Quali sono le difficoltà che avete incontrato nel mettere a punto Advanced Virgo?

Advanced Virgo è una macchina complessa. Ci sono voluti cinque anni di lavoro per la sua costruzione. È inevitabile trovare ostacoli nel percorso. Ne abbiamo incontrati diversi ma due sono stati i principali. Innanzitutto la scoperta che alcune delle lame di acciaio speciale usate nei superattenuatori sin dalla nascita di Virgo erano rotte: abbiamo capito il problema, chiamato "infragilimento da idrogeno" (*hydrogen embrittlement*), e abbiamo deciso di sostituire un numero cospicuo di lame per minimizzare il rischio di nuove rotture. Inoltre, la rottura ripetuta delle fibre di silice fusa che sospendono gli specchi (tecnologia già utilizzata con successo durante l'ultimo *run* di Virgo, nel 2011). Dopo diversi mesi di indagine, abbiamo capito la causa della rottura delle fibre di silice fusa. Si tratta dell'effetto di una contaminazione originata in alcune pompe da vuoto che producevano polvere: questa, accelerata dai gradienti di pressione durante la fase di *venting* (operazione nel corso della quale si immette aria nella camera a vuoto), urtava le fibre danneggiandole. Dunque la tecnologia delle sospensioni monolitiche, che già Virgo aveva utilizzato con successo, si è dimostrata valida anche nell'evoluzione successiva ingegnerizzata per Advanced Virgo. Tutti i problemi incontrati sono stati risolti, grazie al grande lavoro, alla perseveranza e alla professionalità dei team coinvolti.

Qual è la sensibilità ora raggiunta da Advanced Virgo?

Al momento gli specchi sono sospesi con fili d'acciaio e questo aumenta il rumore nella zona delle basse frequenze. Abbiamo fatto questa scelta perché la nostra priorità era entrare in presa dati con LIGO prima possibile, ma siamo pronti a rimettere le sospensioni monolitiche e ripristinare perciò la configurazione di progetto, non appena consentito dalla programmazione dei periodi di presa-dati (*run*). Tuttavia, anche nella configurazione attuale, Virgo potrà raggiungere una sensibilità sufficiente a rivelare una coalescenza di stelle di neutroni a distanze fino a 45 megaparsec (i due LIGO al momento sono a circa 80 megaparsec) e dare un contributo significativo al puntamento del network.

Qual è stato l'investimento per la realizzazione di Advanced Virgo?

L'interferometro Virgo ha preso dati fino al 2011 prima di esser smantellato. Quest'ultima presa dati è stata un grande successo, perché siamo andati oltre l'obiettivo di sensibilità che avevamo promesso di raggiungere all'atto della nascita di Virgo. Abbiamo anche ottenuto risultati di grande significato astrofisico, come quello sulla struttura della pulsar Vela.

» L'INTERVISTA

In parallelo, nel 2009, il progetto Advanced Virgo è stato approvato con un budget di 23,8 milioni di euro: 21,8 milioni divisi a metà tra INFN e CNRS, il resto come contributo in *kind* di Nikhef. Il lavoro di progetto della macchina era cominciato anni prima (il *conceptual design* è del 2007). Dal novembre 2008 abbiamo affrontato una *review* da parte di una commissione internazionale guidata dal fisico americano Barry Barish, uno dei padri degli interferometri LIGO. Il processo di revisione è durato 8 mesi e si è concluso a maggio 2009 con la raccomandazione di procedere alla sua realizzazione. La costruzione è iniziata nel 2012 e si è conclusa nell'estate del 2016. Siamo molto soddisfatti del lavoro fatto, anche perché il progetto è stato concluso senza sforare il costo previsto, e abbiamo tenuto il passo della collaborazione americana: il tempo trascorso tra l'approvazione del finanziamento e la fine della costruzione è stato lo stesso per Advanced Virgo e Advanced LIGO.

Qual è la programmazione di Virgo per il futuro?

Distingueri tre fasi. Nei tempi brevi, il primo obiettivo, la priorità assoluta, è portare a conclusione il *commissioning* della macchina, raggiungendo la sensibilità per iniziare la presa dati. Il secondo, a conclusione del primo *run*, è ripristinare le sospensioni monolitiche, aumentare ulteriormente la sensibilità e partecipare al *run 03* con LIGO. Infine, terminato il *run 03*, implementeremo il *signal recycling* (ricircolo di segnale) e il laser ad alta potenza, già previsti nel progetto Advanced Virgo per il 2018. Inoltre, abbiamo già messo a punto un piano di *upgrade* per migliorare ulteriormente la sensibilità del rivelatore, a partire dall'installazione di uno *squeezer*, un sistema che consente di ridurre il *shot noise* (l'incertezza sul conteggio dei fotoni) che limita la sensibilità degli interferometri alle alte frequenze. Su questo è iniziata una preziosa collaborazione con l'*Albert Einstein Institute* di Hannover, che ha messo a disposizione di Virgo lo *squeezer* più efficace mai costruito finora.

La scoperta delle onde gravitazionali ha aperto la strada all'astronomia gravitazionale e all'astronomia multi-messaggero, che ci permetteranno di osservare l'universo in un modo nuovo: che cosa significa?

Le onde gravitazionali interagiscono molto debolmente con la materia e possono attraversarla indisturbate. Esistono fenomeni, come la collisione di due buchi neri, che possiamo osservare solo attraverso le onde gravitazionali. E altri, come le supernovae o la coalescenza di stelle di neutroni, da cui ci aspettiamo sia onde gravitazionali che emissioni di altro tipo (elettromagnetiche, neutrini). I tre interferometri (e quelli che si uniranno in futuro, come il giapponese KAGRA), lavorando in coincidenza, potranno localizzare con accuratezza sempre maggiore (man mano che evolverà la loro sensibilità e aumenterà il numero dei rivelatori in rete) la direzione del segnale. In questo modo forniranno a telescopi ottici, radio, X e gamma indicazioni per il puntamento, alla ricerca di una controparte elettromagnetica del segnale gravitazionale. Questo sforzo è già in atto. La collaborazione LIGO-Virgo ha già firmato decine di *memorandum of understanding* per il *follow up* elettromagnetico. L'osservazione simultanea, multi-messaggero, di questi eventi aprirà

» L'INTERVISTA

prospettive straordinarie nella loro comprensione. E poi c'è la cosmologia: la radiazione fossile ci fornisce una foto dell'universo 380.000 anni dopo il big bang, ad una scala di energia di appena una frazione di eV. La rivelazione del fondo cosmologico di onde gravitazionali ci darebbe un'immagine dell'universo al tempo di Planck, ad una scala di energia di 10^{19} GeV.

Virgo è gestito dallo European Gravitational Observatory (EGO) che, nato su iniziativa dell'INFN e del CNRS, negli anni è riuscito ad attrarre Istituzioni di altri Paesi.

Virgo è stato fondato da Italia e Francia ed è cresciuto, allargandosi a Paesi Bassi, Polonia, Ungheria e Spagna. EGO è un consorzio italo-francese che ha accolto i Paesi Bassi come membro osservatore. È dunque in corso un processo di progressivo ampliamento. Ma sia Virgo sia EGO hanno bisogno di crescere ancora per riuscire a restare competitivi, a fronte della dimensione della collaborazione scientifica LIGO e delle risorse investite negli interferometri americani: il programma di R&D per Advanced LIGO è costato oltre 60 milioni di dollari. È, quindi, necessario perseguire una politica di ampliamento, innanzitutto verso altri Paesi europei. Il primo passo per acquisire una funzionalità internazionale strutturata consiste nel presentare la candidatura di EGO a ERIC, cioè a divenire uno *European Research Infrastructure Consortium*, la forma legale instaurata dalla Commissione Europea nel 2009 che permette accessi facilitati ai fondi europei, un cammino naturale per l'inserimento di futuri progetti nella strategia europea per le grandi infrastrutture di ricerca (ESFRI), un'eventuale successiva trasformazione in organizzazione internazionale.

La programmazione in questo tipo di ricerche è determinante perché i tempi di realizzazione di progetti così complessi sono lunghi. Voi state già pensando all'interferometro europeo del futuro?

La scoperta delle onde gravitazionali è stata un evento monumentale: ha aperto una nuova era nell'osservazione dell'universo. Ma rappresenta solo il primo passo di un'avventura destinata a durare decenni, che porterà ad accrescere le nostre conoscenze in astrofisica, cosmologia, fisica fondamentale. Questo richiede di passare dalla rivelazione di pochi eventi all'osservazione di precisione, caratterizzata da statistica elevata ed elevato rapporto segnale-rumore. È necessario un programma di evoluzione dei rivelatori attuali, le cui prestazioni saranno presto limitate dalle potenzialità dell'infrastruttura che li ospita. Per questo motivo è stato realizzato nel triennio 2008-2011 il disegno concettuale di un futuro osservatorio europeo, l'*Einstein Telescope* (ET). L'infrastruttura sotterranea sarà capace di ospitare i rivelatori di terza generazione, con un salto importante nelle capacità di osservazione. Un'infrastruttura di questo livello richiede tempi di progettazione e realizzazione lunghi, dell'ordine di 15 anni: per mantenere la *leadership* nel settore e sfruttare le sinergie osservative con la missione spaziale LISA alla fine della prossima decade, è fondamentale iniziare da subito gli studi operativi. ■

» FOCUS



**PIXIRAD – DALLA FISICA
FONDAMENTALE AL MERCATO
EUROPEO**

Prima società *spin-off* dell'INFN, PIXIRAD è un caso di successo in cui una tecnologia nata dalla ricerca in fisica fondamentale viene “esportata” in ambito commerciale in un settore di mercato caratterizzato da innovazione e alta specializzazione. A suggello della capacità innovativa del progetto, a febbraio PIXIRAD ha firmato un accordo per la sua acquisizione da parte della compagnia PANalytical, parte di Spectris plc, società olandese leader mondiale nella strumentazione per analisi e caratterizzazione dei materiali con tecniche ai raggi X.

Lo *spin-off* nasce nel 2012 da un gruppo di ricerca della Sezione INFN di Pisa, specializzato nello sviluppo di sensori di radiazione basati su tecnologie sviluppate nell'ambito della fisica delle particelle e della ricerca spaziale. Obiettivo: portare sul mercato internazionale rivelatori altamente innovativi in grado di contribuire allo sviluppo sociale ed economico nei settori della radiologia digitale e dell'*imaging* industriale e scientifico, in particolare con le tecniche di diffrazione e cristallografia ai raggi X.

Il team di fisici dell'INFN ha così costituito una società *spin-off* con l'obiettivo di realizzare questa tecnologia che in pochi anni ha richiamato l'interesse di realtà industriali a livello internazionale. In particolare, la capacità unica della tecnologia PIXIRAD di garantire efficienza in un intervallo di energia molto esteso (da 1 a 100 keV e oltre) ha reso i suoi rivelatori la scelta ideale per l'analisi strutturale dei materiali con tecniche che richiedono l'utilizzo di raggi X di alta energia, come la diffrazione e la cristallografia ai raggi X.

PIXIRAD si è rivelata promettente anche in ambito medico, in particolare in radiologia digitale, settore che si sta affermando di grande e crescente interesse a seguito della trasformazione dei sistemi radiologici da analogici (con impiego di pellicole radiografiche e intensificatori di immagine) a digitali (con utilizzo di dispositivi integralmente elettronici, in grado di restituire in tempo reale l'immagine radiologica). In questo contesto, PIXIRAD ha sviluppato un nuovo tipo di sensore radiologico digitale ad elevatissima risoluzione, che costituisce un significativo salto tecnologico rispetto agli standard attuali: si tratta di

» FOCUS

un sensore di tipo *photon counting* (conta fotoni) cromatico, in grado, cioè, di contare individualmente i fotoni incidenti e di separarli in base alla loro energia. Il funzionamento del sensore in questa modalità permette di ottenere il massimo rapporto possibile fra qualità dell'immagine e dose di radiazioni assorbite. Inoltre, l'analisi energetica del fascio radiante consente di realizzare, per la prima volta, un *imaging* radiologico "a colori", un risultato destinato ad aumentare considerevolmente il contenuto informativo delle immagini prodotte. ■

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

REDAZIONE

Coordinamento:

Francesca Scianitti

Progetto e contenuti:

Eleonora Cossi

Francesca Mazzotta

Francesca Scianitti

Antonella Varaschin

Grafica:

Francesca Cuicchio

CONTATTI

Ufficio Comunicazione INFN

comunicazione@presid.infn.it

+ 39 06 6868162

Immagine di copertina

Specchio dell'interferometro per onde gravitazionali Virgo

Crediti Maurizio Perciballi INFN/EGO/Virgo