



NEWSLETTER 45

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

INTERVISTA



LA REALIZZAZIONE DI CTAO, IL FUTURO OSSERVATORIO PER RAGGI GAMMA CHE SARÀ LEADER MONDIALE NEI PROSSIMI DECENNI, RAPPRESENTERÀ UN SUCCESSO, EUROPEO E NAZIONALE

Ne abbiamo parlato con Federico Ferrini, nuovo direttore di CTAO, p. 2

NEWS

RICERCA

NA62 E I RARISSIMI DECADIMENTI DEL MESONE K, p. 5

RICONOSCIMENTI

A GIANLUIGI FOGLI ED ELIGIO LISI IL PREMIO PONTECORVO, p. 6

BENI CULTURALI

SVELATI I SEGRETI DELL'OPERA DI PREVIATI 'PAOLO E FRANCESCA', p. 7

FOCUS



MATERIA OSCURA: PRONTO IL PRIMO PHOTO-DETECTOR MODULE PER DARKSIDE, p. 8

» INTERVISTA



LA REALIZZAZIONE DI CTAO, IL FUTURO OSSERVATORIO PER RAGGI GAMMA CHE SARÀ LEADER MONDIALE NEI PROSSIMI DECENNI, RAPPRESENTERÀ UN SUCCESSO, EUROPEO E NAZIONALE

Ne abbiamo parlato con Federico Ferrini, nuovo direttore di CTAO.

Federico Ferrini ha assunto a marzo la carica di direttore del Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO), che sarà il più grande telescopio per raggi gamma al mondo. Ferrini, dopo aver dedicato più di 30 anni alla ricerca e all'insegnamento di astrofisica all'Università di Pisa, è stato, dal 2011 al 2017, direttore dello European Gravitational Observatory (EGO), il consorzio, che ospita l'interferometro Virgo, proprio negli anni cruciali di implementazione del progetto Advanced Virgo per il potenziamento del rivelatore, e della scoperta delle onde gravitazionali. Ora Ferrini inizia una nuova esperienza alla direzione di CTAO, impresa scientifica e tecnologica d'avanguardia, cui l'Italia partecipa, oltre che con l'INFN, anche con l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). La rilevanza del progetto CTAO, la cui sede centrale è in Italia, a Bologna, è stata riconosciuta anche da ESFRI, che lo ha inserito nella roadmap che indica le infrastrutture di ricerca di primario interesse per l'Europa.

Dopo la recente esperienza alla guida di EGO conclusasi con i successi di Virgo, ora si trova ad affrontare una nuova grande impresa come direttore di CTAO. Quali sono gli aspetti più stimolanti e quelli più impegnativi di questo progetto?

CTAO è un progetto che prevede la realizzazione di un'infrastruttura di ricerca che permetterà di studiare l'universo attraverso i raggi gamma, che sono i più intensi segnali elettromagnetici provenienti dal cosmo, in un intervallo di energie assolutamente straordinario per ampiezza. Ai numerosi obiettivi scientifici che hanno motivato gli studi e la progettazione, si unisce una novità fondamentale rispetto ai precedenti sistemi di ricerca gamma: CTAO sarà un osservatorio che avrà come missione prioritaria alcuni progetti chiave già ben definiti, ma che sarà dedicato anche alle richieste che saranno proposte da tutti gli scienziati del mondo interessati a utilizzare questa infrastruttura unica nel suo genere. Ricordo, infatti, che consiste

» INTERVISTA

in due grandi installazioni: una nell'emisfero Nord, nell'isola di La Palma alle Canarie, e una nell'emisfero Sud, in Cile, a circa 20 chilometri dai grandi telescopi ottici dello European Southern Observatory (ESO). In totale saranno installati circa 120 telescopi di tre tipologie, ciascuna mirata a ottimizzare la sensibilità in bande energetiche differenti e complementari. Grandi numeri, complessità di scelta per passare dalla fase R&D alla produzione, problematiche molto varie da affrontare, dal garantire il mantenimento della qualità degli specchi per decenni, alla capacità di inseguimento veloce di fenomeni transienti da parte di strutture metalliche pesanti tonnellate, alle camere di rivelamento innovative e con soluzioni tecnologiche per ora in competizione: insomma, c'è di che divertirsi!

Qual è la tabella di marcia del progetto CTAO e quali sono le prossime tappe?

Vi sono numerose *milestone* nel cammino di CTAO, a cominciare dalla trasformazione da società tedesca senza fini di lucro in European Research Infrastructure Consortium (ERIC), come scelto dal Consiglio dei Paesi Membri. Questo obiettivo, per il raggiungimento del quale siamo in stretta collaborazione con il Ministero dell'Istruzione Università e Ricerca (MIUR), permetterà di avere sul territorio italiano una ERIC, mi auguro, per la fine del 2019. Entro la stessa data ho programmato la definizione completa del disegno e della ingegnerizzazione sia delle infrastrutture, sia dell'installazione delle apparecchiature scientifiche. Nel corso del 2020 partirà il processo di costruzione, che deve essere concepito in modo industriale, una volta ben programmato e decisa l'attribuzione dei contratti di costruzione e integrazione. In contemporanea, sarà conclusa la preparazione di tutto il software di controllo, di acquisizione, distribuzione e analisi dati, avendo provveduto a costruire nel 2019 il centro di gestione dati a Zeuthen, vicino Berlino. Costruzione, integrazione, accettazione e *commissioning* dei 120 telescopi e dei sistemi complessivi dei siti Nord e Sud devono essere conclusi per la fine del 2023, in modo da aprire le danze delle osservazioni scientifiche all'inizio del 2024.

I grandi progetti della fisica di base spesso richiedono lo sviluppo di nuove tecnologie. Quali sono gli aspetti più d'avanguardia di questo progetto, sia dal punto scientifico che tecnologico?

I gruppi scientifici coinvolti, i migliori al mondo nel settore, hanno sviluppato soluzioni raffinatissime e con performance impressionanti. Un problema emergente consiste nel fatto che vi è una sovrabbondanza di soluzioni per la stessa richiesta sperimentale: il compito del management sarà, quindi, identificare una singola soluzione che abbia le caratteristiche per soddisfare le richieste scientifiche e, allo stesso tempo, sia "semplice", solida e sostenibile. Ma il management avrà anche il compito di far accettare la scelta e ottenere il consenso di tutti i partecipanti.

» INTERVISTA

Come tutti i grandi progetti anche CTAO è frutto di una grande collaborazione internazionale. Qual è il ruolo dell'Italia in questo ambito?

L'Italia, grazie a INAF e INFN, è da anni uno dei paesi leader dell'astronomia gamma, sia per la forte partecipazione agli aspetti più propriamente scientifici, sia per i contributi tecnologici nella storia della strumentazione dell'astrofisica delle alte energie, con la partecipazione alle imprese satellitari e allo sviluppo dei sistemi terrestri. Avere in Italia la direzione di CTAO, il progetto leader mondiale del settore per i prossimi decenni, è certamente una grande opportunità, oltre che un segno di distinzione e peso internazionale.

CTAO è un progetto ESFRI, rientra cioè fra le infrastrutture ritenute rilevanti a livello europeo. Che cosa significa questo? Quali sono le caratteristiche che hanno permesso a CTAO di entrare nella roadmap di ESRI?

Il fatto che un progetto sia entrato a far parte della roadmap europea per le grandi infrastrutture scientifiche di ricerca ESFRI, oltre a essere un chiaro riconoscimento dell'eccellenza globale del progetto, offre opportunità importanti di finanziamenti ad hoc da parte della Commissione Europea nei vari programmi quadro di finanziamento della ricerca. Allo stesso tempo, pone il progetto in posizione prevalente all'interno della ormai consueta programmazione di investimenti in grandi infrastrutture di ricerca di interesse nazionale da parte dei principali Paesi. CTAO è inserito nelle roadmap nazionali dei grandi paesi europei e la sua realizzazione sarà vista come un successo, allo stesso tempo europeo e nazionale.

Che cosa significa guidare grandi infrastrutture scientifiche che hanno obiettivi molto ambiziosi, come EGO e CTAO?

Dopo molti anni di ricerca scientifica nell'astrofisica teorica, spesso rivolta allo studio di sistemi complessi, mi sono messo al servizio della comunità con lo scopo di collaborare alla realizzazione di progetti "difficili", cercando con la mia esperienza e il mio atteggiamento mentale di costruire quel ponte che unisce lo sviluppo concettuale e tecnologico di un esperimento con la sua realizzazione condizionata da finanze, tempi, e ogni altra sorta di vincoli. Cerco di mantenere allo stesso tempo l'affinità intellettuale con la componente scientifica e la capacità di interfaccia elastica e diplomatica con la componente committenza, allo scopo di ottenere uno sviluppo progettuale che renda entrambi soddisfatti, come è giusto che sia. In altri termini, mi diverto con i colleghi scienziati e ingegneri, e dialogo apertamente con le Agenzie finanziatrici. Se tutto ciò permette di aiutare anche un poco la realizzazione di questi progetti così ambiziosi, ne sono contento, come piccolo ingranaggio della macchina della conoscenza. ■



RICERCA

NA62 E I RARISSIMI DECADIMENTI DEL MESONE K

L'esperimento NA62 in attività al CERN ha da poco presentato i suoi più recenti risultati che riguardano un evento rarissimo: il decadimento del mesone K carico in un pione e due neutrini.

L'interesse per i decadimenti estremamente rari o addirittura "proibiti" è motivato dal fatto che questi processi permettono di sondare, in modo indiretto, scale di energia anche molto più alte di quelle direttamente accessibili ai più potenti collisori di particelle, come lo stesso Large Hadron Collider (LHC) del CERN. Lo studio di questi decadimenti potrebbe quindi aprire nel prossimo futuro una finestra sulla fisica oltre il Modello Standard. Inoltre, i risultati appena presentati da NA62 sono interessanti anche perché dimostrano l'efficacia della nuova tecnica, detta "in volo", utilizzata dall'esperimento per indagare questi decadimenti del mesone K. Questo permetterà di studiare nei prossimi anni, con precisione mai raggiunta prima, l'elusivo processo. Secondo le previsioni teoriche il mesone K carico decade in un pione e due neutrini solo in una frazione piccolissima dei casi. Per comprendere l'estrema rarità di questo processo, si pensi che il Modello Standard prevede, con notevole precisione, che debbano avvenire solo otto decadimenti di questo tipo ogni circa cento miliardi di decadimenti del mesone K. In numerose teorie che si propongono di superare il Modello Standard la frazione di eventi prevista per questo decadimento è invece sensibilmente diversa: quindi una misura sufficientemente precisa potrebbe mettere in evidenza la presenza di quella che i fisici chiamano Nuova Fisica. I risultati fin qui ottenuti, a questo livello di precisione statistica, sono compatibili con le previsioni del Modello Standard. ■



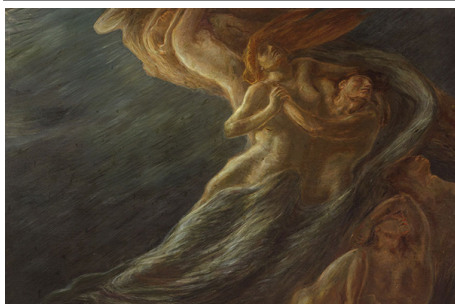
RICONOSCIMENTI

A GIANLUIGI FOGLI ED ELIGIO LISI IL PREMIO PONTECORVO

I fisici italiani Gianluigi Fogli, già professore ordinario di fisica teorica dell'Università di Bari, ed Eligio Lisi, dirigente di ricerca della Sezione INFN di Bari, sono stati insigniti del prestigioso premio internazionale

Bruno Pontecorvo 2017, assegnato annualmente dal *Joint Institute for Nuclear Research* (JINR) di Dubna. La cerimonia di consegna del premio si terrà a Dubna il prossimo settembre.

La giuria del premio, presieduta da Alexander Olshevskiy e composta da Samoil Bilenky (premio Pontecorvo 2002), Luciano Maiani (premio Pontecorvo 2014), Arthur McDonald (premio Pontecorvo 2004 e premio Nobel 2015) e Yoichiro Suzuki (premio Pontecorvo 2010), ha assegnato il premio a Gianluigi Fogli ed Eligio Lisi “per il loro pionieristico contributo allo sviluppo dell’analisi globale dei dati di oscillazione dei neutrini prodotti da esperimenti differenti”. I risultati di Fogli e Lisi premiati quest’anno coprono oltre due decenni di ricerche teoriche e fenomenologiche, mirate ad analizzare in dettaglio i fenomeni di oscillazione dei neutrini in un insieme sempre più ampio di dati sperimentali (neutrini solari, atmosferici, da reattore, da acceleratore ecc.). Questa analisi ha consentito di determinare con crescente precisione alcuni parametri della cosiddetta matrice di Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata (PMNS), e di stimarne altri ancora ignoti. Uno dei maggiori risultati ottenuti riguarda la prima stima del più piccolo elemento della matrice PMNS (l’angolo θ_{13}) con alcuni anni di anticipo rispetto alla scoperta sperimentale, avvenuta nel periodo 2011-2012, oggetto del precedente Premio Pontecorvo 2016. ■

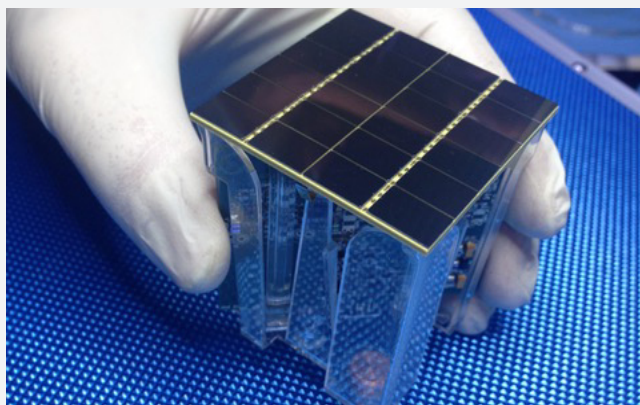


BENI CULTURALI

SVELATI I SEGRETI DELL'OPERA DI PREVIATI 'PAOLO E FRANCESCA'

Un team di ricercatori dell'INFN e dell'Università di Ferrara ha analizzato con la tecnica della radiografia digitale il dipinto "Paolo e Francesca" di Gaetano Previati, tra le opere più famose dell'artista, attualmente esposto al Palazzo dei Diamanti a Ferrara. Il lavoro di analisi, presentato al Salone internazionale del Restauro, è stato eseguito con la tecnica della radiografia digitale con uno scanner per diagnostica radiografica *in situ*, costruito e progettato grazie alla collaborazione tra dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Ferrara e la sezione INFN di Ferrara. Dalle radiografie digitali scattate, oltre mille, emerge la storia nascosta del dipinto. Grazie a queste analisi è stato, infatti, possibile riportare alla luce la prima redazione dell'opera, che svela dettagli nascosti nel dipinto, come la diversa posizione del volto di Francesca, inizialmente dipinta da Previati con il capo reclinato all'indietro. La modifica è ben evidente poiché la prima stesura del volto della giovane, poi abbandonata e coperta, è perfettamente riconoscibile grazie alla radiopacità dei pigmenti impiegati che ancora si trovano sotto la superficie pittorica. Le analisi sono state condotte nell'ambito delle attività della rete per i beni culturali INFN-CHNet (*Cultural Heritage Network*). Il programma di diagnostiche scientifiche è stato svolto in collaborazione con l'Istituto nazionale di ottica del CNR, che ha eseguito le diagnostiche per immagini nell'infrarosso e in fluorescenza ultravioletta. La lettura delle diagnostiche scientifiche, che già sono state di supporto all'intervento conservativo sull'opera, rappresenta un elemento importante per un'indagine storico-artistica dell'arte del primo Novecento. ■

» FOCUS



MATERIA OSCURA: PRONTO IL PRIMO PHOTO-DETECTOR MODULE PER DARKSIDE

Saranno assemblati nella Nuova Officina Assergi (NOA), il nuovo centro tecnologico dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN: si tratta dei Photo-Detector Module (PDM), che verranno impiegati dal progetto DarkSide-20k per la ricerca diretta di materia oscura ai LNGS. Il primo PDM realizzato è stato presentato durante il meeting della Collaborazione internazionale Darkside, che si è svolto al Gran Sasso Science Institute (GSSI) dal 5 al 9 marzo.

La caratteristica di punta di questo nuovo dispositivo è il fatto di coniugare lo stato dell'arte dei fotomoltiplicatori al silicio (*Silicon Photo Multiplier*, SiPM) con un'elettronica criogenica a bassissimo rumore.

Ciascun PDM è un involucro strutturale dalle caratteristiche peculiari: deve essere sufficientemente robusto da resistere a sbalzi termici di oltre 200 gradi (dalla temperatura ambiente a quella dell'argon liquido) e quanto più leggero e radiopuro possibile, per non introdurre nel rivelatore segnali che potrebbero essere simili ai rarissimi eventi prodotti dalla materia oscura, oggetto della ricerca.

I PDM sono realizzati con componenti ad alta radiopurezza (vale a dire con un livello bassissimo di radioattività), sono costituiti da 24 SiPM e hanno un'area totale di circa 24 cm² ciascuno. Le varie parti che costituiscono il PDM sono assemblate con una struttura meccanica realizzata in acrilico, sempre ad alta radiopurezza. I risultati preliminari mostrano che il rapporto segnale-rumore e la risoluzione temporale ottenuti dal primo PDM sono migliori di un fattore 3 rispetto alle specifiche di Darkside-20k.

Il rivelatore di DarkSide-20k richiede l'impiego di oltre 5000 di questi moduli: la sua *Time Projection Chamber* (TPC) da 20 tonnellate di argon liquido prevede una superficie fotosensibile di 14 m², realizzata con oltre 125.000 SiPM. Per limitare il numero di canali di elettronica è necessario che

» FOCUS

ciascun PDM sia letto con un singolo canale. La principale difficoltà è dovuta all'alta capacità dei SiPM, che rende problematica la lettura di aree di alcune decine di centimetri quadrati.

Questo primo modulo è il frutto di un lungo lavoro di R&D svolto dal gruppo di fotonica di DarkSide, costituito da oltre 30 ricercatori provenienti da Istituti di ricerca italiani, canadesi e statunitensi. Per l'INFN, oltre ai LNGS, sono coinvolte le sezioni di Bologna, Cagliari, Milano, Napoli, Pisa, Tifpa e Torino. I SiPM sono stati prodotti dalla Fondazione Bruno Kessler (FBK) e il montaggio sul substrato è stato eseguito da ricercatori dell'Università di Princeton e dei LNGS. La meccanica del PDM è stata realizzata dalla sezione INFN di Pisa, la struttura per il montaggio dei PDM e l'ancoraggio alla struttura di rame (*motherboard*) è responsabilità della sezione INFN di Bologna, mentre la trasmissione in fibra ottica dei segnali del PDM è frutto di uno sforzo congiunto dei ricercatori della sezione INFN di Cagliari e dei LNGS.

Il prossimo obiettivo sarà la costruzione di una motherboard equipaggiata con 25 PDM, da utilizzare nel prototipo da una tonnellata di argon liquido. ■

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

Rappresentazione di CTAO (Cherenkov Telescope Array Observatory)
