FEBBRAIO 2021

INFN NEWSLETTER 80

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

INTERVISTA

GALILEO GALILEI INSTITUTE: AD ARCETRI LA FISICA DELLE PARTICELLE È TEORICA E INTERNAZIONALE

Intervista a Stefania De Curtis, direttrice del Centro Nazionale di Studi Avanzati Galileo Galilei Institute (GGI) dell'INFN, dirigente di ricerca della sezione INFN di Firenze, p. 2

NEWS

RICONOSCIMENTI

A GIORGIO PARISI IL PRESTIGIOSO WOLF PRIZE PER LA FISICA 2021, p. 7

VIRGO E LIGO MILESTONE IEEE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA, p. 10

A BUONANNO, DAMOUR E PRETORIUS LA MEDAGLIA GALILEO GALILEI 2021, p. 11

PROGETTI EUROPEI

L'ITALIA GUIDA IL PRIMO COMPETENCE CENTER EUROPEO PER I BENI CULTURALI, p. 8

ESPERIMENTI

LABORATORI DEL GRAN SASSO: COSINUS, ALLA SCOPERTA DEL LATO OSCURO DELL'UNIVERSO, p. 9

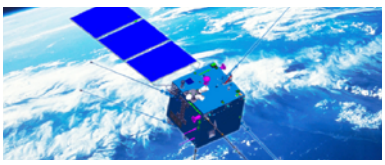
OPEN DATA

L'OSSERVATORIO AUGER RENDE PUBBLICI IL 10% DEI DATI, p. 12

PUBLIC ENGAGEMENT

MASTERCLASS ITALIA: STUDENTI DELLE SUPERIORI ALLE PRESE CON LA FISICA DELLE PARTICELLE, p. 13

FOCUS



CSES-LIMADOU E I SUOI PRIMI TRE ANNI DI VOLO, p. 14

INFN - UFFICIO COMUNICAZIONE

» INTERVISTA

GALILEO GALILEI INSTITUTE: AD ARCETRI LA FISICA DELLE PARTICELLE È TEORICA E INTERNAZIONALE

Intervista a Stefania De Curtis, direttrice del Centro Nazionale di Studi Avanzati Galileo Galilei Institute (GGI) dell'INFN e dirigente di ricerca della sezione INFN di Firenze.

Dal dicembre 2019, Stefania De Curtis dirige il Galileo Galilei Institute (GGI) di Firenze, un istituto d'eccellenza per la formazione e la ricerca, nato nel 2006 e divenuto nel 2018 Centro Nazionale di Studi Avanzati dell'INFN, in partnership con l'Università di Firenze.

Il GGI ha sede sulla collina di Arcetri, un sito di valore storico per la fisica e l'astronomia e dove Galilei trascorse gli ultimi anni della sua vita. Qui, ogni anno, oltre cinquecento scienziate e scienziati provenienti da ogni parte del mondo partecipano a conferenze, workshop, programmi di ricerca avanzata in fisica teorica e scuole di dottorato dedicate alla teoria dei campi e delle stringhe, alla fisica teorica delle interazioni fondamentali, alla fisica teorica nucleare e adronica, alla teoria statistica dei campi, agli aspetti teorici della fisica astroparticellare, della cosmologia e della gravitazione. Un contesto di altissimo livello scientifico, quindi, caratterizzato da una non comune concentrazione di multiculturalità e idee eccellenti.

Nel 2018 il GGI e l'INFN hanno istituito la Medaglia Galileo Galilei, la cui assegnazione a Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius tesse quest'anno un filo tra Germania, Francia e Stati Uniti, senza dimenticare i meriti dell'Italia.

Abbiamo chiesto a Stefania De Curtis di raccontarci il suo percorso di scienziata e di delineare il bilancio e la visione per il futuro, dopo il suo primo anno alla direzione del primo istituto europeo dedicato alla fisica teorica.

Il GGI nasce nel 2006 con l'idea di proseguire e incentivare la tradizione che ha caratterizzato la storia del Colle di Arcetri. Quando la sua storia personale intreccia quella del GGI?

Fin dalla sua nascita. Nel 2004 Giuseppe Marchesini, presidente della Commissione Scientifica di fisica teorica dell'INFN, promuove la fondazione di un istituto internazionale di ricerca ad Arcetri dedicato all'organizzazione di programmi di 2-3 mesi sui temi "caldi" della fisica teorica, coinvolgendo i maggiori

» INTERVISTA

esperti mondiali del settore. In quel periodo ero coordinatrice del gruppo teorico della sezione di Firenze e sono stata coinvolta pienamente nella nascita del GGI.
Ripercorrendo la storia antecedente, tuttavia, il mio coinvolgimento precede in qualche modo questa data. La nascita del Galileo Galilei Institute deve molto al proposito di un gruppo di fisici teorici fiorentini di mantenere vivo lo "spirito di Arcetri", che è legato soprattutto al valore storico del luogo: qui Galileo Galilei trascorse in esilio gli ultimi anni della sua vita ed Enrico Fermi scrisse uno dei suoi lavori fondamentali. In seguito, negli anni '60, Raffaele Raoul Gatto attirò ad Arcetri molti giovani fisici teorici romani, che tanta parte avrebbero avuto nello sviluppo della fisica moderna, e organizzò a Firenze una vera e propria scuola di fisica teorica che è rimasta un esempio assoluto. Gatto è stato uno dei miei maestri e collaboratori e non ho difficoltà a immaginare l'atmosfera che si respirava ad Arcetri in quel periodo così fecondo, e che ha condotto alla proposta di ricrearne le condizioni.
Dal primo workshop nel maggio 2006, ne sono stati organizzati più di 40, con un numero di partecipanti sempre crescente. A tutto questo si è aggiunta un'altra attività che è alla base dell'odierno prestigio del GGI. Con le sue cinque scuole di dottorato - che ho contribuito a organizzare e coordinato fino dalla loro istituzione - il GGI è diventato un punto di riferimento internazionale nella formazione di dottorande e dottorandi in fisica teorica. Le scuole al GGI hanno la particolarità di favorire la discussione e l'interazione tra docenti e studenti e studentesse. Non è raro che al GGI uno scienziato di fama mondiale discuta con gli studenti di dottorato dei problemi di fisica non risolti e, perché no, della migliore trattoria per la "fiorentina". Da non sottovalutare è poi l'interazione tra gli studenti che, a stretto contatto per 2-3 settimane, hanno un'occasione unica di condividere idee ed esperienze. Più di 250 dottorandi frequentano ogni anno le scuole del GGI e questo a dimostrazione dell'alto livello di formazione offerto.

Da quasi quindici anni il GGI ospita ogni anno centinaia di scienziati e scienziate, tra ricercatori e dottorandi, da ogni parte del mondo. Come si dirige un centro di eccellenza e così multiculturale? Che obiettivi si è posta un anno fa, quando ha assunto l'incarico?
Quando mi è stata affidata la direzione nel 2019, il GGI era già un Centro di assoluta eccellenza. Il compito di mantenere un livello così alto è sicuramente di grande responsabilità. Ho ritenuto fondamentale che ci fosse continuità con il precedente Direttore e con coloro che avevano posto le basi del successo ottenuto. Tra gli aspetti che vorrei potenziare, ho in programma la promozione e lo sviluppo di iniziative di *outreach*, allo scopo di far conoscere le nostre attività, il nostro metodo, e il ruolo della nostra ricerca al di fuori della comunità dei fisici teorici. Tra gli obiettivi non c'è solo quello di disseminare conoscenza ma soprattutto accendere la curiosità verso i misteri più grandi del nostro universo, dalla meccanica quantistica alla cosmologia, e promuovere l'idea che dagli avanzamenti dalla fisica teorica e della ricerca

» INTERVISTA

di base di oggi si sviluppa la tecnologia di domani.
Purtroppo, dopo solo tre mesi di Direzione, abbiamo dovuto affrontare il *lock-down* dovuto alla pandemia da CoViD-19 e le successive restrizioni alla mobilità. Abbiamo dovuto riprogrammare alcune nostre attività e svolgerne altre, come le scuole, in una modalità nuova. Abbiamo comunque cercato di rimanere un punto di riferimento per la nostra comunità, specialmente per i giovani ricercatori e le giovani ricercatrici. Con questo obiettivo, abbiamo organizzato "Cortona Young" e "Avogadro Meeting" in cui i giovani hanno potuto presentare i loro risultati a una platea internazionale sfruttando la risonanza del GGI. Abbiamo inoltre creato una serie di colloquia pedagogici sugli argomenti di punta della fisica teorica, i "GGI Tea Breaks", e istituito delle nuove borse post-doc per neo-dottori e neo-dottoresse di ricerca in fisica teorica (Programma "Boost"), allo scopo di completare la loro formazione e ricevere nuove idee di ricerca in un contesto stimolante come quello del GGI.

Dal 2018 il GGI è stato "promosso" Centro Nazionale di Studi Avanzati. Che cosa comporta questo cambiamento di identità e come prevede lo sviluppo dell'Istituto negli anni a venire?
In occasione del decimo anno di attività del GGI, Fernando Ferroni, allora presidente dell'INFN, annunciò la "promozione" del GGI a Centro Nazionale di Studi Avanzati INFN. Questo ha rappresentato un riconoscimento importante e ha dato maggior prestigio al GGI conferendogli una collocazione all'interno delle strutture INFN. Non direi che si sia trattato di un cambiamento di identità ma piuttosto di un riconoscimento ufficiale del ruolo di alta formazione del GGI. Questo status rafforza il già importante legame tra il GGI e la Commissione Scientifica per la fisica teorica dell'INFN il cui presidente è *chair* del Comitato Scientifico che seleziona ogni anno i programmi di ricerca da finanziare.
Lo status del GGI come Centro INFN, inoltre, aiuta nel coordinamento con altri istituti internazionali simili. Questo è fondamentale per proporre attività di impatto pur mantenendo la propria specificità. Sicuramente l'emergenza CoViD ha cambiato il modo di sviluppare i programmi di ricerca: siamo stati obbligati a discutere online e abbiamo imparato a farlo! Fermo restando che l'interazione davanti a una lavagna è insostituibile, prevedo una maggior necessità di collaborazione tra i vari centri di ricerca, in modo da coordinare al meglio la proposta di programmi di ricerca.
Infine, insieme alla costituzione del GGI è stata istituita la Medaglia Galileo Galilei. Un prestigioso riconoscimento che quest'anno ha premiato tre grandi scienziati, Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius per i loro studi che, in modo complementare, hanno portato a previsioni teoriche confermate dalle osservazioni di onde gravitazionali. Questo rappresenta un contributo eccezionale alla ricerca e fondamentale per la nascita di una nuova era, quella dell'astronomia gravitazionale.

» INTERVISTA

La sua formazione professionale abbraccia inevitabilmente anche gli aspetti sperimentali della fisica delle particelle. Ha trascorso svariati periodi al CERN fin dall'inizio della sua carriera, nella fase storica che vede l'acceleratore LHC in fase di realizzazione. Perché ha scelto di occuparsi di fisica teorica?

Ci sono ancora tanti problemi aperti, per i quali la "teoria" esistente non ha ancora risposte.

Dopo anni di ricerche, il bosone di Higgs è stato rivelato al Large Hadron Collider del CERN decretando il successo del Modello Standard, ma c'è un comune consenso nel ritenere che questa non sia la fine della storia. Infatti, sono tante le domande che non trovano risposta all'interno di questa formulazione. La gerarchia di massa delle particelle, per citarne una. Nel Modello Standard questa si realizza attraverso aggiustamenti numerici di parametri e non è predetta dalla dinamica della teoria. Lo stesso vale per la massa del bosone di Higgs.

La ricerca di una estensione del Modello Standard che risponda ad alcuni dei problemi aperti è argomento della mia ricerca. Ovviamente questo comporta il confronto con i dati sperimentali. Ad esempio, se la particella scoperta nel 2012 a LHC avesse proprietà diverse dal bosone di Higgs del Modello Standard, una misura accurata potrebbe confermare o escludere alcuni dei modelli proposti.

La collaborazione con i gruppi sperimentali è quindi molto importante, per questo visito periodicamente il CERN, partecipo ai gruppi di lavoro sulla fisica oltre il Modello Standard.

Ho cominciato a frequentare il CERN quando ero ospite di Raoul Gatto all'Università di Ginevra. Siamo stati tra i primi a studiare i possibili segnali di nuova fisica a LHC, quando l'acceleratore era ancora in fase di progetto. Quegli anni sono stati davvero stimolanti.

Adesso, con la scoperta delle onde gravitazionali si è aperta una nuova fase. È possibile che il campo di Higgs si sia formato a seguito di una transizione di fase nei primi istanti dell'evoluzione dell'universo. A seconda della natura di questa transizione, si potebbe avere generazione di onde gravitazionali che portano un "messaggio" complementare rispetto agli esperimenti ai *collider*. Questa sinergia apre la strada a nuovi sviluppi della conoscenza della struttura delle interazioni fondamentali.

L'11 febbraio si è celebrata la giornata internazionale delle donne nella scienza.
Ripercorrendo la strada che l'ha condotta a un incarico dirigenziale, che cosa consiglierebbe a una studentessa interessata alla carriera scientifica o a una giovane ricercatrice agli inizi del suo percorso?

Lungo il mio percorso ho incontrato grandi maestri e svariati i collaboratori con cui ho condiviso le gioie e i dolori di questo mestiere. Le gioie per un risultato ottenuto e i dolori, le frustrazioni, per un conto che non torna o, ancora peggio, per non saperlo neanche impostare. La collaborazione, la discussione, lo

» INTERVISTA

scambio di opinioni è di vitale importanza per la ricerca. Ma la collaborazione, la discussione, lo scambio di opinioni non sono sempre facili da instaurare da parte di una ricercatrice quando la quasi totalità dei collaboratori sono uomini. Per muoversi in un ambiente maschile è necessario conoscere le leggi che lo regolano e cercare di sfruttare i pochi spazi lasciati liberi. È molto faticoso, inutile negarlo, ma non impossibile.

Cosa consiglierei a una ricercatrice agli inizi del suo percorso? Sicuramente di dedicarsi a quello che più le interessa, e di credere nelle proprie capacità. Di non imputare le difficoltà incontrate lungo la propria strada a una propria inadeguatezza verso la materia. I suoi colleghi maschi non lo fanno mai! Le leggi dell'ambiente maschile potranno essere meno dominanti solo quando nello stesso ambiente ci saranno più donne.

Stefania De Curtis dal dicembre 2019 è direttrice del *Galileo Galilei Institute* (GGI) di Firenze. È dirigente di ricerca in fisica teorica presso la sezione INFN di Firenze. Dopo la laurea in Fisica all'Università di Firenze e il PhD alla SISSA di Trieste, è ospite di Raoul Gatto e del suo gruppo al Dipartimento di Fisica dell'Università di Ginevra. Dal 1988, ricercatrice della sezione INFN di Firenze, trascorre diversi periodi di lavoro all'Università di Ginevra e al CERN, dove svolge ricerche nel campo della fisica delle interazioni fondamentali. Dal 2005 coordina il corrispondente gruppo teorico della Sezione di Firenze. Ha contribuito alla nascita del GGI, di cui dal 2013 coordina le scuole di Dottorato. Fa parte del comitato organizzatore delle *GGI Lectures on the Theory of Fundamental Interactions* e del *Plenary European Committee for Future Accelerators* (ECFA). È autrice di più di 100 lavori pubblicati su riviste internazionali e di circa 60 contributi a conferenze e workshop. ■

RICONOSCIMENTI

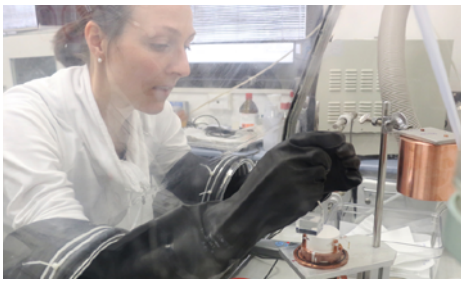
A GIORGIO PARISI IL PRESTIGIOSO WOLF PRIZE PER LA FISICA 2021

Il fisico teorico Giorgio Parisi è stato insignito del prestigioso Wolf Prize per la fisica 2021 “per le sue scoperte pionieristiche nella teoria quantistica dei campi, in meccanica statistica e nei sistemi complessi”. Il Wolf Prize è stato istituito dalla Fondazione Wolf di Israele nel 1978 come riconoscimento per scienziati e artisti che hanno prodotto “risultati nell’interesse dell’umanità e relazioni amichevoli tra le persone”. Tra coloro che ne sono stati insigniti, Giuseppe Occhialini, Bruno Rossi, Riccardo Giacconi, Leon Lederman, Roger Penrose, Stephen Hawking, Peter Higgs. Parisi è professore ordinario di Fisica Teorica alla Sapienza Università di Roma, ricercatore associato all’INFN, e dal 2018 Presidente dell’Accademia dei Lincei. Ha condotto i suoi studi alla Sapienza, dove si è laureato in fisica nel 1970 sotto la guida di Nicola Cabibbo. Nel corso della sua carriera scientifica, iniziata ai Laboratori Nazionali di Frascati dell’INFN, Parisi ha dato molti contributi determinanti e ampiamente riconosciuti in diverse aree della fisica: fisica delle particelle, meccanica statistica, fluidodinamica, materia condensata, supercomputer. Si è inoltre occupato di reti neurali, sistema immunitario e movimento di gruppi di animali. È stato vincitore di due *advanced grant* dell’ERC *European Reasearch Council*, nel 2010 e nel 2016, ed è autore di oltre seicento articoli e contributi a conferenze scientifiche e di quattro libri. Ha ricevuto la Medaglia Boltzmann, la Medaglia Max Planck e la Medaglia Dirac, e numerosi premi e riconoscimenti. È membro dell'Accademia dei Quaranta, dell'*Académie des Sciences*, dell'Accademia Nazionale delle Scienze degli Stati Uniti, dell'Accademia Europea, dell'Academia Europea e dell'*American Philosophical Society*. ■

PROGETTI EUROPEI

L'ITALIA GUIDA IL PRIMO COMPETENCE CENTER EUROPEO PER I BENI CULTURALI

È stato lanciato il 9 febbraio il progetto 4CH, *Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage*, finanziato con quasi 3 milioni di euro nell'ambito di Horizon 2020. 4CH sarà una grande rete virtuale distribuita, coordinata dall'Italia con l'INFN e gestita insieme a un partenariato formato da soggetti pubblici e privati, che conta 19 partner di 13 paesi. Sarà il primo *competence center* europeo per i beni culturali, e diventerà operativo in tre anni, al termine della prima fase che servirà per costituire l'infrastruttura logistica e gestionale. La sua attività si articolerà in tre ambiti di lavoro principali: la modellazione digitale in 3D dei monumenti e dei siti, gli strumenti semantici per archiviare la documentazione classificandola e rendendo reperibili i dati a posteriori, le analisi scientifiche come supporto alla conservazione e al restauro. L'intera infrastruttura di 4CH si baserà sul cloud dei beni culturali, inquadrato nel modello federato di cloud europeo di EOSC, sfrutterà un sistema di calcolo ad alte prestazioni (HPC), e impiegherà strumenti di intelligenza artificiale. 4CH sarà al servizio del patrimonio culturale europeo, sfruttando le più innovative tecnologie digitali, e i dati e le informazioni saranno messi a disposizione di esperti di varie discipline, che lavoreranno in modo integrato per monitorare lo stato di salute del nostro patrimonio culturale, valutare i rischi a cui è sottoposto, e definire interventi di restauro o ricostruzione in caso di danno dovuto al naturale degrado o a disastri ambientali. ■



ESPERIMENTI

LABORATORI DEL GRAN SASSO: COSINUS, ALLA SCOPERTA DEL LATO OSCURO DELL'UNIVERSO

Trovare una conferma sperimentale della natura della materia oscura: è la sfida lanciata da COSINUS, un nuovo esperimento per la sua ricerca diretta, che ha da poco ricevuto il via libera alla costruzione ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN. Il concetto alla base dell'esperimento nasce nel 2016 grazie a un'idea di Karoline Schaeffner del *Max Planck Institute* di Monaco, e di Florian Reindl di HEPHY e *Technical University* di Vienna: COSINUS si propone di identificare l'interazione di una particella di materia oscura in un cristallo scintillante di ioduro di sodio tenuto a temperature criogeniche, prossime allo zero assoluto. L'energia rilasciata da una particella all'interno del cristallo determina un lievissimo incremento di temperatura del sistema che può essere misurato mediante l'utilizzo di uno speciale termometro. Allo stesso tempo, le proprietà scintillanti del cristallo permettono l'identificazione di particelle diverse sfruttando la differente risposta luminosa a parità di energia assorbita. La fase di R&D del rivelatore è stata portata avanti con successo dal 2016 al 2019 grazie a un finanziamento di 289.000 euro assegnato a Schaeffner dalla Commissione Scientifica Nazionale V dell'INFN. La realizzazione dell'esperimento avverrà grazie all'impegno della *Max Planck Society* (Germania), che contribuisce al progetto con un finanziamento complessivo di 3 milioni di euro, dell'INFN, in particolare con i LNGS che contribuiscono in termini sia di risorse sia di infrastrutture, e dell'Istituto HEPHY in Austria. Alla Collaborazione si è recentemente unito l'*Helsinki Institute of Physics* (Finlandia). ■

RICONOSCIMENTI

VIRGO E LIGO MILESTONE IEEE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA

Il 3 febbraio 2021 gli interferometri per onde gravitazionali Virgo e LIGO sono stati riconosciuti *Milestone IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers* "per la prima rivelazione di onde gravitazionali e l'inaugurazione dell'era dell'astronomia multimessaggera con la rivelazione congiunta di onde gravitazionali emesse dalla fusione di un sistema binario di stelle di neutroni". La cerimonia si è svolta come evento globale, con le sedi di *EGO European Gravitational Observatory*, che ospita in Italia l'interferometro Virgo, e le sedi statunitensi degli interferometri gemelli LIGO, a Livingston in Louisiana e a Hanford nello stato di Washington, collegate in diretta. Il programma Milestone IEEE è stato lanciato nel 1983 dall'IEEE per celebrare i traguardi più significativi nella storia della scienza e della tecnologia nelle aree di interesse dell'IEEE. Ad esempio, in Italia sono stati premiati fino ad oggi dall'IEEE, l'invenzione della batteria elettrica di Alessandro Volta, gli esperimenti con il telegrafo senza fili di Guglielmo Marconi, i contributi decisivi di Enrico Fermi alla statistica quantistica dei materiali semiconduttori. ■

RICONOSCIMENTI

A BUONANNO, DAMOUR E PRETORIUS LA MEDAGLIA GALILEO GALILEI 2021

I fisici Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius sono stati insigniti della Medaglia Galileo Galilei, premio assegnato ogni due anni dall'INFN con il *GGI Galileo Galilei Institute*, il suo Centro Nazionale per la fisica teorica in partnership con l'Università di Firenze, a ricercatori e ricercatrici che hanno dato un contributo eccezionale al progresso delle ricerche in fisica teorica. Il Premio, annunciato lo scorso 15 febbraio, nella ricorrenza del compleanno del grande scienziato Galileo Galilei, è stato assegnato a Buonanno, Damour e Pretorius "per la fondamentale comprensione di sorgenti di radiazione gravitazionale attraverso tecniche analitiche e numeriche che, in modo complementare, hanno portato a previsioni teoriche che sono state confermate da osservazioni di onde gravitazionali e che sono ora strumenti chiave in questa nuova branca dell'astronomia". **Alessandra Buonanno** è direttrice del Dipartimento di Relatività Astrofisica e Cosmologica all'Istituto Max Planck per la Fisica Gravitazionale di Potsdam. Dopo gli studi a Pisa, ha avuto una brillante carriera nel campo della fisica teorica gravitazionale che l'ha portata a lavorare a Parigi e negli Stati Uniti per poi approdare in Germania. Ha ricevuto numerosi riconoscimenti tra cui spicca il premio Leibniz, il principale premio di ricerca in Germania. **Thibault Damour** è professore ordinario presso l'*Institut des Hautes Études Scientifiques* a Parigi. Personalità di spicco nel campo della fisica teorica a livello internazionale, ha lavorato su più campi di ricerca relativi alla gravità, dai buchi neri alla cosmologia fino alla teoria delle stringhe e ha ricevuto numerosi premi nel corso della carriera. **Frans Pretorius** è professore di fisica all'Università di Princeton e direttore della Princeton Gravity Initiative. Il suo principale campo di ricerca è la relatività generale e ha lavorato su vari temi, dal collasso gravitazionale alle fusioni di buchi neri, dalle singolarità cosmiche a modelli di evaporazione dei buchi neri. ■

OPENA DATA

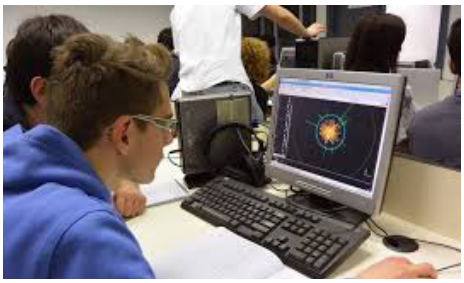
L'OSSERVATORIO AUGER RENDE PUBBLICI IL 10% DEI DATI

La collaborazione scientifica dell'Osservatorio Pierre Auger ha deciso di rendere pubblico il 10% dei dati registrati utilizzando il più grande rilevatore di raggi cosmici del mondo, che si estende su una superficie di circa 3.000 chilometri quadrati nella provincia di Mendoza, in Argentina. L'obiettivo è che i dati possano essere utilizzati sia per scopi di ricerca scientifica sia per progetti didattici da una comunità ampia e diversificata di utenti.

I dati sono una parte di tutti gli eventi selezionati per ottenere i risultati di fisica registrati in quasi 15 anni di funzionamento dei rivelatori di superfice, 1.600 tank di acqua che osservano lo sciame dei raggi cosmici quando colpisce la superficie terrestre, e dei 27 telescopi a fluorescenza distribuiti intorno alla griglia di rivelatori di superficie che raccolgono, invece, i lampi di luce di fluorescenza prodotti nell'aria dalle particelle cariche dello sciame, osservandone così lo sviluppo longitudinale lungo la direzione di provenienza. I dati dell'Osservatorio comprendono quelli grezzi, ottenuti direttamente da questi strumenti, e quelli generati da analisi di dettaglio. Insieme ai dati sono rilasciati dei codici di esempio per leggerli, derivati da quelli utilizzati per ottenere i risultati pubblicati dalla Collaborazione. Una parte dei dati viene abitualmente condivisa con altri osservatori per consentire analisi con copertura dell'intera sfera celeste e per facilitare studi multi-messenger.

L'Osservatorio Pierre Auger è gestito da una collaborazione internazionale di oltre 400 scienziati provenienti da 18 Paesi diversi in cui l'INFN ha da sempre un ruolo di primaria importanza. L'Italia partecipa con gruppi delle Università e Sezioni INFN di Catania, Lecce, Milano, Napoli, Roma Tor Vergata, Torino, le Università dell'Aquila e di Palermo, il Politecnico di Milano, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, il GSSI e con i gruppi INAF dell'Osservatorio Astrofisico di Torino e Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Palermo.

È possibile accedere ai dati all'indirizzo www.auger.org/opendata ■



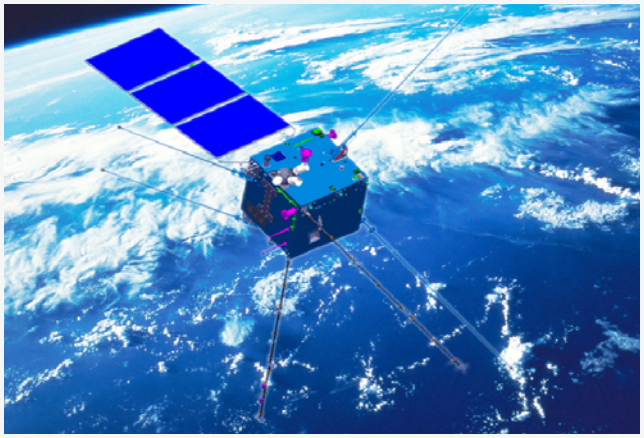
PUBLIC ENGAGEMENT

MASTERCLASS ITALIA: STUDENTI DELLE SUPERIORI ALLE PRESE CON LA FISICA DELLE PARTICELLE

Sono quasi 2.000 le studentesse e gli studenti delle scuole superiori di tutta Italia che, nonostante le difficoltà di quest'anno dovute alla pandemia di CoViD-19, stanno partecipando alla 17° edizione delle Masterclass internazionali organizzate da *International Particle Physics Outreach Group* (IPPOG) e coordinate in Italia dall'INFN. Sono iniziate l'11 febbraio e si concluderanno il 27 marzo. L'iniziativa, che coinvolge quest'anno 25 sedi in Italia, è l'occasione per le studentesse e gli studenti di scoprire come funziona la ricerca in fisica delle particelle e di analizzare dati reali provenienti dagli esperimenti di LHC del CERN e di BELLE II del laboratorio KEK in Giappone. Ogni sede organizza una o più giornate di lezioni e seminari sugli argomenti fondamentali della fisica delle particelle, seguite da esercitazioni al computer. Alla fine di ogni giornata, proprio come in una vera collaborazione di ricerca internazionale, c'è un collegamento in videoconferenza con il CERN e i giovani partecipanti alle Masterclass di tutto il mondo per discutere insieme i risultati emersi dalle esercitazioni.

Le Masterclass si svolgono contemporaneamente in 60 diversi Paesi, coinvolgono oltre 200 tra i più prestigiosi enti di ricerca e università del mondo e più di 13.000 studenti delle scuole secondarie di II grado. ■

» FOCUS



CSES-LIMADOU E I SUOI PRIMI TRE ANNI DI VOLO

A tre anni dal lancio, avvenuto il 2 febbraio 2018 dalla base cinese *Jiuquan Satellite Launch Center*, nel deserto del Gobi nella Mongolia Interna, la missione satellitare CSES (*China Seismo-Electromagnetic Satellite)*-Limadou, dedicata all'osservazione della Terra, fa il bilancio dei suoi primi risultati scientifici.
Nata da una collaborazione fra l'Agenzia Spaziale Cinese (CNSA) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), con l'importante contributo scientifico dell'INFN*, CSES-Limadou ha come obiettivo lo sviluppo su scala globale di nuovi metodi per lo studio di fenomeni geofisici, come terremoti ed eruzioni vulcaniche. E, per realizzare la sua missione, può contare su ben nove strumenti scientifici allestiti a bordo del satellite, praticamente tutti i principali sensori necessari per lo studio di ionosfera, magnetosfera e del loro possibile accoppiamento con la litosfera, tra cui il rivelatore made in Italy HEPD (*High Energy Particle Detector*), dedicato all'osservazione di particelle di alta energia e nuclei.
In questi tre anni di volo, HEPD e l'insieme degli strumenti realizzati per lo studio e la caratterizzazione del plasma e delle perturbazioni indotte dall'attività solare, hanno trasmesso una grande quantità di dati che sono stati analizzati da una collaborazione italiana altamente interdisciplinare**. La convergenza in un unico team, con diverse competenze scientifiche, dalla sismologia alla fisica delle particelle, all'astrofisica, ha permesso di ottenere importanti risultati, presentati alle più importanti conferenze internazionali e pubblicati su prestigiose riviste scientifiche.
In particolare, in questa prima fase dell'esperimento, HEPD si è dimostrato un ottimo rivelatore anche dei fenomeni legati allo *space weather*, registrando il 25 agosto 2018 una delle rare tempeste geomagnetiche avvenute negli ultimi anni. Lo strumento ha inoltre registrato, per la prima volta in orbita bassa (a circa 500 km da terra), nel periodo 2018-2020, protoni cosmici di bassa energia misurandone il flusso con alta precisione. Queste misure hanno dato un contributo importante alla comprensione del campo magnetico

» FOCUS

interplanetario. I dati di HEPD su elettroni e protoni alle energie dei MeV o delle decine/centinaia di MeV coprono l'intervallo più interessante dal punto di vista scientifico, e le capacità di HEPD saranno molto utili alla comunità scientifica internazionale, soprattutto in vista del completamento della missione delle *Van Allen Probes* che studierà le Fasce di Radiazione di Van Allen.

La missione CSES-Limadou, grazie alla elevata velocità di campionamento dei suoi strumenti, ha anche permesso di identificare le fluttuazioni ad alta frequenza del campo elettrico all'ingresso dell'ovale aurorale, dove le particelle cariche interagiscono con la ionosfera terrestre. Alle basse latitudini, la straordinaria sensibilità degli strumenti EFD (*Electric Field Detector)* e LP (*Langmuir Probe*) hanno permesso l'identificazione e lo studio di importanti fenomeni associati a brusche riduzioni della densità di plasma (plasma bubbles). Inoltre, i dati degli elettroni a bassa energia e i dati di campo elettrico, assieme alle informazioni raccolte dagli altri strumenti, hanno permesso di mettere in evidenza, per la prima volta, tutti gli elementi alla base del meccanismo dell'accoppiamento co-sismico tra la litosfera e la magnetosfera in presenza di un terremoto. In corrispondenza di un evento sismico, il movimento della superfice della Terra (superfice solida o liquida) attiva un'onda gravito-acustica osservabile da satellite che, una volta raggiunta la ionosfera, induce l'emissione di onde elettromagnetiche di bassa frequenza (centinaia di Hz), le quali alterano il campo magnetico, influenzando il moto delle particelle intrappolate nelle fasce di Van Allen. Per descrivere in modo coerente questo meccanismo è stato sviluppato il modello MILC (*Magnetospheric-Ionospheric-Lithospheric Coupling*) che è stato verificato in tutte le sue componenti con le misure prese da CSES e da altri satelliti in occasione del terremoto di Bayan (2018). È ora in corso di sviluppo l'applicazione di questo modello allo studio di altri terremoti osservati negli ultimi due anni, ampliando lo studio all'intervallo temporale adiacente al momento del sisma.

La missione CSES-Limadou, che da programma continuerà a operare nominalmente fino al 2023, promette quindi ancora molti interessanti risultati e, in linea con quanto prodotto in questa sua prima fase, continuerà a fornirci preziose informazioni utili a migliorare la nostra conoscenza dei fenomeni geofisici che caratterizzano il nostro pianeta. ■

* Sezioni INFN di Bologna, Perugia, Roma Tor Vergata, Napoli, Centro Nazionale TIFPA di Trento e Laboratori Nazionali di Frascati.

**La collaborazione italiana di analisi dei dati è composta, oltre che dall'INFN, da INAF Istituto Nazionale di Astrofisica-IAPS, INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche-IFAC e dalle Università di Bologna, Trento, Roma Tor Vergata, Università Telematica Internazionale Uninettuno (UTIU).

NEWSLETTER 80
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
FEBBRAIO 2021

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

COORDINAMENTO:
Francesca Scianitti

REDAZIONE
Eleonora Cossi
Matteo Massicci
Francesca Mazzotta
Francesca Scianitti
Antonella Varaschin

GRAFICA:
Francesca Cuicchio

TRADUZIONI:
ALLtrad

ICT SERVICE:
Servizio Infrastrutture e Servizi Informatici Nazionali INFN

COVER
Lavorazione della Galileo Galilei Medal

CONTATTI
Ufficio Comunicazione INFN
comunicazione@presid.infn.it