DIPARTIMENTO DI FISICA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"

RIVISTA ANNUALE

DEL DIPARTIMENTO DI FISICA

2020

ea
ANICIA

Rivista Annuale
del Dipartimento di Fisica
2020

A cura di:

Alice Aldi, Giordano Amicucci, Laura Calconi, Liù M. Catena

Direttore: Pasquale Mazzotta

Vice-Direttore: Lucio Cerrito

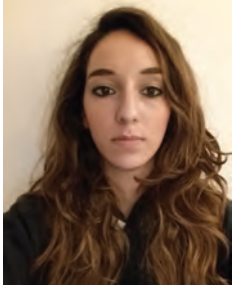
Segretario Amministrativo: Liù M. Catena

Comitato Scientifico della Newsletter del Dipartimento di Fisica:

Francesco Berrilli, Viviana Fafone, Mauro Sbragaglia, Roberto Senesi

www.fisica.uniroma2.it

ea
ANICIA



Alice Aldi è un Dottore di Ricerca in Fisica, titolo conseguito presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Svolge un'attività di ricerca nel campo della Fisica Teorica delle Alte Energie nell'ambito della Teoria delle Stringhe. Collabora attivamente con il gruppo di ricerca in Teoria delle Stringhe. È attivamente impegnata nella diffusione della cultura scientifica sia in ambito accademico che non accademico. Attualmente ricopre il ruolo di Social-Media Manager del Dipartimento di Fisica.

Giordano Amicucci è un Tecnico, di area tecnico-scientifica ed elaborazione dati, del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Cura gli aspetti informatici di progetti di orientamento, formazione insegnanti e terza missione. Dal 2016, è uno dei curatori della Newsletter del Dipartimento di Fisica.

Laura Calconi è un Funzionario amministrativo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Ricopre inoltre l'incarico di Coordinamento delle attività Erasmus della Macroarea di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali del medesimo Ateneo.

Liù M. Catena è il Segretario Amministrativo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Cura, dal 2016, la Newsletter del Dipartimento. Progetta eventi didattici, scientifici ed editoriali. Ha pubblicato diversi libri con la Springer, la Mondadori Università e la Anicia.

ISBN: 9788867095827
Prima edizione: giugno 2021

© 2021 - Editoriale Anicia S.r.l.
Via S. Francesco a Ripa n. 67
00153 Roma - Tel. (+39) 065898028 / 065882654
Sede legale: Via di Trigoria n. 45
00128 Roma
www.edizionianicia.it - info@anicia.it / editoria@anicia.it

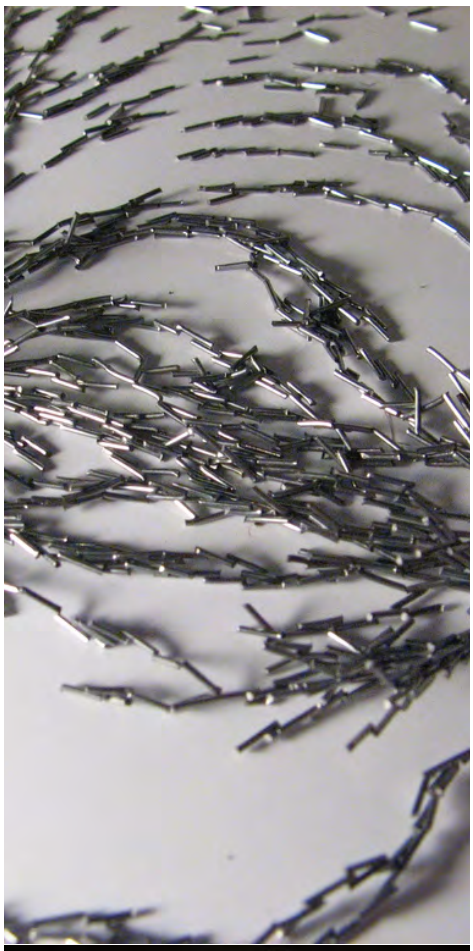
I diritti di traduzione, di riproduzione, di memorizzazione elettronica, di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi. Ogni permesso deve essere dato per iscritto dall'Editore.
Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

SALUTI DEL DIRETTORE

"La vocazione dell'uomo di scienza è di spostare in avanti le frontiere della nostra conoscenza in tutte le direzioni, non solo in quelle che promettono più immediati compensi o applausi"

(Enrico Fermi)

Le attività didattiche, di ricerca e di terza missione del dipartimento di Fisica dell'Università degli studi di Roma "Tor Vergata", raccolte in questo volume, evidenziano un ambiente dinamico, innovativo, internazionale e interdisciplinare che quotidianamente accetta sfide e si dedica alla piena comprensione della gran varietà di fenomeni naturali che la natura porge, con lo sguardo sempre rivolto alla scoperta.



Indice

SEGUI IL DIPARTIMENTO 9

- **EVENTI** 11
- **STAMPA E MEDIA** 19

RICERCA 23

- **NEWS** 25
- **PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW** 49
- **PREMI E RICONOSCIMENTI** 107
- **TESI DI DOTTORATO** 111
  - *Fisica* *112*
  - *Astronomy, Astrophysics and Space Science* *113*

DIDATTICA 117

- **NEWS** 119
- **TESI MAGISTRALI** 123
  - *Fisica* *124*
  - *Scienza e Tecnologia dei Materiali* *128*
  - *Double Degree TH-Wildau* *130*

TERZA MISSIONE 131

PERSONALE 145

SEGUI IL DIPARTIMENTO

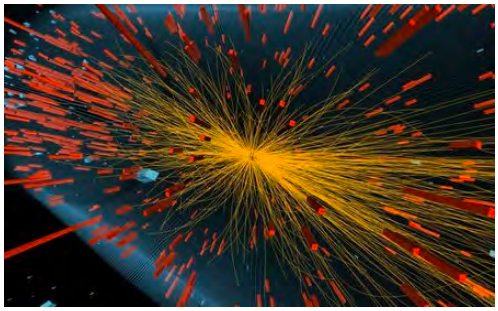
In questa sezione sono riportati gli eventi organizzati presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Vengono anche riproposte le occasioni di carattere mediatico che hanno visto protagonisti membri del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata".

EVENTI

RICERCA MADE IN ITALY

Newsletter del
Dipartimento di Fisica
Dicembre 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



La Prof.ssa Viviana Fafone del Dipartimento di Fisica partecipa all'evento Ricerca Made in Italy. Nata in Italia per essere internazionale, all'interno del Festival della Scienza di Genova, eccezionalmente in streaming. La tavola rotonda, guidata da Beppe Servegnini e che vede la partecipazione anche di Anna Grassellino, Lucio Rossi, Lucia Votano e Antonio Zoccoli, è un dialogo sui nuovi orizzonti della ricerca, che coinvolge scienziate e scienziati impegnati a livello internazionale a spostare sempre più avanti le frontiere della conoscenza sul nostro Universo.

EVENTI

NETSCI2020: RISULTATI DELLA CONFERENZA

www.newsletter-fisica-torvergata.it

La conferenza Netsci2020, tenutasi online dal 17 al 25 settembre 2020 e organizzata dal Dott. Giulio Cimini del Dipartimento di Fisica, è stata un evento di grande successo con 715 partecipanti da tutto il mondo. Molto seguita è stata la sessione speciale dedicata alla ricerca su COVID-19, con interventi degli esperti dei network epidemiologist Christophe Fraser, Vittoria Colizza, Réka Albert, Joseph Loscalzo e Alessandro Vespignani. Gli interventi della giornata sono visionabili a questi indirizzi: https://vimeo.com/460216548 - https://vimeo.com/460967808

NETSCI2020: INTERNATIONAL SCHOOL

www.newsletter-fisica-torvergata.it

Dal 17 al 25 settembre 2020 si tiene NetSci2020-International School and Conference on Network Science, organizzata del Dott. Giulio Cimini del Dipartimento di Fisica. NetSci 2020 è la conferenza di punta del Network Science Society, che mira a riunire i principali ricercatori e professionisti che lavorano nell'area della ricerca emergente. La conferenza NetSci promuove la comunicazione multidisciplinare e la collaborazione nella ricerca scientifica in rete tra computer e scienze dell'informazione, fisica, matematica, statistica, scienze della vita, medicina, scienze alimentari, neuroscienze, scienze ambientali, scienze sociali, finanza e affari, arte e design. Quest'anno, a causa della pandemia COVID-19, NetSci si svolgerà online e ospiterà una sessione speciale dedicata alla ricerca su COVID-19.

EVENTI

AASS PHD WORKSHOP 2020

www.newsletter-fisica-torvergata.it

Dal 15 a 18 settembre 2020 si tiene l'annuale workshop (online) di presentazione dei lavori dei dottorandi del Dottorato in Astronomy, Astrophysics and Space Science, congiunto tra l'Università di Roma "Tor Vergata", la Sapienza Università di Roma e l'INAF. Ogni dottorando del XXXIII, XXXIV e XXXV ciclo tiene una presentazione del proprio campo di ricerca e del lavoro svolto. Le attività delle quattro giornate sono organizzate in cinque macroaree: Stellar and Galactic Astrophysics; Gravitation and Cosmology; Space Science Techniques; Extragalactic Astrophysics; Planetary and Solar Physics.

STIMULATE SCHOOL

www.newsletter-fisica-torvergata.it

STIMULATE
European Joint Doctorates

Il Dipartimento di Fisica dell'Università egli Studi di Roma "Tor Vergata" in collaborazione con il PhD Doctoral Program "Stimulate" presenta la scuola ONLINE: "Machine and Reinforcement Learning, Rare Events and Tensor Networks", che si tiene sulla piattaforma ZOOM dal 14 al 18 settembre 2020. La scuola, nell'ambito delle attività previste dal progetto STIMULATE H2020-MSCA-ITN-2017 (P.I. Prof. Luca Biferale) offre un corso introduttivo all'apprendimento profondo e ai metodi di apprendimento di rinforzo con applicazioni dalla visione artificiale all'elaborazione dei dati di sistemi biologici, fisici e altro ancora.

EVENTI

OPEN DAY FOR A WEEK

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Da lunedì 13 a venerdì 17 luglio si svolge l'iniziativa on-line Open Day for a Week, 5 giorni di incontri live-streaming tra studenti e Coordinatori di Corso di Studio, Docenti e Tutor dei corsi di studio delle lauree triennali e magistrali. Il giorno 15 luglio sono intervenuti, per il Dipartimento di Fisica, la Prof.ssa Annalisa D'Angelo e la Dr.ssa Marina Migliaccio per il Corso di Studi in Fisica e il Prof. Claudio Goletti con il Dr. Luca Camilli per il Corso di Studio in Scienza dei Materiali.

PLS-FISICA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Piano Nazionale Lauree Scientifiche

Il Piano Lauree Scientifiche di Roma "Tor Vergata" - Fisica continua nella sua iniziativa di orientamento formativo degli studenti del V anno della scuola secondaria di secondo grado. Gli incontri per la presentazione del corso di Laurea in Fisica, iniziati in presenza con il Liceo Scientifico Statale "Plinio Seniore" e il Liceo Ginnasio "Torquato Tasso", durante il periodo dell'emergenza sanitaria causata dal CoViD-19 vengono svolti on-line e vedono la partecipazione di circa 20 studenti per ogni sessione, della durata di circa 45 minuti incluse domande di studenti e docenti della scuola. Nell'iniziativa sono stati coinvolti vari docenti e ricercatori del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" che si sono alternati negli appuntamenti di presentazione alle scuole: il Dr. Luca Giovannelli con il Liceo "Volterra" di Ciampino; il Prof. Francesco Berrilli con il Liceo "Cicerone", il Liceo Scientifico "Fermi" di Ragusa e il Liceo "Amaldi"; la Prof.ssa Roberta Sparvoli con l'Isituto I.I.S.S "Charles Darwin"; infine la Prof.ssa Viviana Fafone con l'Istituto "Francesco Severi".

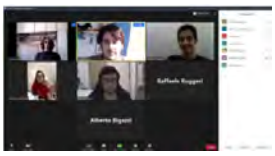
PLS-SCIENZA DEI MATERIALI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

"Le nanotecnologie", "I materiali e l'elasticità", "I materiali e la termodinamica", "Lo straordinario mondo della quantistica", "La Diva del cinema che fece la guerra sottomarina": sono alcuni titoli delle 11 conferenze che il Coordinatore del Corso di Scienza dei Materiali (e responsabile del PLS-SdM di Tor Vergata) Prof. Claudio Goletti del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha organizzato in modalità telematica per alcuni licei (Azzarita, Darwin, Russell di Roma; Volterra di Ciampino; Touschek di Grottaferrata) con i quali l'intensa collaborazione intrecciata durante tutto l'anno non si è interrotta neppure durante il lockdown. Gli studenti dei licei (in media 50 ogni volta) hanno dimostrato una vivace curiosità verso quello che si studia a Tor Vergata. Due lezioni ("Baricentro ed Equilibrio", "Principi di Newton") sono state svolte con dimostrazioni sperimentali allestite dal Dott. Giovanni Casini e trasmesse dall'Aula T1 dell'Università di Roma "Tor Vergata" (Macroarea di Scienze).

SPACE-WEATHER AL LICEO "PLINIO SENIORE" DI ROMA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Durante il periodo di lockdown causato dall'emergenza sanitaria del CoViD-19, il Liceo "Plinio Seniore" di Roma ha continuato le sue attività legate al Laboratorio di Meteorologia Spaziale del Piano Lauree Scientifiche-Fisica (coordinato dal Prof. Francesco Berrilli del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata") in modalità on-line, utilizzando piattaforme web ed un portale preparato ad-hoc. Il progetto, portato avanti dal Prof. Alberto Bigazzi insieme ad alcuni studenti delle classi III, IV e V, ha lo scopo di raccogliere i dati dati trasmessi dai sensori della stazione meteorologica installata sul tetto della scuola, di memorizzarli in un database e di graficarli sia cronologicamente che in tempo reale.

YAMBO ALL' ICTP DI TRIESTE

www.newsletter-fisica-torvergata.it

Nell'ultima settimana di Gennaio si è svolta all'ICTP di Trieste la scuola internazionale di calcolo computazionale intitolata "Electronic Excitations in Novel Materials using the Yambo code". Maurizia Palummo, professore associato del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e Conor Hogan, ricercatore del CNR-ISM, sono stati fra gli organizzatori della scuola che è stata finanziata oltre che dall'ICTP, dal centro di Eccellenza europeo Max e dallo Psik. Sara Postorino, dottoranda in Fisica presso l'Università di "Tor Vergata", e Simone Grillo, studente della laurea magistrale, sono stati selezionati fra i 60 partecipanti alla scuola su 280 richieste provenienti da tutto il mondo. Il programma ha offerto sia lezioni teoriche, sia sessioni pratiche al calcolatore in cui gli studenti hanno imparato ad usare il codice di calcolo Yambo per lo studio delle proprietà di stato eccitato dei materiali.

STAGE INVERNALE A TOR VERGATA

www.newsletter-fisica-torvergata.it

Si è concluso il 14 febbraio 2020 lo Stage Invernale a Tor Vergata, XX incontro. Per l'occasione, oltre cinquanta studenti hanno avuto l'opportunità di vivere una settimana da ricercatori, seguendo sei diversi moduli tematici organizzati presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". Lo Stage a Tor Vergata, sostenuto dal PLS-Piano Lauree Scientifiche, rappresenta un esperimento straordinario nel panorama didattico e accademico italiano. Il direttore del progetto è il Prof. Nicola Vittorio del Dipartimento di Fisica.

LA FORMA DELL'ACQUA

www.newsletter-fisica-torvergata.it

Il 27 Gennaio 2020 si è svolto, nell'Aula Magna Gismondi della Macroarea di Scienze dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", l'evento "La Forma dell'Acqua", organizzato dalla Prof.ssa Anna Sgarlata del Dipartimento di Fisica. Un centinaio di studenti sono intervenuti presso l'Aula Magna in occasione del primo incontro previsto nell'ambito del progetto Lab4all, che ha lo scopo di coinvolgere classi di studenti per la realizzazione di esperimenti da fare con materiali semplici. Essi saranno esportati, in collaborazione con il progetto Seed Science, presso le postazioni che sono state avviate in Ghana, Kenya, Tanzania e Uganda per una nuova ed efficace didattica delle materie scientifiche.

STAMPA E MEDIA

STUDENTESSA ASTROMUNDUS SU FORBES

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

La ricercatrice colombiana Dott.ssa Andrea Guzman Mesa, già studentessa del Joint Master Degree Astromundus in Astronomia e Astrofisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata", è stata intervistata dalla rivista Forbes, in qualità di dottoranda in Astrofisica all'Università di Berna, per parlare dei suoi studi attuali sulle atmosfere di pianeti extrasolari.

L'ASSOCIAZIONE SCIENZIMPRESA AL TGR LAZIO

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica è ospite del TG

Regionale del Lazio (24 Ottobre 2020) in occasione dell'evento "Scientific Park VII" dedicato a eminenti scienziate e scienziati del passato.

ONDE GRAVITAZIONALI DA UN OGGETTO MISTERIOSO

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Un oggetto misterioso accompagna il segnale gravitazionale registrato dalle due stazioni americane Ligo e quella italiana Virgo il 14 agosto 2019. Un corpo celeste con una massa 2,6 volte quella del nostro Sole si è fuso 800 milioni di anni fa con un altro oggetto cosmico molto più grande, un buco nero di 23 masse solari generando di conseguenza un buco nero di 25 masse solari. La differenza nella somma delle masse si è tramutata nell'energia dell'onda che i tre interferometri hanno raccolto battezzandola GW190814. Dopo approfondite analisi resta ancora aperta la domanda se l'oggetto di 2,6 masse solari sia la più pesante stella di neutroni o il più leggero buco nero mai osservati. La Prof.ssa Viviana Fafone del Dipartimento di Fisica, responsabile di Virgo per Roma "Tor Vergata", è stata intervistata da TG Leonardo (Rai3, 26/05/2020) sulla nuova scoperta.

COSA SUCCEDE AL SOLE?

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Negli ultimi anni il Sole ci ha abituati a lunghi periodi con poche o nessuna macchia sulla sua superficie. A cosa è dovuto questo comportamento? Il canale YouTube MEDIAINAF TV ha invitato il Prof. Francesco Berrilli del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" e il Dr. Mauro Messerotti dell'INAF di Trieste. Insieme hanno risposto in diretta alle domande poste loro dagli utenti del canale. - https://www.youtube.com/watch?v=T0D8Dr9l56U

STAMPA E MEDIA

TUTTA LA SCIENZA DI EST, IN UN CLICK

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il volume "The science of EST" raccoglie tutti i 77 articoli scritti da astronomi solari professionisti provenienti da 30 diversi centri di ricerca e università europee, dedicati alle osservazioni e alle ricerche sulla fisica solare che saranno rese possibili dal futuro telescopio EST. MEDIA INAF ha intervistato il Dr. Luca Giovannelli (Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata"), uno degli scienziati coinvolti nel progetto, per scoprire qualcosa in più.

LA FISICA ALLA RAI

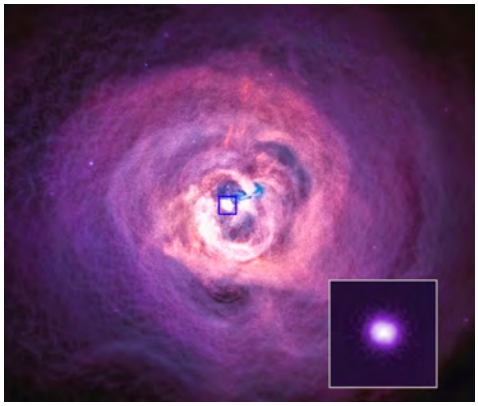
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e il Laboratorio Didattico della Fisica (coordinato dalla Prof.ssa Anna Sgarlata coadiuvata dal Dott. Giovanni Casini) hanno avviato una fruttuosa collaborazione con il Prof. Valerio Rossi Albertini e Vittorio Ripoli della RAI. La visualizzazione delle onde sonore attraverso le figure di Chladni (Rai Uno Mattina – 18/02/2020), la Conversione di energia con la bicicletta in grado di accendere le lampadine (I fatti Vostri – 31/01/2020) , lo straordinario trenino a levitazione magnetica (I fatti Vostri – 1/11/2019), il fenomeno della Risonanza con le figure di Chladni (I fatti Vostri – 6/12/2019) e infine le scariche elettriche prodotte dal generatore di Van der Graaf (I fatti Vostri – 18/10/2019) sono stati alcuni degli esperimenti realizzati con la strumentazione che è a disposizione degli studenti che studiano Fisica e Scienza dei Materiali a Tor Vergata. Tutte le puntate sono disponibili su RaiPlay.

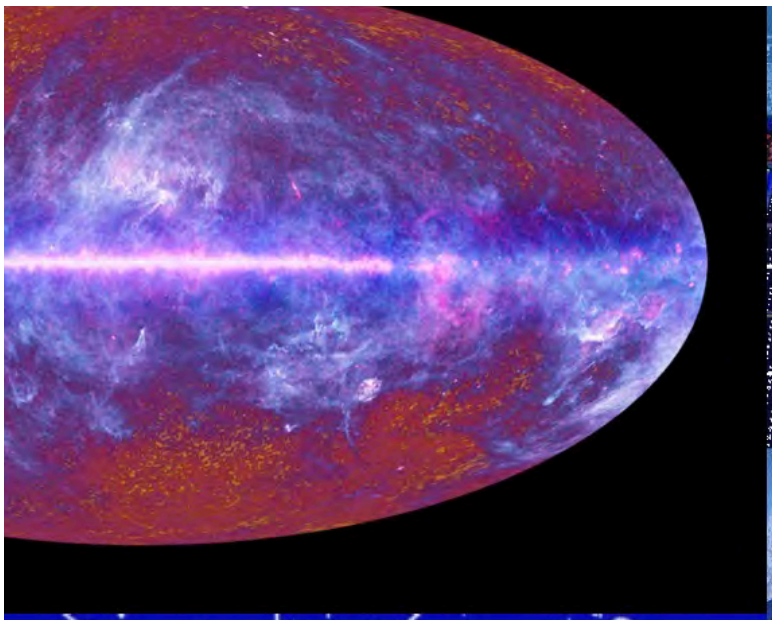
CHANDRA ALLA RICERCA DELLA "TEORIA DEL TUTTO"

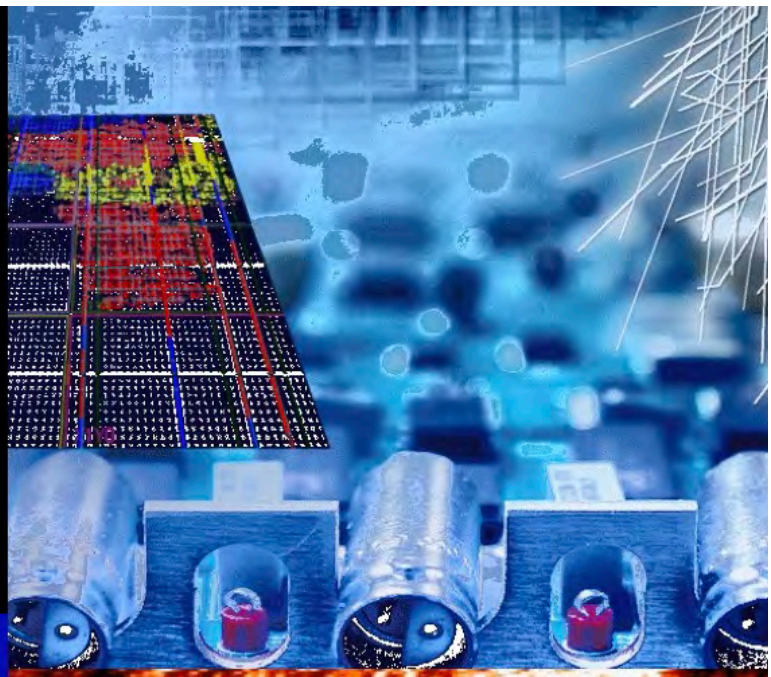
Newsletter del
Dipartimento di Fisica
Gennaio/Febbraio 2020

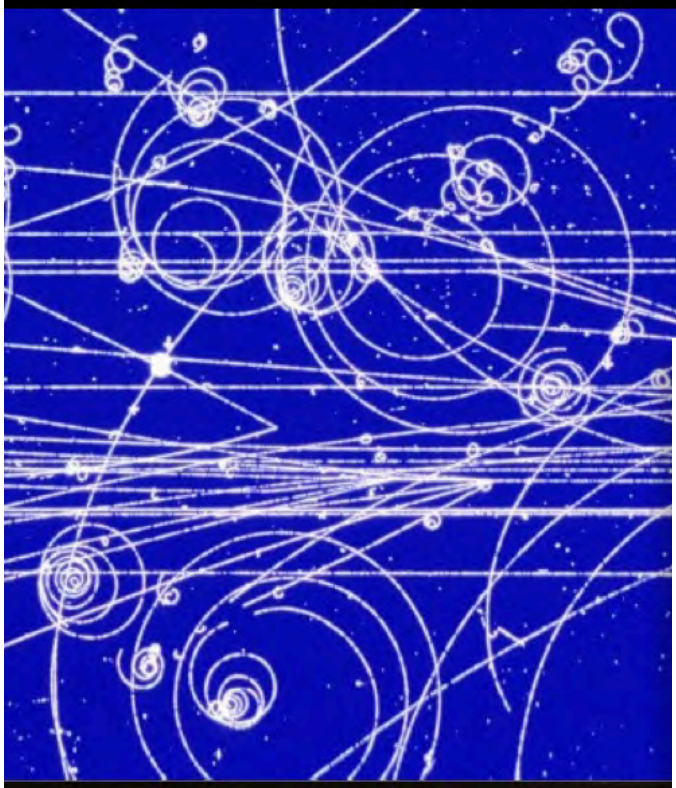
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

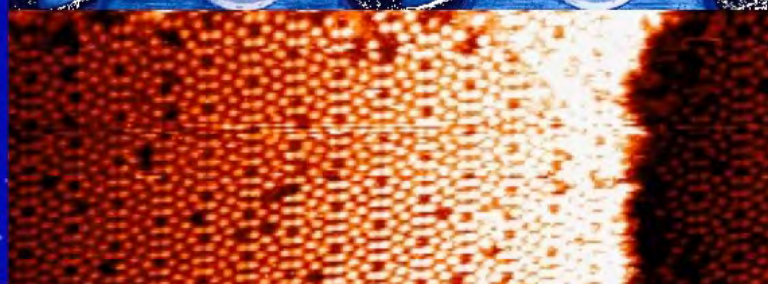


Un gruppo di ricercatori, attraverso l'utilizzo del telescopio spaziale per raggi X Chandra della Nasa, ha condotto cinque giorni di osservazioni alla ricerca degli assioni – particelle la cui esistenza è predetta dalla teoria delle stringhe – nei segnali elettromagnetici prodotti dagli ammassi di galassie, sterminate strutture cosmiche dominate dalla forza di attrazione gravitazionale. Anche se la "caccia" non ha dato segnali direttamente riconducibili agli assioni, l'osservazione è stata importante per scartare alcune teorie e restringendo così il campo della ricerca di tali particelle. Il Prof. Francesco Tombesi del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" fa parte del team di scienziati guidati dal Prof. Christopher Reynolds della University of Cambridge.







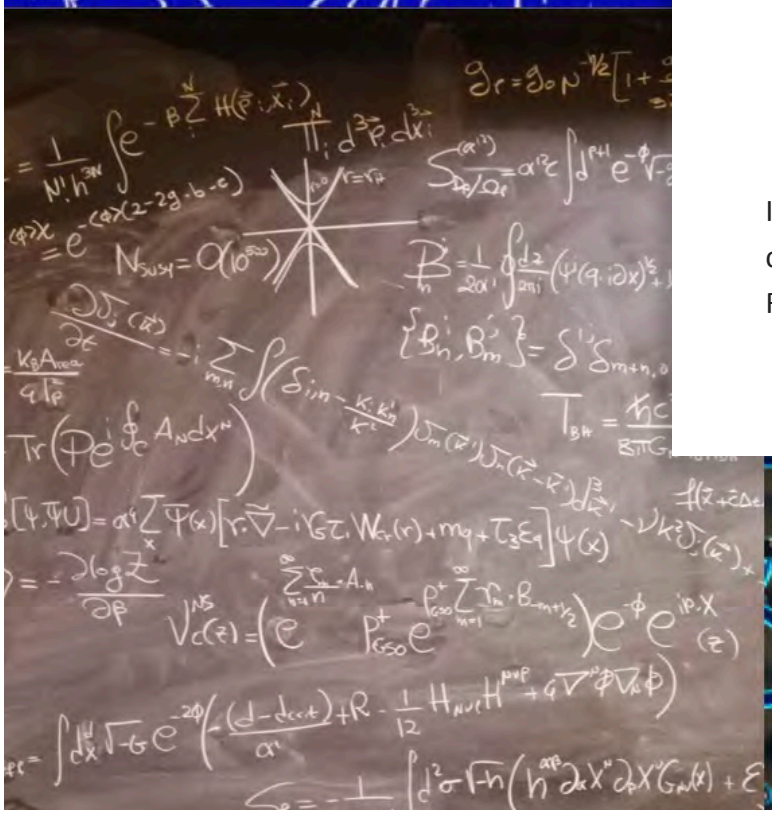


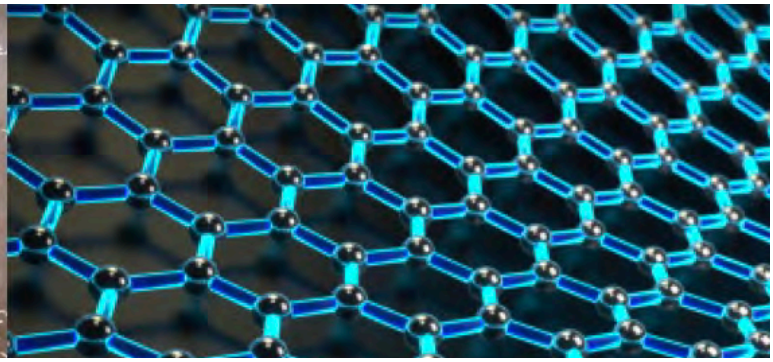
RICERCA

“La natura ha semplicità, e dunque grande bellezza (celata da un semplice drappo, il mistero)”.

(Richard P. Feynman)

In questa sezione sono raccolte le attività di ricerca caratterizzanti il Dipartimento di Fisica dell’Università di Roma “Tor Vergata”.



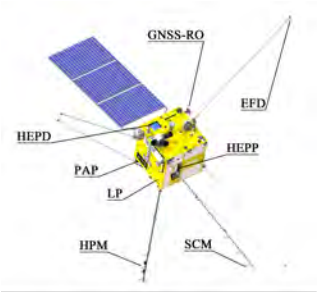


NEWS

CHIUSURA DELL'ACCORDO ASI "LIMADOU SCIENZA"

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

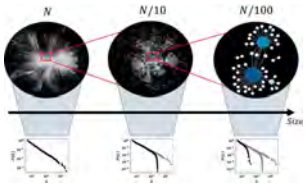
Il 14 novembre 2020 si è chiuso il contratto quadriennale ASI "Limadou-Scienza", che ha seguito le fasi di preparazione, lancio e analisi dati dei primi mesi in orbita della missione Limadou a bordo del satellite cinese CSES. L'Accordo vede la partecipazione, oltre al Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", di vari istituti italiani



qualli l'INFN, l'INGV e l'INAF-IAPS, oltre ad istituzioni cinesi. Il satellite CSES ospita a bordo 8 rivelatori diversi per lo studio in situ di numerosi parametri fisici di interesse per la missione. La sinergia degli Enti di ricerca nell'analisi dei dati ha consentito di portare avanti numerosi studi di perturbazioni ionosferiche, alla ricerca di correlazioni con eventi di natura terrestre o solare; i lavori sono stati presentati a conferenze internazionali e pubblicati su riviste di settore con alto impatto scientifico. L'analisi dei dati della missione Limadou proseguirà grazie anche al sostegno di un secondo Accordo ASI denominato "Limadou Scienza Plus", che prenderà il via nei primi mesi del 2021. Responsabile Scientifico per il Dipartimento di Fisica è la Prof.ssa Roberta Sparvoli.

INVARIANZA DI SCALA SU RETI DI TAGLIA FINITA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Una delle caratteristiche principali e più dibattute delle reti complesse è la cosiddetta "invarianza di scala": la rete non cambia aspetto se la si osserva a scale diverse. Questa proprietà è la stessa che caratterizza le grandezze termodinamiche di un sistema in corrispondenza di una transizione di fase (per esempio l'acqua che al punto critico è una miscela gas-liquido), dove le fluttuazioni si verificano a tutte le scale di lunghezza. Nel contesto delle reti, l'invarianza di scala riguarda invece proprietà strutturali, prima tra tutte la connettività dei costituenti del sistema — ad esempio, il numero di followers di un profilo Twitter. Questa proprietà ha importanti implicazioni sia sul meccanismo generativo della rete che sulle sue funzioni e proprietà. Ad esempio, è noto che una rete a invarianza di scala è più vulnerabile a un'epidemia rispetto a un sistema uniforme, ma è anche più facile da monitorare e controllare. Tuttavia, l'invarianza di scala è rigorosamente vera solo per un sistema infinito, mentre per un sistema finito esiste un limite superiore dato dalla dimensione del sistema stesso. In un recente lavoro pubblicato su PNAS il Dott. Giulio Cimini del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" esplora un metodo per capire in maniera chiara quando una rete è effettivamente caratterizzata da invarianza di scala nonostante la sua taglia finita.

IL DIPARTIMENTO DI FISICA INSIEME ALLA BIBLIOTECA APOSTOLICA VATICANA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha sottoscritto una Convenzione con la Biblioteca Apostolica Vaticana al fine di promuovere la collaborazione tra i due istituti, con particolare riferimento alla gestione documentale in ambiente digitale; all'analisi automatica per estrarre informazioni e dati ad essi pertinenti per facilitare una più ampia fruizione degli stessi; alle nuove tecnologie per la gestione dell'informazione nell'ambito dei beni culturali. Responsabile della collaborazione per il Dipartimento di Fisica è il Dott. Marco Casolino.

THE WORLD UNIVERSITY RANKINGS BY SUBJECT 2021

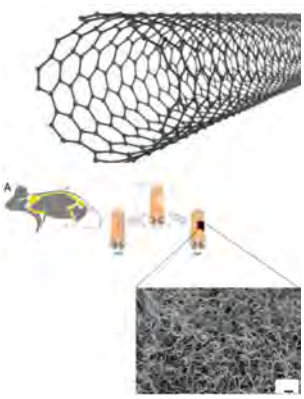
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'Università di Roma "Tor Vergata" consolida, grazie al contributo del Dipartimento di Fisica, il suo risultato nelle discipline scientifiche nel ranking internazionale Times Higher Education by Subject, edizione 2021. Nella classifica che valuta i migliori Atenei a livello mondiale negli ambiti di diverse discipline, l'Università di Roma "Tor Vergata" conferma la terza posizione tra gli Atenei italiani per la Fisica e l'Astronomia.

RECUPERO DELLE CAPACITÀ MOTORIE GRAZIE AI NANOMATERIALI 3D A BASE DI NANOTUBI DI CARBONIO

Newsletter del Dipartimento di Fisica Ottobre 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



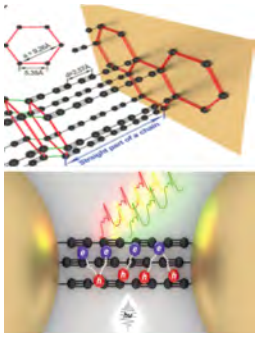
Un nuovo studio condotto in collaborazione con la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (Prof. L. Ballerini SISSA) e l'Università di Trieste (prof. M. Prato) mostra l'efficacia degli impianti di nanotubi di carbonio nel ripristino delle funzioni motorie e apre la strada a un nuovo approccio terapeutico per le lesioni del midollo spinale. I nanomateriali tridimensionali costituiti da nanotubi di carbonio sono stati sintetizzati dai Proff. Manuela Scarselli e Maurizio De Crescenzi del Dipartimento di Fisica. Dopo una prima serie di esperimenti condotti in vitro, sono stati eseguiti esperimenti in vivo grazie all'impianto di nanotubi di carbonio in animali con lesione spinale indotta, come mostrato nella figura riportata. È stato verificato che nel sito della lesione si ristabiliscono le capacità motorie e la connettività neuronale. La ricerca, pubblicata negli Atti dell'Accademia di Scienze degli Stati Uniti (PNAS), dimostra l'elevato potenziale degli approcci terapeutici che utilizzano le proprietà meccaniche ed elettriche delle strutture tridimensionale (scaffold) rigenerativi di nanotubi per trattare l'area danneggiata. Questi risultati non solo confermano le possibili applicazioni dei nanomateriali nel settore biomedicale, ma aprono anche la strada a nuovi metodi terapeutici che sfruttano le loro proprietà fisiche, meccaniche ed elettriche.

STRUTTURA FINE DEGLI ECCITONI IN CATENE DI CARBONIO

Newsletter del Dipartimento di Fisica Ottobre 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

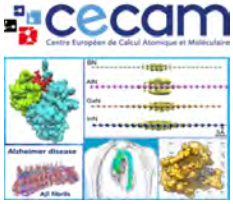
Il carbonio (C), elemento fondamentale della vita, cristallizza in varie forme aventi proprietà molto diverse. Esempi sono: fullereni (0D), nanotubi (1D),



grafene (2D), iamante e grafite (3D) ecc. Le catene monoatomiche di carbonio sono tra i nuovi materiali di enorme interesse per la comunità scientifica, poiché possiedono proprietà meccaniche e ottiche uniche. Queste forme allotropiche sono pero' elusive, molto difficili da stabilizzare. Nel lavoro recentemente pubblicato su Nanoletters con il contributo teorico del gruppo della Prof. Olivia Pulci del Dipartimento di Fisica, la stabilizzazione meccanica delle catene di C è stata ottenuta grazie a nanoparticelle d'oro attaccate alle due estremità. Quando depositate su un substrato, le catene stabilizzate hanno mostrato parti diritte le cui lunghezze superano significativamente il limite teorico per una catena di carbonio monatomica stabile libera. La fisica fondamentale delle catene di carbonio monoatomiche è estremamente ricca e l'impatto di questo lavoro sullo sviluppo complessivo della fisica dello stato solido può essere paragonabile all'impatto dell'introduzione del grafene.

CECAM

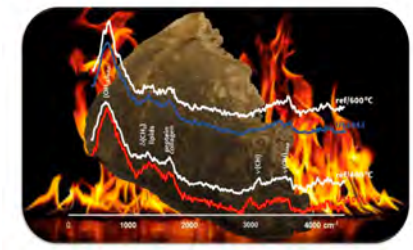
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



È in fase di rinnovo la convenzione tra il nodo IT-SIMUL (a cui l'Università di Roma "Tor Vergata" appartiene tramite il CAST, coordinato dalla Prof.ssa Olivia Pulci del Dipartimento di Fisica) ed il Centre Europeen de calcuul Atomique et Moleculaire-CECAM. Il CECAM è una infrastruttura costituita da 17 nodi europei dedicata alla ricerca fondamentale basata su tecniche computazionali avanzate, con applicazioni scientifiche e tecnologiche di frontiera. Del nodo IT-SIMUL fanno parte inoltre La Sapienza, il Politecnico di Torino, il Politecnico di Milano, l'Università dell'Aquila, e l'IIT-Genova. Gli obiettivi scientifico-tecnologici del nodo comprendono lo studio della biologia molecolare, dell'astrofisica, della fenomenologia delle particelle elementari, della meteorologia, della turbolenza, della fisica e chimica dei materiali, e della biofisica. Tali obiettivi sono realizzabili sotto la spinta della comune esigenza di migliorare costantemente gli algoritmi numerici, le tecniche di programmazione, la teoria stessa dei problemi a molti corpi e del calcolo numerico e tutte le ulteriori problematiche ad esse correlate, aspetti tutti sviluppabili e condivisibili in modo interdisciplinare.

STUDIO SULLE OSSA COMBUSTE

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



A seguito dello studio segnalato dalla rivista di divulgazione Spectroscopy Europe (Vol. 31, n. 4) sulle indagini sui reperti ossei con tecniche di neutroni da parte della Prof.ssa Andreani e del Prof. Roberto Senesi del Dipartimento di Fisica e centro NAST, in collaborazione con il Centro Fermi, continuano le attività di ricerca svolte attraverso esperimenti presso large scale facilities nell'ambito dell'Infrastruttura di Ateneo ISIS@MACH. In particolare, presso la sorgente di neutroni ISIS Pulsed Neutron and Muon Source sono state svolte le seguenti ricerche: New dimensions in forensic profiling: imaging burned human bones at IMAT, Study of chronic mercury exposure in ancient populations from the cinnabar mining, Bronze Age Metalwork at the British Museum.

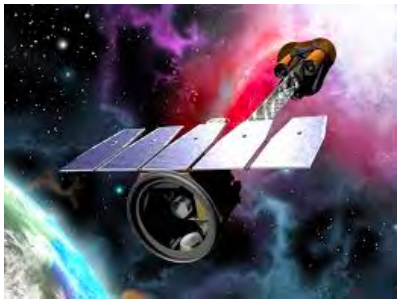
UN MICROSCOPIO INNOVATIVO NEL DIPARTIMENTO DI FISICA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Sono terminati i lavori di installazione di una nuova camera da vuoto presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". La camera è equipaggiata con l'unico microscopio ad effetto sonda a bassa temperatura a circuito chiuso presente in tutta Italia. Rispetto ai tradizionali microscopi ad effetto sonda che operano a bassa temperatura, questa configurazione permette di lavorare ad una temperatura di base inferiore a 10 K (quindi inferiore a -263° C) con un consumo di elio virtualmente nullo. Il microscopio consente la caratterizzazione strutturale ed elettronica a livello atomico di nanomateriali e di molecole depositate su superfici ed è già in funzione presso il laboratorio LT-SPM sotto la supervisione del Dott. Luca Camilli del Dipartimento di Fisica.

IXPE-IMAGING X-RAY POLARIMETRY EXPLORER

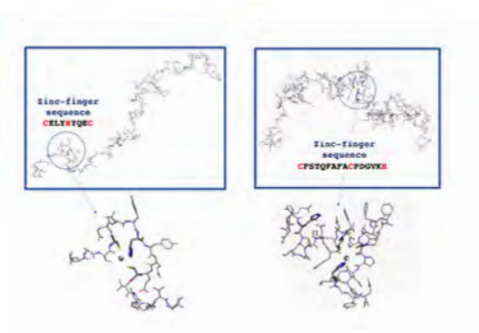
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Il Prof. Francesco Tombesi del Dipartimento di Fisica è stato nominato "Science Participant" per il programma scientifico dell'osservatorio spaziale Imaging X-ray Polarimetry Explorer (IXPE) della NASA e ASI/INAF, con lancio in orbita previsto per fine 2021. IXPE aprira' una nuova finestra nell'universo ad alte energie essendo il primo osservatorio spaziale dedicato allo studio della polarimetria nella banda dei raggi X.

SARS-COV-2 VIRION STABILIZATION BY *Zn* BINDING

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Un importante studio è stato pubblicato sulla rivista Frontiers Molecular Biosciences (Settembre 2020). Riguarda le proteine non-strutturali orf7a e orf8 del virus SARS-CoV-2 che sarebbero capaci di inibire l'attività antivirale di una proteina del sistema immunitario dell'ospite, la teterina BST2, impedendone la corretta maturazione. L'inibizione è determinata da uno "switch" strutturale della teterina modulato dallo ione $Zn(II)$. Si può quindi arguire che la deprivazione cellulare di Zn o la sua sostituzione con Mg e/o con farmaci specifici basati su $Ag(I)$ e $Au(I)$ potrebbe dar luogo a un significativo rallentamento della replicazione virale, a causa della conseguente inibizione della formazione dei complessi orf7a/BST2 e orf8/BST2. Gli studi sperimentali (spettroscopia di assorbimento a raggi X) e numerici (simulazioni di Dinamica Molecolare ab initio) che gli autori stanno portando avanti sono tesi a confermare o smentire questa ipotesi. I Proff. Silvia Morante e Giancarlo Rossi e il Dr. Francesco Stellato del Dipartimento di Fisica, sono tra gli autori della pubblicazione.

UNO STUDIO DI TOR VERGATA / EPFL QUANTIFICA L'IMPATTO DELLE FUTURE RICERCHE DI FIRME BIOLOGICHE SUGLI ESOPIANETI

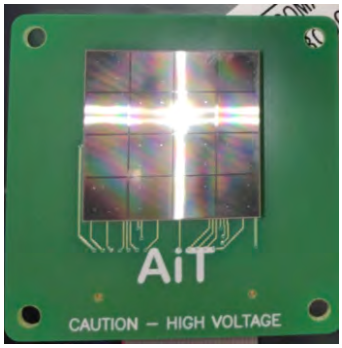
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

La ricerca della vita su mondi extrasolari attraverso il rilevamento spettroscopico delle firme biologiche è tra gli sforzi scientifici più avvincenti dei prossimi decenni. Un articolo appena pubblicato su PNAS dal Prof. Amedeo Balbi (del Dipartimento di Fisica di Tor Vergata) e dal Prof. Claudio Grimaldi (della Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) esplora le implicazioni della scoperta o dell'esclusione della presenza di firme biologiche rilevabili sui pianeti entro poche decine di anni luce dalla Terra, una distanza alla portata di ricerche future. Utilizzando una metodologia bayesiana, lo studio mostra che non rilevare le firme biologiche in tale volume di campione non porterebbe alcuna informazione aggiuntiva sulla popolazione galattica di esopianeti che ospitano la vita. Al contrario, se la vita si sviluppasse indipendentemente su altri pianeti, anche un singolo rilevamento implicherebbe che le esobiosfere sarebbero più abbondanti delle pulsar. Il presunto trasferimento interstellare della vita attraverso il meccanismo della panspermia può, tuttavia, abbassare significativamente questa stima.

OMICA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

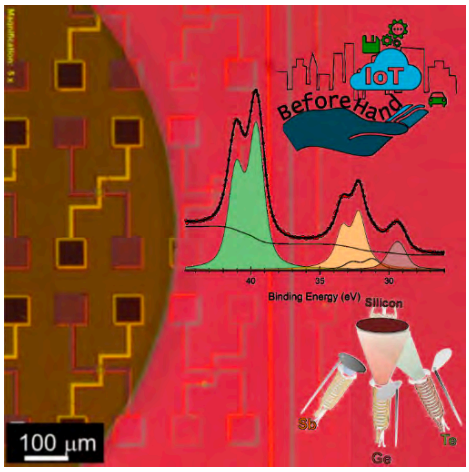
Il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha sottoscritto un Contratto di Consulenza/ricerca con l'azienda OMICA s.r.l. di Roma. Si tratta di un incarico relativo alla progettazione, ingegnerizzazione e realizzazione del prototipo del Detector DEEP-LIGHT. L'attività consiste nello studio e analisi di trade/off per la selezione del sistema ottico e rivelatore per il



Detector DEEP-LIGHT. Il sistema dovrà essere in grado di operare in modalità “photon counting” ed essere sensibile al range del profondo ultravioletto compreso tra 200 nm e 300 nm. Lo studio riguarda la definizione ottimale di ottica (lenti, filtri…) e sensore (tra fototubi multianodo, Silicon Photomultiplier…). Il Dott. Marco Casolino e il Prof. Francesco Berrilli sono i responsabili del progetto.

PRIMO REPORTING PERIOD DEL PROGETTO EUROPEO H2020 BEFOREHAND

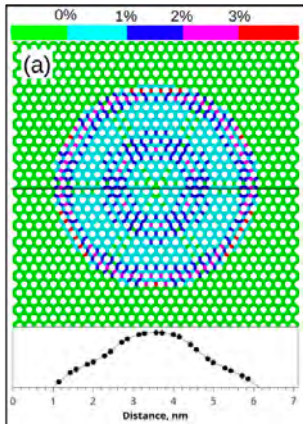
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Il progetto europeo BeforeHand, per il quale il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", sotto la responsabilità del Prof. Fabrizio Arciprete, è uno delle otto unità partecipanti al consorzio, ha raggiunto il periodo di rendicontazione di metà progetto. L’attività di ricerca di BeforeHand mira a stabilire le basi di una nuova tecnologia adatta per l'implementazione in reti di sistemi elettronici intelligenti, con particolare attenzione alle applicazioni in campo automobilistico. L’attività dei primi diciotto mesi ha riguardato lo studio della crescita e delle proprietà fisiche di nuove leghe di calcogenuri e lo sviluppo e la fabbricazione di un dispositivo di memoria in grado di elaborare e archiviare i dati nello stesso luogo fisico. I risultati ottenuti dal consorzio hanno permesso di individuare le leghe più promettenti da implementare nel dispositivo e nelle ultime settimane è stata raggiunta una delle milestones più importanti del progetto, ossia la realizzazione di un chip di memoria funzionante con le nuove leghe sviluppate nel consorzio. Le attività di ricerca di BeforeHand sono state argomento per una tesi triennale ed una magistrale in Scienza dei Materiali e a settembre 2020 un nuovo post-doc si unirà alle attività del gruppo.

COEXAN

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Si è concluso il progetto europeo MSCA RISE "Collective Excitations in Advanced Nanostructures (CoExAN)" (2015-2019), che ha visto il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" come nodo coordinatore, sotto la responsabilità scientifica della Prof. Olivia Pulci. Più di 100 articoli, su riviste internazionali ad alto impatto, sono solo uno dei risultati della fruttuosa collaborazione tra i nodi partecipanti. Dal 2018 CoExAN è entrato come Partnering Project nella Graphene Flagship. Grazie agli importanti risultati scientifici raggiunti, CoExAN è stato ora prescelto dalla EU per far parte dell'iniziativa "Innovation Radar-highlighting excellent innovations" (https://www.innoradar.eu), con il tema "Materiali a base di Carbonio per radiazione micronde-THz". L'attività di ricerca iniziata con CoExAN continua con il nuovo progetto europeo "DiSeTCom", che ci attendiamo darà altrettante soddisfazioni.

IL TELESCOPIO MINI-EUSO A BORDO DELLA STAZIONE SPAZIALE INTERNAZIONALE: PRIME OSSERVAZIONI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

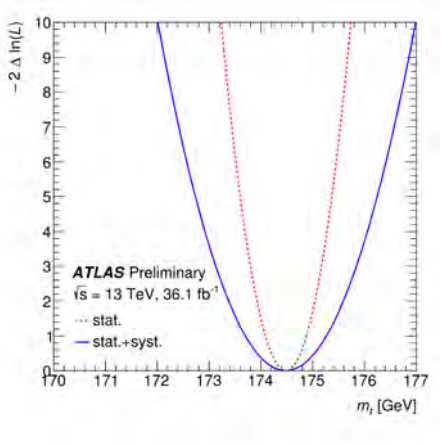
Mini-EUSO (Multiwavelength Imaging New Instrument for the Extreme Universe Space Observatory), è un telescopio che osserva la Terra dal modulo russo Zvezda della ISS. È stato lanciato il 22 agosto 2019 con il veicolo spaziale Soyuz MS14 dal cosmodromo di Baikonur. È parte degli esperimenti che l'ASI ha selezionato per la missione ESA BEYOND ed è il primo che l'ASI fa volare nel segmento russo della Stazione

Spaziale, grazie ad un accordo bilaterale ad hoc fra l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ente finanziatore del progetto, e l'Agenzia Spaziale Russa (Roscosmos). Il contratto tra l'ASI e il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" (R.S. Dr. Marco Casolino) si è concluso a giugno con la consegna dei primi dati e prime misure delle emissioni terrestri notturne in banda ultravioletta. L'apparato osserva la Terra registrando le emissioni ultraviolette di origine cosmica, atmosferica e terrestre. Il telescopio è in grado di effettuare osservazioni su diverse scale temporali, da qualche microsecondo in su, e di poter correlare i dati nell'ultravioletto con quelli provenienti da due telecamere supplementari, sensibili nelle bande del visibile e del vicino infrarosso.

YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=lXedBGVHc4o - https://www.youtube.com/watch?v=wh21-hhOUQU&t=28s

QUARTA RENDICONTAZIONE DEL PROGETTO NPTEV-TQP2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Si è conclusa a Febbraio 2020 la quarta rendicontazione del progetto ERC NPTEV-TQP2020 "Uncovering New Phenomena at the TeV Scale With Top Quarks". Il progetto, guidato dal Prof. Lucio Cerrito (Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"), è dedicato alla realizzazione di misure inerenti il quark top con l'esperimento ATLAS al Large Hadron Collider (CERN). Il quark "top" è la particella elementare più pesante conosciuta, e le grandezze fisiche selezionate per lo studio sono sensibili ad un ampio spettro di ipotetiche particelle, oltre che alla presenza di nuove interazioni ed extra-dimensioni dello spazio-tempo. Nell'ultimo anno è stata completata la misura della massa del top con un'incertezza dello 0.45%, risultando tra le più precise al mondo. Ulteriori attività hanno riguardato la differenza tra materia ed antimateria, la ricerca di nuove particelle pesanti, e l'interazione del top quark con il bosone Z delle interazioni elettrodeboli.

IL PRIMO GRANDE TELESCOPIO DI CTA RIVELA FOTONI GAMMA DALLA PULSAR DEL GRANCHIO

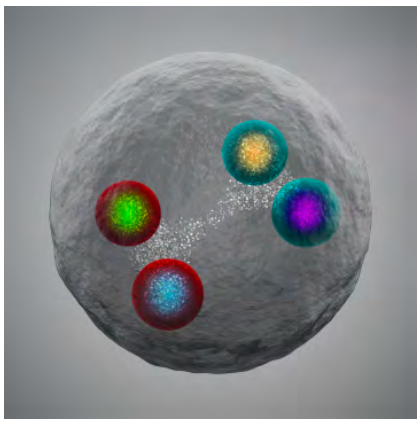
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'osservazione di un'emissione pulsata di fotoni di alta energia provenienti dalla nebulosa del Granchio conferma le enormi potenzialità di LST-1 (Large Size Telescope), il primo dei quattro telescopi Cherenkov di grandi dimensioni (23 metri di diametro) che, insieme a una decina di telescopi medi (12 metri di diametro), andranno a comporre la schiera di rivelatori del sito nord del Cherenkov Telescope Array (CTA): l'osservatorio terrestre di prossima generazione per l'astronomia dei raggi gamma a energie molto elevate. Al progetto collaborano per l'Italia l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) e l'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica). LST-1 ha rivelato la debole emissione gamma pulsata proveniente dalla pulsar al centro della nebulosa del Granchio. Il gruppo CTA del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" (composto dai Dr. Aldo Morselli, Vincenzo Vitale, Gaetano Salina, Valerio Verzi e Dario Gasparrini) è stato impegnato nell'assemblaggio del container di presa dati ed è tutt'ora impegnato nei turni di commissioning del telescopio e nella preparazione dei programmi di analisi dati.

L'ESPERIMENTO LHCB OSSERVA UN NUOVO TIPO DI TETRAQUARK

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

La collaborazione internazionale dell'esperimento LHCb che opera all'acceleratore LHC del CERN ha appena pubblicato, uno studio che riporta la prima osservazione di una particella composta da quattro quark charm. Il risultato costituisce un importante passo avanti nella comprensione delle interazioni che legano i quark tra loro per formare particelle composte, note come adroni e di cui fanno parte anche i protoni e i neutroni, costituenti dei



nuclei atomici. L'esperimento LHCb aveva già confermato l'esistenza di queste particelle "esotiche" e osservato per la prima volta nel 2015 un pentaquark. Questa classe di particelle costituisce un campo di ricerca ideale per comprendere più a fondo il funzionamento della forza nucleare forte, l'interazione fondamentale che tiene assieme i nuclei degli atomi. Il gruppo LHCb del Dipartimento di Fisica dell' Università di Roma "Tor Vergata" è attivo sin dalla nascita dell'esperimento e contribuisce in modo fondamentale al rivelatore di muoni, particelle in cui decadono i tetraquark.

PROGRAMMA PER GIOVANI RICERCATORI "RITA LEVI MONTALCINI": FRANCESCO TOMBESI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

La mia esperienza da RTDb Montalcini al Dip. di Fisica di Tor Vergata è iniziata nel Marzo 2017 e sono felice di essere stato confermato come Professore Associato nel 2020. Venendo dagli Stati Uniti e dalla NASA, a Tor Vergata ho potuto non solo continuare, ma anche espandere le mie ricerche sulla fisica dei buchi neri supermassicci al centro delle galassie, grazie ai molti collaboratori presenti sia all'Università che nei centri di ricerca dell'area di Tor Vergata. Nei miei studi principali utilizzo osservazioni nei raggi X effettuate con osservatori spaziali per investigare la fisica dell'accrescimento e la produzione di venti e getti su oggetti compatti e le relazioni tra i nuclei galattici attivi e l'evoluzione delle galassie. In questi anni, affiancato da nuovi collaboratori e da ottimi studenti, ho potuto espandere le mie ricerche su altri filoni, come la teoria della formazione di venti relativistici, l'esplorazione dell'impatto dei buchi neri da scale dell'orizzonte degli eventi fino a scale degli ammassi di galassie e nell'influenza dell'attività dei buchi neri sulle condizioni di abitabilità delle galassie.

PROGRAMMA PER GIOVANI RICERCATORI "RITA LEVI MONTALCINI": RAFFAELE SAVELLI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Ho preso servizio come RTDb Montalcini al Dip. di Fisica di Tor Vergata nell'Ottobre 2017, e al momento sono in procedura valutativa per il passaggio a Professore Associato. Reputo molto positiva la mia esperienza sia di ricerca che didattica. Ho potuto portare avanti in piena libertà e autonomia le mie collaborazioni internazionali nonché intraprenderne di nuove, coinvolgendo miei colleghi in Dipartimento, con i quali condivido molti interessi. Il mio ambito di ricerca è la Teoria delle Stringhe. In particolare mi sono occupato di analizzare le impronte fisiche di bassa energia derivanti da questa teoria. Attualmente sono anche concentrato sull'analisi dei regimi di forte accoppiamento di teorie di campo, studiandone la loro realizzazione in teoria di stringa. Quest'ultima fornisce potenti metodi geometrici per indagare aspetti di fisica non perturbativa, altrimenti di difficile accesso.

PROGRAMMA PER GIOVANI RICERCATORI "RITA LEVI MONTALCINI": MARINA MIGLIACCIO

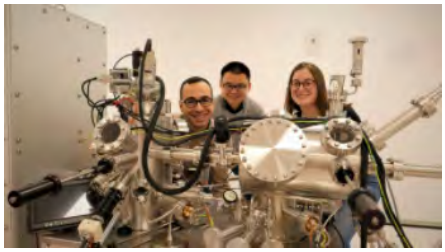
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Dopo diversi anni di ricerca all'estero, in Spagna e Inghilterra, ed un periodo di lavoro presso l'ASI, nell'estate del 2018 sono arrivata al Dip. di fisica di Tor Vergata come ricercatrice Montalcini. Qui, insieme a colleghi e studenti, esploro le sinergie tra diverse osservabili cosmologiche alla ricerca di nuova fisica. Utilizzo principalmente misure della radiazione cosmica di fondo (CMB) e osservazioni della distribuzione di galassie. Studiarne le correlazioni permette di vincolare modelli di energia

oscura e la distribuzione di materia oscura, e proprio di questo mi occupo per la missione ESA Euclid il cui lancio è previsto nel 2022. Altro tema centrale del mio lavoro riguarda la ricerca dell'impronta di onde gravitazionali primordiali nella CMB in vista delle missioni future e, in particolare, del satellite JAXA LiteBIRD, ai cui studi di "fase A" Tor Vergata partecipa attivamente.

PROGRAMMA PER GIOVANI RICERCATORI "RITA LEVI MONTALCINI": LUCA CAMILLI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

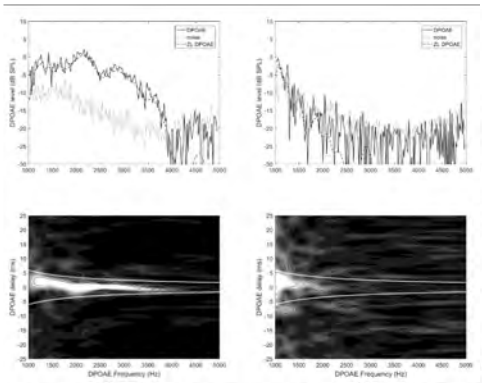


La mia attività come RTDb Montalcini presso il Dipartimento di Fisica è inziata il 14 Gennaio 2020. La mia esperienza, quindi, è solo agli inizi. Per me questo è in realtà un gradito ritorno, in quanto ho compiuto gli studi universitari e conseguito il titolo di Dottore in Fisica proprio in questo Ateneo. Mi sono poi spostato prima negli Stati Uniti e poi in Danimarca, dove avevo stabilito il mio gruppo di ricerca. Ora mi è stata data l'opportunità di tornare in Italia. La mia ricerca è centrata sui nanomateriali, ovvero materiali che per la loro bassa dimensionalità mostrano proprietà fisiche estremamente affascinanti e con grande potenziale tecnologico. Grazie ad un accordo tra questo Ateneo e l'Istituto Danese di provenienza, con il supporto del Dipartimento di Fisica sto ora installando nel mio laboratorio il microscopio di ultima generazione che avevo acquistato in Danimarca, in grado di lavorare in maniera continua ad una temperatura di -263 °C. Oltre che sull'utilizzo di tale macchinario, per realizzare gli obiettivi del progetto Montalcini posso beneficiare anche di molteplici collaborazioni nazionali ed internazionali.

BRIC 2016

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

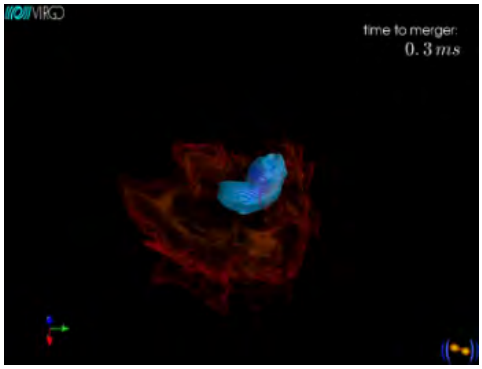
Si è recentemente concluso il progetto BRIC 2016: Studio dei meccanismi del danno uditivo mediante test audiologici in soggetti professionalmente esposti ad agenti oto/neurotossici e in pazienti neurologici, esposizione controllata in



modelli animali, simulazioni di dinamica molecolare dell'interazione con i recettori cocleari. Il progetto, finanziato da INAIL (480.000 euro) e coordinato dal Dr. Arturo Moleti del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", ha coinvolto altri Dipartimenti dell'Università di "Tor Vergata" (Medicina del Lavoro, Neurologia), due dell'Università Cattolica (ORL e Fisiologia), e il DIMEILA-INAIL. Questa collaborazione interdisciplinare ha permesso di studiare da più punti di vista complementari il danno uditivo associato a patologie neurodegenerative e all'esposizione ad agenti ototossici. Le attività di ricerca sono state completate con successo, con la pubblicazione di numerosi articoli scientifici.

LE COLLABORAZIONI VIRGO E LIGO PUBBLICANO I PRIMI RISULTATI DELL'ULTIMA STAGIONE DI PRESA DATI (O3)

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



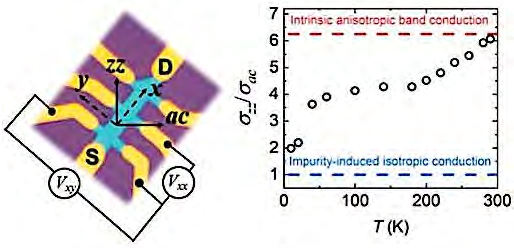
Il primo dei due segnali pubblicati, denominato GW190425, rappresenta la seconda osservazione, dopo GW170817, di un'onda gravitazionale consistente con la fusione di due stelle di neutroni. La massa totale misurata è risultata maggiore rispetto a tutti i sistemi binari di stelle di neutroni noti, ad indicare che il sistema progenitore all'origine di GW190425 si sarebbe formato in modo diverso rispetto a quelli noti nella nostra galassia. La seconda pubblicazione riguarda GW190412, prodotto dalla fusione di due buchi neri con masse pari a circa 30 e 8 volte la massa del Sole. È la prima volta che viene osservato un sistema binario con una differenza di massa così grande. Questa produce particolari modulazioni nel segnale gravitazionale previste dalla teoria e confermate dall'osservazione.

La Prof.ssa Viviana Fafone del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", con il proprio gruppo di ricerca, è parte attiva della collaborazione.

UN NUOVO STUDIO RIVELA COME LE IMPUREZZE MODIFICHINO LE PROPRIETÀ ELETTRICHE DI MATERIALI BIDIMENSIONALI ANISOTROPI

Newsletter del Dipartimento di Fisica Maggio 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



La ridotta simmetria nei materiali bidimensionali anisotropi li rende intrinsecamente disomogenei dal punto di vista elettrico, ottico, termico e meccanico. Come risultato, tali materiali sono promettenti per la realizzazione di nuovi dispositivi sensibili ad angolo e polarizzazione, come fotosensori, invertitori digitali e dispositivi termoelettrici. Oggi, è possibile predire le proprietà intrinseche di tali materiali con grande precisione. Tuttavia, conoscere le loro proprietà intrinseche potrebbe non essere sufficiente per realizzare nuovi dispositivi funzionali. Queste proprietà, infatti, sono modificate inevitabilmente da difetti strutturali del materiale, come vacanze, bordi grano, dislocazioni o anche fattori esterni, come la presenza del substrato, contatti metallici e contaminazioni superficiali. Ad oggi, tuttavia, non si conosce ancora l'effetto di tali impurezze sulle proprietà dei materiali bidimensionali anisotropi. In uno studio, pubblicizzato da Nanowerk, il Dr. Luca Camilli e la Prof. Maurizia Palummo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" mostrano come impurezze modifichino le proprietà elettriche del materiale anisotropo GeAs.

SMART-TURB

Newsletter del Dipartimento di Fisica Marzo/Aprile 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

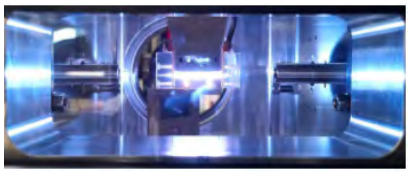
Il Prof. Luca Biferale del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", ha ottenuto un ERC Advanced Grant per il progetto

"Smart-TURB". Il progetto svilupperà una piattaforma numerica in grado di integrare strumenti che utilizzano l'Intelligenza Artificiale per studiare e controllare i fluidi turbolenti in maniera innovativa. Il progetto Smart-TURB è tra gli 11 progetti italiani finanziati dal Consiglio Europeo della Ricerca e tra i due soli finanziati nel campo della Scienze Fisiche e Ingegneristiche. Il progetto si inserisce nell'ambito di un terzo modo di fare scoperte scientifiche, attraverso l'utilizzo di supercomputer, affiancando i due modi standard, la teoria e gli esperimenti.

ACCELERAZIONE A PLASMA A SPARC_LAB CON ALTA QUALITÀ DI FASCIO

Newsletter del Dipartimento di Fisica Marzo/Aprile 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



I recenti test di accelerazione, mediante onde di plasma eccitate da un fascio di elettroni (driver) di 350 pC generato dal foto-iniettore di SPARC_LAB, hanno prodotto i primi significativi risultati. Durante l'ultimo run è stata ottenuta l'accelerazione di un fascio witness di 20 pC con un guadagno di energia di circa 6 MeV e una dispersione di energia di circa lo 0.2%. Il campo accelerante è prodotto dal plasma contenuto in un capillare lungo 3 cm e diametro 1 mm. Un driver che crea l'onda di plasma precede il witness di circa 1 picosecondo ed il plasma è prodotto ionizzando idrogeno tramite una scarica ad alta tensione. Il risultato dello spread di energia, vero tallone di Achille della accelerazione a plasma, è di un ordine di grandezza migliore di quelli ottenuti finora da altri esperimenti ed è confrontabile con quello dei fasci ottenuti con tecnologie tradizionali. Il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" è impegnato nell'esperimento con il Dr. Alessandro Cianchi, responsabile della beam instrumentation.

EUPRAXIA

Newsletter del Dipartimento di Fisica Marzo/Aprile 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il progetto EuPRAXIA, che mira a realizzare presso i laboratori Nazionali di

Frascati un acceleratore a plasma, è stato finanziato per un ammontare di 108 milioni euro nel decennio. Il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" è impegnato sia nella parte di realizzazione della macchina, con il Dr. Alessandro Cianchi, responsabile della parte di diagnostica del fascio di particelle, sia con il gruppo della Prof.ssa Silvia Morante, in particolar modo con il Dr. Francesco Stellato, responsabile degli esperimenti che sfrutteranno la radiazione del FEL.

AUDIO - ACOUSTIC DIAGNOSTICS

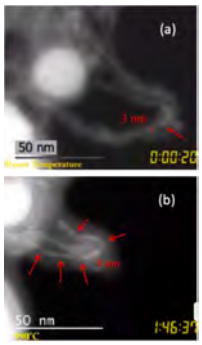
www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

I ricercatori dell'esperimento "AUDIO - Acoustic Diagnostics", il quarto dei sei esperimenti realizzati dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) per la missione Beyond dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), hanno lavorato per capire se l'udito degli astronauti può essere messo a rischio dalla microgravità e dai rumori a bordo della Stazione Spaziale Internazionale (ISS). Per valutare gli eventuali danni all'apparato uditivo, gli astronauti Luca Parmitano e Andrew Morgan sono stati sottoposti a test audiologici prima e dopo la missione. L'esperimento ha come responsabile scientifico il Dr. Arturo Moleti del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". I risultati permetteranno di evidenziare o di escludere danni all'apparato uditivo, anche di lieve entità e di natura transitoria, e avranno ricadute sulla progettazione di future missioni di lunga durata.

PROGETTO MAECI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

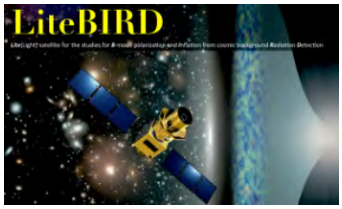
Il progetto bilaterale Italia-Quebec “Nanofili di Silicio (SiNW) per potenziali applicazioni in dispositivi ottici, elettronici ed optoelettronici”, coordinato dalla



Prof.ssa Paola Castrucci del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e cofinanziato dal MAECI per gli anni 2017-2019, si è recentemente concluso con successo sia scientifico che per la formazione congiunta di giovani italiani e canadesi. In collaborazione con il Prof. El-Khakani (INRS-Centre EMT, Varennes, Quebec) e la Dr.ssa Simona Boninelli (IMM-CNR, Catania), si sono studiate la sintesi per plasma a torcia, l'evoluzione per effetto della temperatura delle proprietà morfologiche ed optoelettroniche dei SiNW, le modalità di realizzazione di film flessibili di nanocompositi SiNW/polimero e le loro proprietà optoelettroniche per rispondere ad una delle sfide tecnologiche più ardite: lo sviluppo di dispositivi flessibili compatibili con i processi microelettronici standard.

ACCORDO ASI-LITEBIRD

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

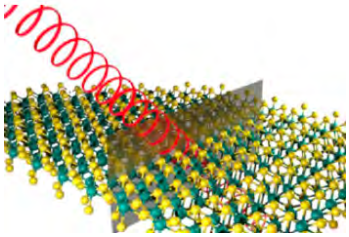


In data 29 Aprile 2020 il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha stipulato con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) l'Accordo Attuativo n. 2020-9-HH.0 dell'Accordo Quadro ASI-Università di Roma "Tor Vergata" n. 2016-28-H.0 per la "Partecipazione italiana alla fase A della missione LiteBIRD". Il Progetto, coordinato a livello nazionale dal Prof. Nicola Vittorio e della durata di 36 mesi, ha come obiettivo la partecipazione italiana allo studio di fase A della missione giapponese LiteBIRD, a seguito della selezione da parte della JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) a giugno 2019.

STUDIO TEORICO-COMPUTAZIONALE DELL'INSTABILITÀ ECCITONICA DI UN MONOSTRATO DI SOLFURO DI MOLIBDENO

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

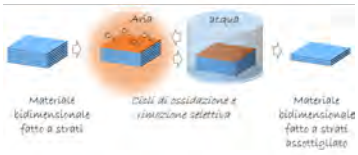
In un articolo appena pubblicato su Nature Nanotechnology (Marzo 2020), la



Prof.ssa Maurizia Palummo, del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", in collaborazione con Daniele Varsano, Elisa Molinari e Massimo Rontani (ricercatori del CNR-NANO di Modena e membri del Centro di Eccellenza Europeo MaX), utilizzando metodologie teorico-computazionali avanzate basate sulla meccanica quantistica, ha effettuato uno studio delle proprietà fondamentali di un nuovo materiale bidimensionale, il solfuro di molibdeno MoS2 nella fase tetragonale distorta T'. Combinando i calcoli da primi principi con un modello di campo medio auto-consistente, è stato mostrato come tale materiale bidimensionale oltre a essere un isolante topologico sia anche un isolante eccitonico. Lo studio di tale materiale rientra nella tematica del progetto 2DUTOPI finanziato lo scorso anno dall'Ateneo di "Tor Vergata" ed i calcoli della teoria delle perturbazioni a molti corpi sono stati eseguiti anche grazie al progetto di supercalcolo Europeo PRACE 2DOPTEL vinto nel 2018.

UN METODO SCALABILE PER IL CONTROLLO DELLO SPESSORE DI MATERIALI BIDIMENSIONALI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



In un articolo pubblicato sulla rivista ACS Nano (Marzo 2020), un team internazionale di scienziati coordinato dal Dr. Luca Camilli, vincitore del programma Giovani Ricercatori "Rita Levi Montalcini" e ricercatore presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", ha scoperto un metodo per controllare con precisione atomica lo spessore di materiali bidimensionali. In questo studio, gli autori dimostrano come usando la naturale interazione di questi materiali con l'aria sia possibile ridurne lo spessore fino al singolo strato atomico. Il metodo si basa su un semplice approccio chimico nel quale lo strato più esterno del materiale viene prima ossidato al contatto con aria, poi viene rimosso selettivamente quando immerso in acqua. Il lavoro è basato sullo studio di tre diversi materiali bidimensionali, $GeAs$, GeS e GeS_2, ma ci sono indicazioni che lo stesso possa funzionare anche per altri materiali bidimensionali di notevole interesse applicativo e tecnologico, come il fosforene e i dicalcogenuri di metalli di transizione.

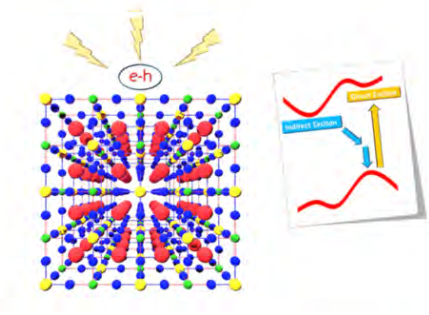
ANCORA UN RICERCATORE AL DIPARTIMENTO DI FISICA GRAZIE AL PROGRAMMA "RITA LEVI MONTALCINI"

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Luca Camilli è tra i vincitori del Programma per il reclutamento di giovani ricercatori "Rita Levi Montalcini", bandito e finanziato dal MIUR. È il quinto ricercatore del Programma che prende servizio presso il Dipartimento di Fisica dell'Ateneo di Roma "Tor Vergata". Luca Camilli, Laurea e Dottorato presso l'Università degli studi di Roma "Tor Vergata", ha trascorso come Research Associate un anno al Brookhaven National Laboratory (NY, USA) e più di 3 anni all'Università della Danimarca. È uno studioso in Scienze dei Materiali e si occupa principalmente della ricerca nell'ambito dei nanotubi di carbonio e dei materiali bidimensionali.

STUDIO DELLE PROPRIETÀ FONDAMENTALI DI PEROVSKITI DOPPIE SENZA PIOMBO

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



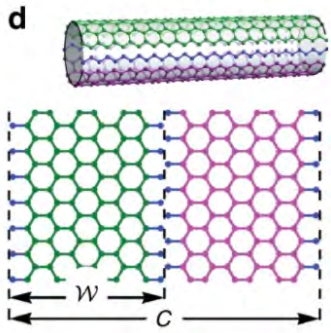
Le perovskiti ibride a base di alogenuro di piombo hanno rivoluzionato negli ultimi anni la scena delle celle solari flessibili e a basso costo, raggiungendo efficienze fotovoltaiche superiori al 25%. Nonostante ciò, la scarsa stabilità, dovuta al componente organico e la tossicità, associata alla presenza di piombo, sono due problemi fondamentali che ne impediscono la diffusione sul mercato. In un recente lavoro, a cui contribuisce la Prof.ssa Maurizia Palummo del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e pubblicato sulla prestigiosa rivista ACS Energy

Letters, grazie all'uso di accurati metodi ab-initio teorico/computazionali di stato fondamentale ed eccitato, si è elucidata la natura delle eccitazioni ottiche proponendo come la presenza di eccitoni legati diretti ed indiretti possa spiegare perfettamente la differenza energetica misurata fra il picco principale di assorbimento e di luminescenza.

$2N+4$-RULE AND AN ATLAS OF BULK OPTICAL RESONANCES OF ZIGZAG GRAPHENE NANORIBBONS

Newsletter del Dipartimento di Fisica Gennaio/Febbraio 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



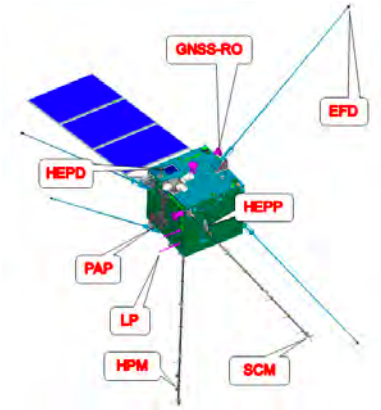
Il continuo sviluppo di nuovi nanocircuiti optoelettronici integrati su chip basati su carbonio richiede una caratterizzazione strutturale rapida e non invasiva dei loro elementi costitutivi. I recenti progressi nella sintesi di nanotubi di carbonio a parete singola e di nanoribbons (nano-nastri) di grafene ne consentono l'uso come componenti atomicamente precisi. Tuttavia, mentre sono disponibili dati sperimentali catalogati per la caratterizzazione strutturale dei nanotubi di carbonio, un tale "atlante" è assente per i nanoribbons di grafene. Nell'articolo "2N+4-rule and an atlas of bulk optical resonances of zigzag graphene nanoribbons" gli autori, tra cui Olivia Pulci e Davide Grassano del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", analizzano teoricamente le risonanze di assorbimento ottico dei nanotubi di carbonio "armchair" e dei nanoribbons di grafene a zig-zag, studiandone le proprietà al variare delle dimensioni.

LIMADOU-2

Newsletter del Dipartimento di Fisica Gennaio/Febbraio 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

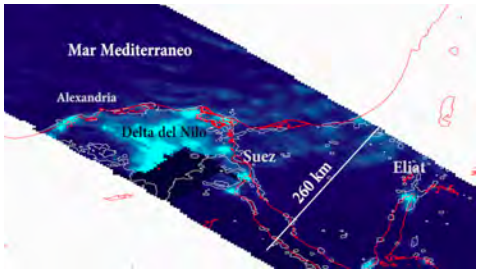
Il 16 Dicembre 2019 è stata la data di inizio del progetto LIMADOU-2 tra l'Agenzia Spaziale Italiana, L'INFN, l'INAF, l'INGV e varie università italiane, tra le quali ruolo primario è svolto dal Dipartimento di Fisica dell'Università degli



Studi di Roma Tor Vergata (responsabile è la Prof. Roberta Sparvoli). Il progetto, svolto in stretta collaborazione con l'Agenzia Spaziale Cinese e vari enti di ricerca cinesi, prevede la messa in orbita del secondo satellite della classe CSES, dedicato al monitoraggio dell'attività sismica e dell'ambiente di radiazione intorno alla terra. In particolare il nuovo contratto appena iniziato coprirà le attività di progettazione, costruzione, test e messa in orbita - da parte della collaborazione italiana - di un rivelatore di particelle ed uno di campo elettrico, da alloggiare sul satellite. CSES-02 volerà in contemporanea alla prima missione, CSES-01, iniziato a Febbraio 2018, aumentandone così le capacità osservative e prolungando l'operatività dell'intera missione per un arco di vita di circa 10 anni.

PROSEGUONO LE OSSERVAZIONI DEL TELESCOPIO MINI-EUSO SULLA STAZIONE SPAZIALE INTERNAZIONALE

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Proseguono le osservazioni del telescpio Mini-EUSO a bordo della Stazioen Spaziale Internazionale. L'apparato osserva la Terra dal modulo russo Zvezda della Stazione, registrando le emissioni ultraviolette di origine cosmica, atmosferica e terrestre. Una delle caratteristiche principali dell'apparato è la capacità di effettuare osservazioni su diverse scale temporali, da qualche microsecondo in su, e di poter correlare i dati nell'ultravioletto con quelli provenienti da due telecamere supplementari, sensibili nelle bande del visibile e del vicino infrarosso. PI dell'esperimento è il Dr. Marco Casolino, primo ricercatore presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata e Professore Aggregato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

In questa sezione trovano spazio gli estratti di articoli scientifici, pubblicati nell'anno solare 2020, sottomessi dalla comunità scientifica del Dipartimento di Fisica e della sezione INFN Roma Tor Vergata.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

ANDREANI CARLA

SENESI ROBERTO

AUTORI:

CARLA ANDREANI, GIOVANNI ROMANELLI, ALEXANDRA PARMENTIER, ROBERTO SENESI, ALEXANDER I KOLESNIKOV, ET AL.

RIVISTA (DOI):

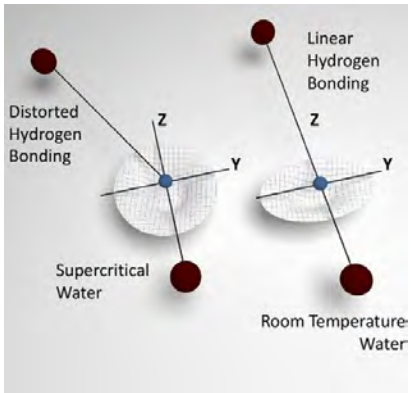
THE JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS

10.1021/ ACS.JPCLETT.0C02547

AMBITO DI RICERCA:

FISICA APPLICATA, SISTEMI A LEGAME IDROGENO, SPETTROSCOPIA DI NEUTRONI

HYDROGEN DYNAMICS IN SUPERCRITICAL WATER PROBED BY NEUTRON SCATTERING AND COMPUTER SIMULATIONS



Come si comporta il legame a idrogeno in condizioni estreme? Lo stato sopracritico di una sostanza si ottiene in condizioni di pressione e temperatura superiori al punto critico, al di là del quale non è possibile distinguere fasi liquide o gassose, ma la sostanza appare solamente in forma di un fluido di densità variabile. Sebbene l'utilizzo tecnologico dei fluidi sopracritici sia molto esteso nei settori dell'industria estrattiva, della cosmetica per l'estrazione di essenze, e nella fabbricazione di nano e micro particelle, la comprensione della fisica dello stato sopracritico è molto limitata rispetto al caso dei liquidi e gas al di sotto del punto critico. Un caso particolarmente rilevante è quello dell'acqua sopracritica, che si ottiene portando l'acqua a temperature superiori a 648 K e pressioni superiori a 22 Mpa. In particolare, in condizioni sopracritiche, la descrizione delle proprietà microscopiche quali il comportamento dei legami a idrogeno, all'origine delle peculiari interazioni fra le molecole d'acqua che rendono questo sistema così particolare e ricco di fasi di aggregazione, è ancora non compreso in maniera soddisfacente per la mancanza di dati sperimentali estesi e modelli teorici di livello atomistico. Il lavoro congiunto del gruppo di spettroscopia neutronica di Tor Vergata e quello di modellistica teorica e computazionale del Prof. Roberto Car di Princeton, ha permesso di osservare la distorsione dei legami a idrogeno nelle fasi sopracritiche, e di dimostrare la persistenza del legame a idrogeno per temperature fino a 823 K, pressioni fino a 25 MPa, e densità pari a 0.078 g/cm^3, vale a dire oltre dieci volte inferiori alla densità della comune acqua liquida.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

ARCIPRETE FABRIZIO

AUTORI:

F. ARCIPRETE, E. TISBI, E. PLACIDI, R. MAGRI, P. PROSPOSITO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

PHYSICAL REVIEW APPLIED

10.1103/PHYSREVAPPLIED.14.014028

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA

INCREASING OPTICAL EFFICIENCY IN THE TELECOMMUNICATION BANDS OF STRAIN-ENGINEERED $Ga(As, Bi)$ ALLOYS

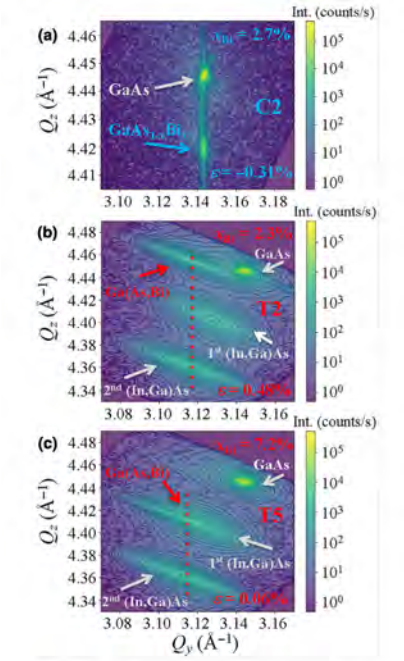


FIG. 2. Reciprocal space maps of three representative samples: (a) Ga(As, Bi) layer under compressive strain (C2) on a GaAs substrate, (b) Ga(As, Bi) layer under tensile strain (T2) grown on a partially relaxed $In_{0.2}Ga_{0.8}As/In_{0.1}Ga_{0.9}As$ double layer, and (c) Ga(As, Bi) layer grown under quasimatched conditions (T5) on a partially relaxed $In_{0.2}Ga_{0.8}As/In_{0.1}Ga_{0.9}As$ double layer. Red dotted lines highlight the final Q_y position of the second (In, Ga)As layer.

La ricerca di materiali semiconduttori che presentino proprietà ottiche ottimizzate a specifiche lunghezze d'onda si basa sulla possibilità di manipolarne la struttura a bande utilizzando il confinamento quantistico, gli effetti di deformazione del reticolo e l'aggiunta di quantità diluite di impurità quali il Bi. In questo lavoro, abbiamo studiato la possibilità di ingegnerizzare le proprietà strutturali e fisiche della lega $Ga(As, Bi)$ impiegando diverse condizioni di deformazione del reticolo durante la crescita del materiale. Mediante la tecnica di epitassia da fasci molecolari si sono cresciuti *film* con concentrazioni variabili di Bi sia direttamente su substrati di $GaAs$ (001) sia dopo la deposizione di strati parzialmente rilassati di $(In, Ga)As$ agenti come *stressors* in grado di sottoporre i *film* a sforzi di compressione e di trazione. Attraverso una combinazione di diverse tecniche di caratterizzazione strutturale ed elettronica e calcoli di teoria del funzionale-densità abbiamo dimostrato che è possibile crescere leghe di $Ga(As, Bi)$ in diverse condizioni di deformazione senza influire sulla sua qualità cristallina. Le diverse condizioni di *stress* hanno un forte impatto sull'incorporazione del Bi nella matrice di $GaAs$ e sulle proprietà di luminescenza. L'efficienza radiativa del materiale risulta fortemente aumentata quando la lega è cresciuta sotto sforzo di trazione e si osserva un interessante *redshift* dell'emissione. Questi due effetti ci consentono di raggiungere l'importante emissione di fotoluminescenza a 1.3 μm con una bassa concentrazione di Bi, 4.9%, se confrontata al 7.5% necessario per i campioni cresciuti sotto sforzo compressivo. Questo è un risultato significativo per l'applicazione della lega $Ga(As, Bi)$ nei dispositivi optoelettronici.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BALBI AMEDEO

AUTORI:

AMEDEO BALBI, CLAUDIO GRIMALDI.

RIVISTA (DOI):

PNAS

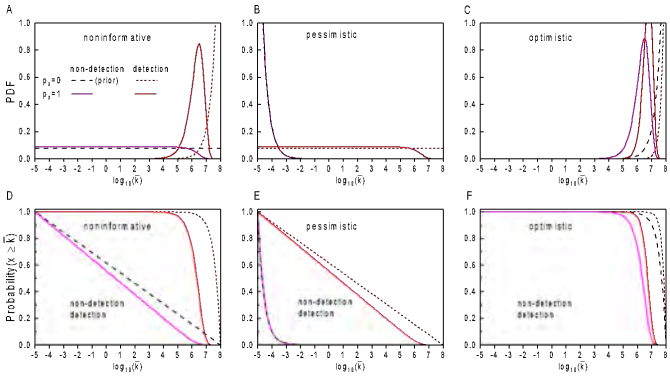
10.1073/PNAS.2007560117

AMBITO DI RICERCA:

ASTROBIOLOGIA, ESOPIANETI

Dipartimento di Fisica

QUANTIFYING THE INFORMATION IMPACT OF FUTURE SEARCHES FOR EXOPLANETARY



La ricerca della vita su mondi extrasolari attraverso il rilevamento spettroscopico di marcatori biologici è tra gli sforzi scientifici più convincenti dei prossimi decenni. Questo articolo esplora le implicazioni della scoperta o, al contrario, dell'esclusione, della presenza di firme biologiche rilevabili sui pianeti fino a poche decine di anni luce dalla Terra, una distanza alla portata di ricerche future. Usando una metodologia bayesiana, dimostriamo che non rilevare le firme biologiche in tale volume di osservazione non porterebbe informazioni aggiuntive sulla popolazione galattica di esopianeti che ospitano la vita. Al contrario, se la vita fosse sorta in modo indipendente su altri pianeti, il rilevamento anche di una singola firma biologica implicherebbe con il 95% di probabilità l'esistenza di 10^5 pianeti abitati nella nostra galassia, un numero superiore a quello delle pulsar. Il presunto trasferimento interstellare della vita tra un pianeta e l'altro, attraverso il meccanismo della panspermia, può, tuttavia, abbassare significativamente questa stima.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BASSAN MASSIMO

AUTORI:

DAVID LUCCHESI, MASSIMO VISCO, ROBERTO PERON, MASSIMO BASSAN , GIUSEPPE PUCACCO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

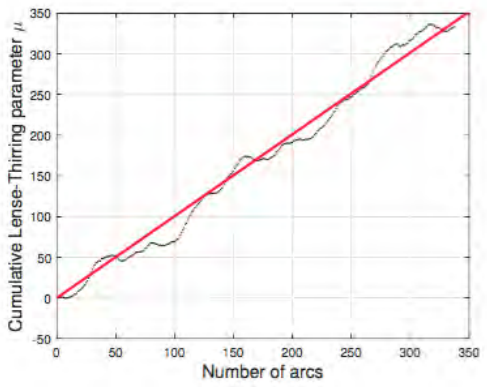
UNIVERSE

10.3390/ UNIVERSE6090139

AMBITO DI RICERCA:

GRAVITOMAGNETI-SMO, GRAVITAZIONE SPERIMENTALE

A 1% MEASUREMENT OF THE GRAVITOMAGNETIC FIELD OF THE EARTH WITH LASER-TRACKED SATELLITES



Il moto dei satelliti geodetici LAGEOS, LAGEOS II, and LARES viene monitorato dalla data del lancio (1978, 1991 e 2012, rispettivamente) con grande accuratezza mediante il tracciamento laser (Satellite Laser Tracking) da varie stazioni terrestri. Le orbite sono definite, attualmente, con precisione inferiore al cm. Nel moto di questi satelliti si riconoscono ormai con chiarezza diversi effetti non Newtoniani, ma previsti dalla Relatività Generale. In questa pubblicazione abbiamo descritto una nuova misura dell'effetto Lense-Thirring: una manifestazione del Gravitomagnetismo (curvatura dello spazio-tempo dovuto ad una massa rotante) della Terra. Rispetto a misure precedenti effettuate con la stessa metodologia, questa analisi ha migliorato lo studio delle perturbazioni, gravitazionali e non, che agiscono sulle orbite dei satelliti, e ridotto l'incertezza sulla misura finale ad un valore dell' 1.6 %. La misura conferma, con migliorata precisione, l'accordo con la predizione della Relatività Generale.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BELLI PIERLUIGI

AUTORI:

PIERLUIGI BELLI, R. BERNABEI, F. CAPPELLA, V. CARACCIOLO, R. CERULLI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

PHYSICAL REVIEW C

10.1103/PHYSREVC.102.024605

AMBITO DI RICERCA:

RICERCA DI PROCESSI NUCLEARI RARI

SEARCH FOR α DECAY OF NATURALLY OCCURRING OSMIUM NUCLIDES ACCOMPANIED BY γ QUANTA

L'interesse scientifico per il decadimento α, fenomeno scoperto più di 100 anni fa, è ancora grande sia dal punto di vista teorico che sperimentale. Vari modelli teorici sono continuamente sviluppati o migliorati, motivati dalla ricerca di isotopi superpesanti stabili o di lunga durata e dalle previsioni delle loro emivite. I miglioramenti nella sensibilità sperimentale, soprattutto legati all'uso di setup a bassissimo fondo situati in laboratori sotterranei, hanno portato nell'ultimo decennio alla scoperta di decadimenti α estremamente rari, che non erano stati osservati in precedenza a causa della loro emivita estremamente lunga. Tutti i sette isotopi dell'osmio presenti in natura sono potenzialmente instabili rispetto al decadimento α, tuttavia solo per due di essi sono state ottenute indicazioni sulla loro esistenza. Si è quindi realizzata una ricerca di attività α accompagnata dall'emissione di raggi γ negli isotopi di osmio utilizzando un rivelatore germanio di bassissimo fondo situato al Laboratorio Nazionale del Gran Sasso dell'INFN. Come sorgente dei decadimenti è stato utilizzato un campione di osmio ultra-puro con massa di 118 g, composto da sottili strati di osmio con uno spessore medio di 0,88 mm, posizionato in prossimità del rivelatore germanio (come riportato in Figura). La composizione isotopica del campione di osmio è stata misurata con precisione con spettrometria di massa. Poiché non sono stati osservati raggi γ previsti nei decadimenti cercati, si sono posti limiti inferiori sulle emivite dei processi al livello di $10^{15} - 10^{19}$ anni. È in corso una nuova fase dell'esperimento utilizzando una geometria avanzata con il campione di osmio posizionato direttamente sul rivelatore germanio all'interno del suo criostato per aumentare l'efficienza di rivelazione.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BENZI ROBERTO

AUTORI:

PINAKI KUMAR, EVANGELOS KORKOLIS, ROBERTO BENZI, DMITRY DENISOV, ANDRÉ NIEMEIJER, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

SCIENTFIC REPORTS NATURE RESEARCH

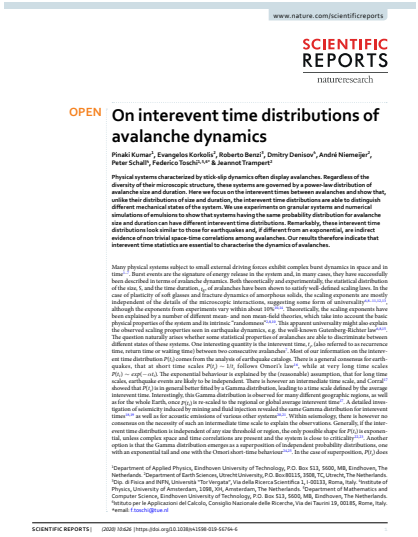
10.1038/S41598-019-56764-6

AMBITO DI RICERCA:

GENERAZIONE DI VALANGHE, SISTEMI AMORFI, TERREMOTI

Dipartimento di Fisica

ON INTEREVENT TIME DISTRIBUTIONS OF AVALANCHE DYNAMICS



www.nature.com/scientificreports

SCIENTIFIC REPORTS
nature research

OPEN

On interevent time distributions of avalanche dynamics

Pinaki Kumar[1], Evangelos Korkolis[2], Roberto Benzi[3], Dmitry Denisov[4], André Niemeijer[2], Peter Schall[4], Federico Toschi[2,4,5] & Jeannot Trampert[2]

Physical systems characterized by stick-slip dynamics often display avalanches. Regardless of the diversity of their microscopic structure, these systems are governed by a power-law distribution of avalanche size and duration. Here we focus on the interevent times between avalanches and show that, unlike their distributions of size and duration, the interevent time distributions are able to distinguish different mechanical states of the system. We use experiments on granular systems and numerical simulations of emulsions to show that systems having the same probability distribution for avalanche size and duration can have different interevent time distributions. Remarkably, these interevent time distributions look similar to those for earthquakes and, if different from an exponential, are indirect evidence of non trivial space-time correlations among avalanches. Our results therefore indicate that interevent time statistics are essential to characterise the dynamics of avalanches.

Many physical systems subject to small external driving forces exhibit complex burst dynamics in space and in time[1–7]. Burst events are the signature of energy release in the system and, in many cases, they have successfully been described in terms of avalanche dynamics. Both theoretically and experimentally, the statistical distribution of the size, S, and the time duration, t_D, of avalanches have been shown to satisfy well-defined scaling laws. In the case of plasticity of soft glasses and fracture dynamics of amorphous solids, the scaling exponents are mostly independent of the details of the microscopic interactions, suggesting some form of universality[8–10,11,12], although the exponents from experiments vary within about 10%[10,12]. Remarkably, the scaling exponents have been explained by a number of different mean- and non mean-field theories, which take into account the basic physical properties of the system and its intrinsic "randomness"[8,9,13]. This apparent universality might also explain the observed scaling properties seen in earthquake dynamics, e.g. the well-known Gutenberg-Richter law[14,15]. The question naturally arises whether some statistical properties of avalanches are able to discriminate between different states of these systems. One interesting quantity is the interevent time, t_r (also referred to as recurrence time, return time or waiting time) between two consecutive avalanches[7]. Most of our information on the interevent time distribution $P(t_r)$ comes from the analysis of earthquake catalogs. There is a general consensus for earthquakes, that at short time scales $P(t_r) \sim 1/t_r$ (Omori's law[16], while at very long time scales $P(t_r) \sim \exp(-\alpha t_r)$. The exponential behaviour is explained by the (reasonable) assumption, that for long time scales, earthquake events are likely to be independent. There is however an intermediate time scale, and Corral[17] showed that $P(t_r)$ is in general better fitted by a Gamma distribution, leading to a time scale defined by the average interevent time. Interestingly, this Gamma distribution is observed for many different geographic regions, as well as for the whole Earth, once $p(t_r)$ is re-scaled to the regional or global average interevent time[17]. A detailed investigation of seismicity induced by mining and fluid injection revealed the same Gamma distribution for interevent times[18,19] as well as for acoustic emissions of various other systems[20,21]. Within seismology, there is however no consensus on the necessity of such an intermediate time scale to explain the observations. Generally, if the interevent time distribution is independent of any size threshold or region, the only possible shape for $P(t_r)$ is exponential, unless complex space and time correlations are present and the system is close to criticality[22,23]. Another option is that the Gamma distribution emerges as a superposition of independent probability distributions, one with an exponential tail and one with the Omori short-time behaviour[24,25]. In the case of superposition, $P(t_r)$ does

[1]Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600, MB, Eindhoven, The Netherlands. [2]Department of Earth Sciences, Utrecht University, P.O. Box80115, 3508, TC, Utrecht, The Netherlands. [3]Dip. di Fisica and INFN, Università "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica 1, I-00133, Roma, Italy. [4]Institute of Physics, University of Amsterdam, 1098, XH, Amsterdam, The Netherlands. [5]Department of Mathematics and Computer Science, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600, MB, Eindhoven, The Netherlands. [6]Istituto per le Applicazioni del Calcolo, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via dei Taurini 19, 00185, Roma, Italy. *email: f.toschi@tue.nl

SCIENTIFIC REPORTS | (2020) 10:626 | https://doi.org/10.1038/s41598-019-56764-6

Le valanghe sono un fenomeno che si osserva abbastanza frequentemente su pendii ripidi nel caso in cui due masse di diversa densità slittano una rispetto all'altra. In fisica, il concetto di valanga è più generale e si riferisce al fenomeno del brusco rilascio di energia di un qualunque sistema sottoposto o meno all'azione di forze esterne. Una caratteristica che distingue le valanghe da altre forme di dissipazione dell'energia è il fatto che una parte considerevole del sistema partecipa in un modo o nell'altro al processo di dissipazione. In questo senso, anche i terremoti sono considerati un caso particolare di valanghe così come lo sono i flares solari. Per molto tempo i fisici si sono concentrati a comprendere il meccanismo che determina la grandezza o "size" delle valanghe e hanno prodotto convincenti risultati che la grandezza delle valanghe soddisfano ad una legge di scala tipo quella nota con il nome di Guttenberg-Richter. Molto poco è stato fatto per capire le proprietà dei tempi di occorrenza di questi fenomeni. In questo lavoro mostriamo che i tempi fra le valanghe, in alcuni casi, possono essere significativamente correlati fra loro. Il punto rilevante è che questo fenomeno si osserva in condizioni "controllate" di laboratorio e nelle simulazioni numeriche. Simili osservazioni sono anche riportate per i terremoti e in altri fenomeni naturali. Questo risultato smentisce l'idea comunemente accettata che i tempi fra questi eventi estremi siano casuali o impredicibili. Le correlazioni fra i tempi di occorrenza delle valanghe dipendono dalle proprietà fisiche del sistema, qui dimostrato per la prima volta. Tale effetto tiene conto di molte contraddizioni riportate in letteratura in questo tipo di studi. Ad esempio, nel caso dei terremoti, gli eventi estremamente profondi rispetto alla superficie non sembrano mostrare questo effetto. Ulteriori conferme di questi risultati possono aprire la strada alla possibilità di definire una vera e propria "memoria" del sistema e una conseguente possibilità di prevedere la formazione delle valanghe.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BERNABEI RITA

AUTORI:

R. BERNABEI, P. BELLI, A. BUSSOLOTTI, F. CAPPELLA, V. CARACCIOLO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS

10.1016/J.PPNP.2020.103810

AMBITO DI RICERCA:

STUDIO DELLA MATERIA OSCURA NELL'ALONE GALATTICO

Dipartimento di Fisica

THE DAMA PROJECT: ACHIEVEMENTS, IMPLICATIONS AND PERSPECTIVES

Contents lists available at ScienceDirect

Progress in Particle and Nuclear Physics

Review

The DAMA project: Achievements, implications and perspectives

R. Bernabei, P. Belli, A. Bussolotti, F. Cappella, V. Caracciolo, R. Cerulli, C.J. Dai, A. d'Angelo, A. Di Marco, N. Ferrari, A. Incicchitti, X.H. Ma, A. Mattei, V. Merlo, F. Montecchia, X.D. Sheng, Z.P. Ye

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Osservazioni sperimentali e argomenti teorici su scala galattica e su scala più ampia hanno evidenziato che una grande frazione dell'Universo deve essere in forma di particelle di materia oscura (DM). Ciò ha motivato i pionieristici sforzi sperimentali del progetto DAMA per indagare la presenza di tali particelle nell'alone galattico, sfruttando una marcatura indipendente da modelli e apparati estremamente radio-puri collocati nel sottosuolo profondo. In questo lavoro, dopo una parte introduttiva, viene esaminato l'effetto di modulazione annuale indi-pendente da modelli misurato su molti anni dalla collaborazione DAMA, con varie configurazioni sperimentali descritte. Nella regione energetica tra 2 e 6 keV, i dati del primo apparato sperimentale DAMA/NaI, e di quello di seconda generazione nelle sue due fasi: DAMA/LIBRA-fase1 e DAMA/LIBRA-fase2 (esposizione complessiva: 2,46 ton × anno) confermano l'evidenza di un segnale che soddisfa tutti i diversi requisiti specifici della marcatura studiata indipendente da modello, a livello di confidenza di 12,9σ. La configurazione DAMA/LIBRA-fase2, beneficiando di nuovi fotomoltiplicatori ad alta efficienza quantistica, nuova elettronica e altri miglioramenti rispetto a DAMA/LIBRA-fase1, ha anche permesso la conferma di tale evidenza fino ad una soglia energetica software di 1 keV. Sono forniti elementi sui confronti con risultati di attività diverse. La complessità e le incertezze di studi corollari dipendenti da modelli su correlati scenari di fisica delle particelle, nucleare e astrofisica sono richiamate, e alcune delle molte possibilità esaminate. Sono anche riassunti sforzi per una fase potenziata dell'esperimento, menzionando le strategie ed i risultati ottenuti con vari sviluppi.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BERRILLI FRANCESCO

AUTORI:

ALBERTO BIGAZZI, CARLO CAULI, FRANCESCO BERRILLI

RIVISTA (DOI):

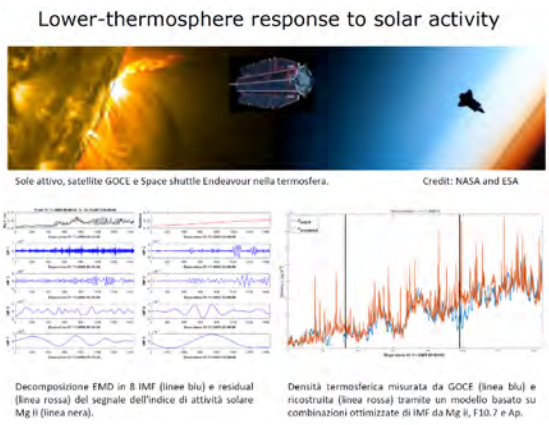
ANNALES GEOPHYSICAE

10.5194/ ANGEO-38-789-2020

AMBITO DI RICERCA:

RELAZIONI SOLE-TERRA E SPACE WEATHER

LOWER-THERMOSPHERE RESPONSE TO SOLAR ACTIVITY: AN EMPIRICAL-MODE-DECOMPOSITION ANALYSIS OF GOCE 2009-2012 DATA



La termosfera è la regione dell'atmosfera terrestre che si estende da circa 80 km sopra il livello del mare fino ai confini con la esosfera. Il nome ci ricorda che la temperatura cinetica del gas cresce in questa regione a causa dell'assorbimento della radiazione solare dall'UV fino all'ultravioletto estremo (XUV); la stessa radiazione che è responsabile della presenza di strati di gas ionizzati (costituenti la ionosfera). La termosfera è di particolare interesse per la scienza spaziale in quanto ospita la gran parte dei detriti spaziali e dei satelliti in orbita LEO (Low Earth Orbit), inclusa la Stazione Spaziale Internazionale. Dunque la termosfera è l'unica regione dell'alta atmosfera ormai stabilmente abitata da esseri umani. Oggi sappiamo che la radiazione UV-XUV solare è altamente variabile, sia temporalmente che spazialmente, al contrario della radiazione visibile e infrarossa che è sostanzialmente costante con una variabilità non superiore a circa lo 0,1%. La termosfera risponde a questa forte variabilità UV e XUV del Sole modificando la propria struttura e la propria densità. Analizzando i dati di densità termosferica prodotti dai sensibilissimi accelerometri della missione gravitazionale GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer) dell'ESA e confrontandoli con le serie temporali di indici solari, come l'indice Mg II e F10.7, e geomagnetici, indice Ap, abbiamo studiato la risposta della bassa-termosfera (260 km di quota di GOCE) all'attività solare. Decomponendo i segnali di densità e dei diversi indici in funzioni IMF, per mezzo della tecnica EMD (Empirical Mode Decomposition), abbiamo definito una relazione empirica, calibrata sul ciclo solare 24, per la ricostruzione della densità termosferica basata su combinazioni ottimizzate di IMF.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BIANCHI MASSIMO

AUTORI:

MASSIMO BIANCHI, MAURIZIO FIRROTTA

RIVISTA (DOI):

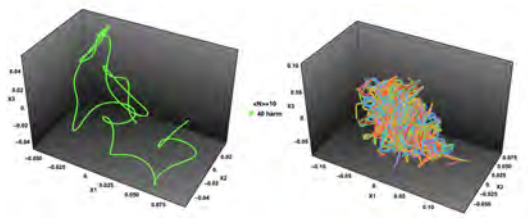
NUCLEAR PHYSICS B

10.1016/J.NUCLPHYSB.2020.114943

AMBITO DI RICERCA:

FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI, TEORIA DELLE STRINGHE

DDF OPERATORS, OPEN STRING COHERENT STATES AND THEIR SCATTERING AMPLITUDES



Processi con fotoni, gravitoni ed altre eccitazioni di stringa a massa nulla sono stati più che ampiamente studiati ed hanno permesso di identificare potenziali correzioni alle teorie quantistiche delle interazioni fondamentali. Eventi estremi, come le collisioni di buchi neri o di stringhe cosmiche, coinvolgono anche stati macroscopici di stringa con massa e spin elevati, descritti da stati coerenti che si comportano in maniera quasi classica. Nel presente lavoro, usando il formalismo sviluppato da Del Giudice, Di Vecchia e Fubini (DDF), elaboriamo un metodo preciso ed efficiente per lo studio delle interazioni di stati coerenti di stringhe bosoniche aperte. Dopo aver mostrato che i loro profili classici diventano sempre più intricati e compatti all'aumentare del numero di armoniche a massa e spin fissati, calcoliamo le ampiezze di probabilità di vari processi quantistici all'ordine più basso in teoria delle perturbazioni. Per ampiezze di diffusione con tre e/o quattro inserzioni sul bordo di un disco di stati coerenti, bosoni scalari (tachioni) e vettoriali (fotoni), troviamo che il risultato esponenzia in maniera rimarchevole. Quindi studiamo il limite di alta energia ad angolo di diffusione fisso, dominato da un nuovo punto di sella dell'ampiezza quando sono presenti stati coerenti, e il comportamento delle ampiezze nel limite `soffice', ottenuto mandando a zero l'energia di un fotone. Infine, indichiamo come generalizzare la nostra analisi ai casi con molte D-brane intersecanti e magnetizzate e alle stringhe chiuse.

FIGURA: Profilo 3D di stringa bosonica aperta con 40 armoniche differenti e massa media quadrata $M^2 = 9/\alpha'$ e sua evoluzione temporale. Profili a tempi diversi sono identificati da colori diversi

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BIFERALE LUCA

AUTORI:

PATRICIO CLARK DI LEONI, ANDREA MAZZINO, LUCA BIFERALE

RIVISTA (DOI):

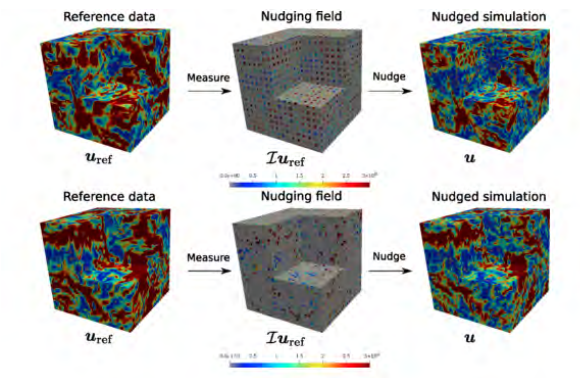
PHYSICAL REVIEW X

10.1103/ PHYSREVX.10.011023

AMBITO DI RICERCA:

FISICA TEORICA E DINAMICA DEI FLUIDI

SYNCHRONIZATION TO BIG DATA: NUDGING THE NAVIER-STOKES EQUATIONS FOR DATA ASSIMILATION OF TURBULENT FLOWS



Il nudging è un'importante tecnica di assimilazione dei dati in cui misurazioni parziali di un campo fisico vengono utilizzate per controllare l'evoluzione di un sistema dinamico e / o per ricostruire l'intera configurazione spazio-temporale del flusso fornito. Qui lo applichiamo al problema canonico della dinamica dei fluidi: la turbolenza tridimensionale omogenea e isotropa. Facendo degli esperimenti numerici, eseguiamo una valutazione sistematica di quanto bene la tecnica ricostruisca le caratteristiche su larga e piccola scala del flusso rispetto alla quantità, alla qualità o al tipo di dati forniti. I tipi di dati utilizzati sono (i) valori di campo su un numero fisso di posizioni spaziali (Eulerian nudging), (ii) coefficienti di Fourier dei campi su un intervallo fisso di numeri d'onda (Fourier nudging) o (iii) valori di campo lungo una serie di sonde mobili all'interno del flusso (Lagrangian nudging). Discutiamo, inoltre, ulteriori applicazioni del nudging ad una serie di configurazioni turbolente rilevanti per la fisica applicata, incluso il problema della ricostruzione del campo nella convezione termica di Rayleigh-Bénard e nella magnetoidrodinamica, e alla determinazione della parametrizzazione ottimale per la modellazione turbolenta su piccola scala.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BONANNI BEATRICE

AUTORI:

BEATRICE BONANNI, MASSIMO FANFONI, ANNA SGARLATA, FABRIZIO CAROLEO, ROBERTO PAOLESSE, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

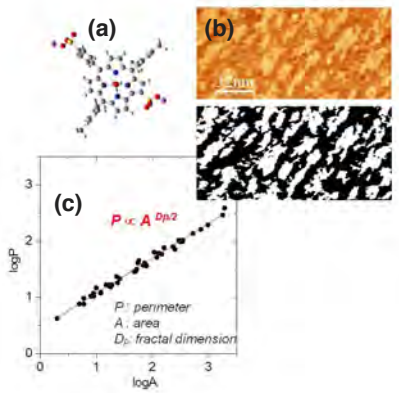
JOURNAL OF PORPHYRINS AND PHTHALOCYANINES

10.1142/S1088424620500078

AMBITO DI RICERCA:

FISICA SPERIMENTALE DELLA MATERIA

PERIMETER FRACTAL DIMENSION ANALYSIS OF CORROLE ISLANDS ON $Au(111)$ AT THE SOLID-WATER INTERFACE



Le porfirine e i loro derivati, tra cui i corroli, sono molecole organiche dotate di proprietà che le rendono adatte per applicazioni nel campo dei sensori, dei processi di catalisi o in campo medico. Molte di queste applicazioni richiedono la deposizione delle molecole su un substrato conduttivo e implicano il funzionamento all'interfaccia solido-liquido. In letteratura mancano studi sistematici in soluzione sulla deposizione controllata di corroli su substrati di interesse applicativo, aspetto chiave per ottimizzare la risposta del film di molecole. Abbiamo precedentemente studiato, mediante STM in liquido, la deposizione del P-corrolo (Fig.1 a) su $Au(111)$ all'interfaccia solido-liquido (Chemistry, Eur. J. 2018). In Figura 1 b è mostrata una tipica immagine STM del substrato di $Au(111)$ in soluzione acquosa di corroli: le molecole formano aggregati (isole) stabili sul substrato, nonostante l'interazione tra le molecole e l'oro sia del tipo Van der Waals. Le isole, delimitate da bordi frastagliati, hanno una altezza tipica di 0.25 nm, consistente con l' ordinamento piatto delle molecole. Per una descrizione quantitativa del film di corroli su scala nanometrica, abbiamo analizzato l'andamento del perimetro delle isole al variare della loro area (Fig. 1 c). Il best fit dei dati con la relazione $P \propto A^{D_p/2}$ fornisce la dimensione frattale del perimetro, $D_p/2 = 1.24$. Tale valore corrisponde ad un più rapido aumento dei perimetri rispetto alla radice quadrata delle aree, coerentemente con l'aumento della tortuosità delle isole al loro crescere. L'approccio proposto in questo articolo apparso su rivista specializzata, si è rivelato uno strumento efficace per quantificare le proprietà morfologiche degli strati organici su scala nanometrica e ha permesso, in articoli successivi (J. Phys. Chem. C, 2021), un confronto quantitativo delle caratteristiche geometriche e strutturali di film di molecole in altri sistemi.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

BONO GIUSEPPE

AUTORI:

G. BONO, V. F. BRAGA, G. FIORENTINO, M. SALARIS, A. PIETRINFERNI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

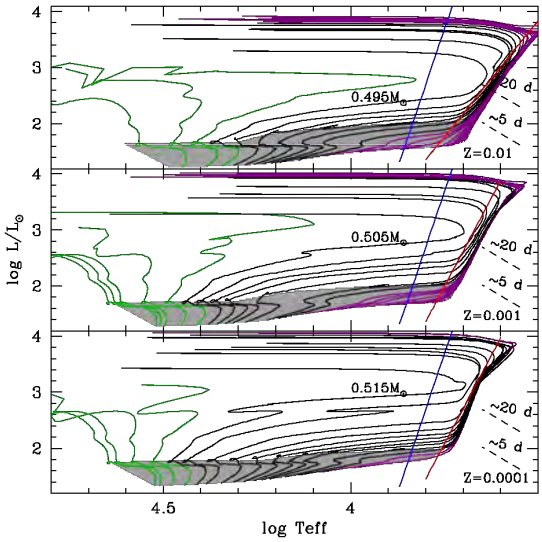
ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS

10.1051/0004-6361/202038191

AMBITO DI RICERCA:

ASTROFISICA STELLARE

EVOLUTIONARY AND PULSATION PROPERTIES OF TYPE II CEPHEIDS



Le Cefeidi di Tipo II (TIICs) sono stelle variabili utilizzate sia per la determinazione delle distanze che come traccianti di popolazioni stellari antiche ($t > 10$). Le TIICs consentirono a Baade di scoprire la differenza tra popolazioni stellari giovani, ricche di metalli e popolazioni stellari antiche, povere di metalli della nostra Galassia. Le Cefeidi utilizzate da Hubble, nelle prime stime della costante che ora porta il suo nome, erano affette da un errore sistematico perché includevano sia stelle giovani (Cefeidi Classiche) che antiche (TIICs). L'impatto della scoperta di Baade venne sintetizzato in un'espressione icastica in cui si sosteneva che l'Universo noto fosse stato raddoppiato da Baade! Le recenti survey fotometriche e il satellite Gaia ci hanno consentito di migliorare la conoscenza delle loro proprietà. Tuttavia, lo scenario evolutivo presentava delle discrepanze con le osservazioni. Per sanare questa divergenza abbiamo effettuato uno studio dettagliato delle proprietà evolutive e pulsazionali. Abbiamo trovato che le diverse tipologie (BL Herculis, W Virginis, RV Tauri) hanno progenitori comuni ed una correlazione inversa tra massa e luminosità (!), migliorando quindi il loro uso come candele campione.

Figura: Diagramma di Hertzsprung-Russell per modelli di Ramo Orizzontale (HB) al variare della massa ($M/M_{\odot} = 0.48 - 0.90$) e a fissata composizione chimica (Z[metalli]=0.01, Y[elio]=0.259). L'area grigia evidenzia l'HB di Eta' Zero (ZAHB) e l'esaurimento dell'elio. Le linee verdi, nere e viola mostrano gli "AGB-manqué", i "post early-AGB" e i "thermal pulsing AGB". Le linee rossa e blu definiscono la striscia di instabilità delle Cefeidi e quelle a tratti le linee iso-periodiche per 5 e 20 giorni. Medio e basso: come sopra ma per masse che vanno da $M/M_{\odot} = 0.4912 - 0.80$ e da $M/M_{\odot} = 0.5035 - 0.70$ e per due diverse composizioni chimiche (Z=0.001, Y=0.246; Z=0.0001, Y=0.245).

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CAMILLI LUCA

AUTORI:

JIANBO SUN, GIACOMO GIORGI, MAURIZIA PALUMMO, PETER SUTTER, MAURIZIO PASSACANTANDO, LUCA CAMILLI

RIVISTA (DOI):

ACS NANO

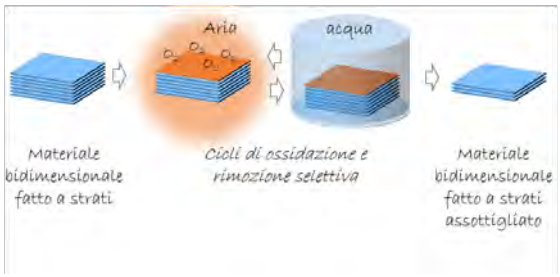
10.1021/ ACSNANO.0C00836

AMBITO DI RICERCA:

MATERIALI BIDIMENSIONALI

Dipartimento di Fisica

A SCALABLE METHOD FOR THICKNESS AND LATERAL ENGINEERING OF 2D MATERIALS



I materiali a strato (*layered materials* in inglese) sono materiali composti da tantissimi strati atomici legati fra di loro con forze relativamente deboli. Un esempio molto noto è la grafite. Essi hanno proprietà fisiche che sono molto diverse se osservate nelle direzioni nel o fuori dal piano. Per questo motivo, questi vengono anche chiamati materiali quasi-bidimensionali. Inoltre, le loro proprietà fisiche dipendono fortemente dal loro spessore o, in altre parole, dal numero di strati atomici da cui il materiale a strati è composto. Data questa loro caratteristica, trovare un metodo facile, riproducibile e poco costoso per controllare con grande precisione il numero degli strati senza la creazione di troppi difetti che ne possano modificare le proprietà intrinseche diventa molto importante. In questa pubblicazione abbiamo dimostrato come usando la naturale interazione con l'aria sia possibile ridurre lo spessore di un dato materiale a strati fino al singolo strato atomico. Il metodo si basa su un semplice approccio chimico nel quale lo strato più esterno del materiale viene prima ossidato al contatto con aria e poi rimosso selettivamente quando immerso in acqua. Data la semplicità e abbondanza dei reagenti (i.e., aria e acqua), questo metodo è certamente scalabile. Lo studio si basa su dati presi su tre diversi materiali bidimensionali, $GeAs$, GeS e GeS_2, ma ci sono indicazioni che questo possa funzionare anche per altri materiali bidimensionali di notevole interesse applicativo e tecnologico, come il fosforene e i dicalcogenuri di metalli di transizione. Inoltre, abbiamo dimostrato che, se questo metodo è usato in sinergia con una tecnica di patterning litografico, è possibile creare precisi disegni di spessore nanometrico sulla superficie del materiale.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CARACCIOLO VINCENZO

AUTORI:

V. CARACCIOLO, S.S. NAGORNY, P. BELLI, R. BERNABEI, F. CAPPELLA, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

NUCLEAR PHYSICS A

10.1016/J.NUCLPHYSA.2020.121941

AMBITO DI RICERCA:

DECADIMENTI NUCLEARI RARI

SEARCH FOR α DECAY OF NATURALLY OCCURRING HF-NUCLIDES USING A Cs_2HfCl_6 SCINTILLATOR

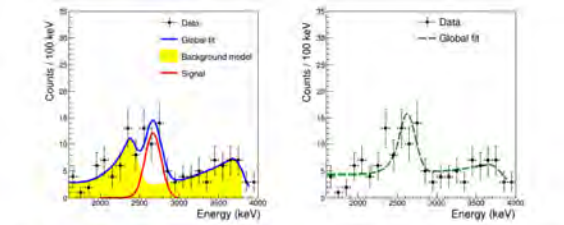


Fig. 9. Energy spectrum of α events selected by the pulse-shape discrimination from the data of low-background measurements with the CHC crystal scintillator over 2848 h. The energy scale is in α energy having considered the Q.F. discussed in Section 3.3. (*left*) The fit of the data by the model built from α decays of the ^{174}Hf (red line) and of the ^{147}Sm plus degraded alpha particles and an exponential function (to describe residual β/γ events) is shown (blue solid line online). The yellow band is the background model with respect to the signal of the α decay of the ^{174}Hf isotope. (*right*) The fit of the data by a modified model similar the previous one but considering just one peak (instead of two) in the energy (2.2 – 2.6) MeV.

I fenomeni che coinvolgono le particelle elementari sono interpretati tramite un modello teorico chiamato Modello Standard delle interazioni fondamentali. Quando tali interazioni si manifestano in strutture complesse come i nuclei, il modello teorico incontra degli ostacoli predittivi. Lo studio di fenomeni nucleari rari, quali e.g. quelli condotti nel presente lavoro, consentono di allargare e completare la visione del mondo anche alla luce di tali interpretazioni teoriche. In particolare, si ha così la possibilità di studiare e meglio comprendere le dinamiche nucleari ed esplorare eventuali estensioni teoriche dei modelli adottati. Inoltre, per procedere in modo efficace nello studio di tali fenomeni, occorre un continuo avanzamento tecnologico. In particolare, per la misura illustrata in questo lavoro, si è sviluppato un nuovo cristallo scintillatore, il Cs_2HfCl_6, sfruttando il quale si è potuto – per la prima volta – applicare il metodo della cosiddetta "sorgente attiva" per studiare processi nucleari rari in isotopi di afnio. La contaminazione radioattiva residua nel cristallo è stata misurata in un apparato di basso fondo in sito sotterraneo ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN. Nel lavoro, in particolare, si è misurato il decadimento alfa raro dell'isotopo di ^{174}Hf allo stato fondamentale del nucleo figlio con una accuratezza tale da poter rigettare, con una elevata confidenza, l'unica misura precedente presente in letteratura. Tale studio, quindi, non solo ha dimostrato che il fenomeno studiato è più raro di quanto indicato dalla misura precedente, ma ha anche potuto meglio validare i modelli teorici. Inoltre, sono stati anche posti limiti sul decadimento α del ^{174}Hf al primo livello eccitato del nucleo figlio e sul decadimento α del ^{176}Hf, ^{177}Hf, ^{178}Hf, ^{179}Hf sia allo stato fondamentale che al primo livello eccitato del nucleo figlio. In particolare, i limiti inferiori posti per le transizioni $^{176}Hf \rightarrow ^{172}Yb$ e $^{177}Hf \rightarrow ^{173}Yb$ sono molto prossimi alle predizioni teoriche, e alcuni di questi limiti sono anche i primi limiti sperimentali per le transizioni esaminate.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CASTRUCCI PAOLA

AUTORI:

P. CASTRUCCI, F. RONCI, S. COLONNA, R. FLAMMINI, M. DE CRESCENZI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

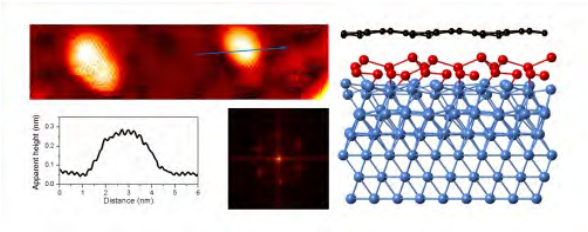
CARBON

10.1016/J.CARBON.2019.11.035

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA, MATERIALI BIDIMENSIONALI, CRESCITA E CARATTERIZZAZIONE

HIGH GRAPHENE PERMEABILITY FOR ROOM TEMPERATURE SILICON DEPOSITION: THE ROLE OF DEFECTS



Il grafene (Gr), uno dei materiali più studiati degli ultimi decenni per le sue eccezionali proprietà, è costituito da uno strato monoatomico di atomi di carbonio (C) ibridati sp^2 disposti ai vertici di esagoni regolari come in una struttura bidimensionale (2D) a nido d'ape. Proprio la presenza dei suoi legami chimici (π) fuori piano e (σ) nel piano combinata alla piccola distanza tra atomi primi vicini dà origine ad un campo repulsivo fuori piano e a una nuvola elettronica nel piano, che lasciando uno spazio vuoto molto piccolo al centro di ciascun esagono, rendono il Gr in teoria impermeabile all'attraversamento di atomi o di molecole. Ciò nonostante, in letteratura è riportato che, per effetto di trattamenti termici ad alta temperatura (T), si verifica l'intercalazione sotto il Gr di atomi depositati sulla sua superficie. In questo articolo, attraverso misure di microscopia a scansione tunnel (STM), confermati da calcoli ab-initio di dinamica molecolare, dimostriamo che la presenza di difetti (come vacanze di atomi di C e/o dislocazioni) nel Gr cresciuto epitassialmente su un substrato di Ni(111) favorisce, anche a T ambiente, l'intercalazione degli atomi di Si formando isole 2D, piatte e disordinate sotto il monostrato di Gr. I calcoli mostrano anche che gli atomi di Si intercalati sono legati a quelli di Ni del substrato e che questa forte interazione impedisce la formazione di isole 2D ordinate di Si ibridato sp^2 (ovvero il silicene) sotto il Gr per un tempo più lungo di $8ps$. Questo lavoro propone un metodo per ottenere il tanto ricercato ma "elusivo" silicene avendo cura di scegliere un substrato meno reattivo del Ni, e più, in generale, per realizzare a T ambiente eterogiunzioni verticali tra materiali 2D utilizzabili in dispositivi elettronici.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CERRITO LUCIO

AUTORI:

L. CERRITO, ATLAS COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

PHYS. REV. LETT.

10.1103/PHYSREVLETT.125.061802

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

CP PROPERTIES OF HIGGS BOSON INTERACTIONS WITH TOP QUARKS IN THE $t\bar{t}H$ AND tH PROCESSES USING $H \to \gamma\gamma$ WITH THE ATLAS DETECTOR

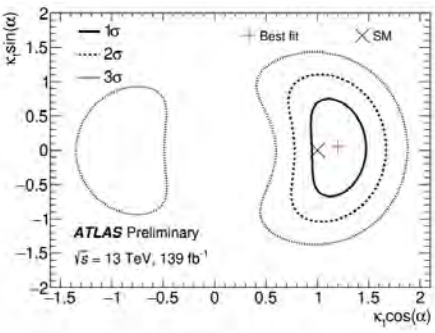


Figure 3: Exclusion contours in a two-dimensional phase space, where the horizontal and vertical axes are corresponding to the strength of the CP-even component and that of the CP-odd component, respectively. (Image: ATLAS Collaboration/CERN)

La prevalenza della materia nell'Universo rispetto all'antimateria è ancora oggi un mistero. Da un lato, sappiamo che le leggi della fisica non sono le stesse quando vengono scambiate particelle (materia) con antiparticelle (antimateria) contestualmente ad un'inversione delle coordinate spaziali. Questa mancanza di simmetria – nota come "asimmetria o violazione di CP" (coniugazione di Carica e simmetria di Parità) è una caratteristica essenziale dell'Universo, perché può condurre ad uno squilibrio tra materia e antimateria attraverso processi con violazione di CP nei momenti successivi al Big Bang. Tuttavia l'entità di violazione di CP, osservata finora esclusivamente nelle interazioni nucleari deboli, è largamente insufficiente a produrre lo squilibrio attuale. Sorgenti ancora sconosciute di violazione di CP devono quindi esistere. I ricercatori dell'esperimento ATLAS, cui partecipa il Dipartimento di Fisica e Sezione INFN dell'Università Roma Tor Vergata, hanno condotto un test delle proprietà di CP nell'interazione tra il bosone di Higgs ed il top quark. Il risultato è basato sull'analisi dei dati raccolti al Large Hadron Collider tra il 2015 e il 2018, in particolare studiando gli eventi di collisione in cui il bosone di Higgs viene prodotto insieme ad uno (tH) o due (ttH) top quarks, e decade in due fotoni. L'interazione top-Higgs dovrebbe possedere la simmetria di CP (indicata come "CP-even"), tuttavia un'ipotetica componente con violazione di CP (o "CP-odd") nell'interazione top-Higgs modificherebbe la produzione e le proprietà di questi eventi. Dalla loro verifica sono quindi state dedotte le componenti CP-even e CP-odd e l'intensità dell'interazione tra top e Higgs, che hanno confermato la natura CP-even dell'interazione e posto limiti stringenti sulla componente CP-odd.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CERULLI RICCARDO

AUTORI:

PIERLUIGI BELLI, R. BERNABEI, V.B. BRUDANIN, F. CAPPELLA, R. CERULLI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

UNIVERSE

10.3390/UNIVERSE6100182

AMBITO DI RICERCA:

DOPPIO DECADIMENTO BETA, PROCESSI NUCLEARI RARI, TECNICHE SPERIMENTALI DI BASSO FONDO IN SITO SOTTERRANEO NELL'AMBITO DEL PROGETTO DAMA

SEARCH FOR DOUBLE BETA DECAY OF ^{106}Cd WITH AN ENRICHED $^{106}CdWO_4$ CRYSTAL SCINTILLATOR IN COINCIDENCE WITH $CdWO_4$ SCINTILLATION COUNTERS

Il doppio decadimento beta $2\beta^-$ $(2\beta^+)$, è un processo nucleare raro nel quale due neutroni (o protoni) di un nucleo si trasformano in due protoni (o neutroni) con l'emissione di due elettroni (o positroni) e di due anti-neutrini (o neutrini). Quello con emissione di due neutrini è stato osservato per vari isotopi con tempi di decadimento $10^{19} - 10^{24}$ anni. Attualmente molti sforzi sono dedicati allo studio del doppio decadimento beta senza emissione di neutrini, possibile solo se il neutrino è una particella con una massa non nulla e se c'è una violazione della legge di conservazione del numero leptonico di sapore. Se avvenisse il neutrino sarebbe una particella di Maiorana, descritta dalla teoria dal noto fisico, e si farebbe strada nuova fisica oltre l'attuale Modello Standard delle particelle. Gli esperimenti che hanno raggiunto più elevate sensibilità studiano il $2\beta^-$. E' comunque importante studiare il $2\beta^+$ per le informazioni aggiuntive che può dare. Il processo in esame in questo articolo è il $2\beta^+$ del ^{106}Cd, uno degli isotopi più promettenti. Per eseguire la misura è stato installato un esperimento presso i Laboratori sotterranei del Gran Sasso nel quale si utilizzano un rivelatore a scintillazione di $CdW0_4$ arricchito al 66% in ^{106}Cd e due altri scintillatori di $CdW0_4$ posti di fianco. I rivelatori sono posto all'interno di uno schermo multicomponente che circonda i rivelatori. L'esperimento è attualmente in misura ed ha finora raggiunto una sensibilità molto elevata (dell'ordine di 10^{21} anni) e sta testando le previsioni teoriche sul tempo di dimezzamento del decadimento del ^{106}Cd con emissione di due neutrini. Questo misura nel prossimo futuro ha la possibilità concreta di osservare per la prima volta in modo diretto il decadimento $2\beta^+$ con emissione di neutrini.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CESARINI ELISABETTA

AUTORI:

LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COLLABORATION, *E. CESARINI.*

RIVISTA (DOI):

PHYSICAL REVIEW LETTERS

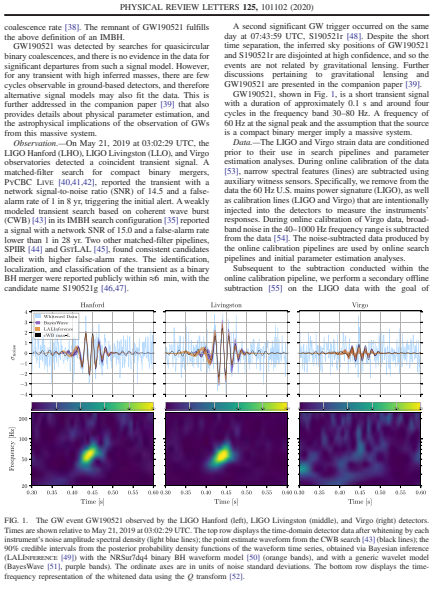
10.1103/PHYSREVLETT.125.101102

AMBITO DI RICERCA:

RIVELAZIONE DI ONDE GRAVITAZIONALI, ASTROPARTICELLE, ASTROFISICA

Dipartimento di Fisica

GW190521: A BINARY BLACK HOLE MERGER WITH A TOTAL MASS OF 150 $M_\odot$



PHYSICAL REVIEW LETTERS **125,** 101102 (2020)

coalescence rate [38]. The remnant of GW190521 fulfills the above definition of an IMBH.

GW190521 was detected by searches for quasicircular binary coalescences, and there is no evidence in the data for significant departures from such a signal model. However, for any transient with high inferred masses, there are few cycles observable in ground-based detectors, and therefore alternative signal models may also fit the data. This is further addressed in the companion paper [39] that also provides details about physical parameter estimation, and the astrophysical implications of the observation of GWs from this massive system.

Observation.—On May 21, 2019 at 03:02:29 UTC, the LIGO Hanford (LHO), LIGO Livingston (LLO), and Virgo observatories detected a coincident transient signal. A matched-filter search for compact binary mergers, PyCBC Live [40,41,42], reported the transient with a network signal-to-noise ratio (SNR) of 14.5 and a false-alarm rate of 1 in 8 yr, triggering the initial alert. A weakly modeled transient search based on coherent wave burst (CWB) [43] in its IMBH search configuration [35] reported a signal with a network SNR of 15.0 and a false-alarm rate lower than 1 in 28 yr. Two other matched-filter pipelines, SPIIR [44] and GstLAL [45], found consistent candidates albeit with higher false-alarm rates. The identification, localization, and classification of the transient as a binary BH merger were reported publicly within ≈6 min, with the candidate name S190521g [46,47].

A second significant GW trigger occurred on the same day at 07:43:59 UTC, S190521r [48]. Despite the short time separation, the inferred sky positions of GW190521 and S190521r are disjointed at high confidence, and so the events are not related by gravitational lensing. Further discussions pertaining to gravitational lensing and GW190521 are presented in the companion paper [39].

GW190521, shown in Fig. 1, is a short transient signal with a duration of approximately 0.1 s and around four cycles in the frequency band 30–80 Hz. A frequency of 60 Hz at the signal peak and the assumption that the source is a compact binary merger imply a massive system.

Data.—The LIGO and Virgo strain data are conditioned prior to their use in search pipelines and parameter estimation analyses. During online calibration of the data [53], narrow spectral features (lines) are subtracted using auxiliary witness sensors. Specifically, we remove from the data the 60 Hz U.S. mains power signature (LIGO), as well as calibration lines (LIGO and Virgo) that are intentionally injected into the detectors to measure the instruments' responses. During online calibration of Virgo data, broadband noise in the 40–1000 Hz frequency range is subtracted from the data [54]. The noise-subtracted data produced by the online calibration pipelines are used by online search pipelines and initial parameter estimation analyses.

Subsequent to the subtraction conducted within the online calibration pipeline, we perform a secondary offline subtraction [55] on the LIGO data with the goal of

FIG. 1. The GW event GW190521 observed by the LIGO Hanford (left), LIGO Livingston (middle), and Virgo (right) detectors. Times are shown relative to May 21, 2019 at 03:02:29 UTC. The top row displays the time-domain detector data after whitening by each instrument's noise amplitude spectral density (light blue lines); the point estimate waveform from the CWB search [43] (black lines); the 90% credible intervals from the posterior probability density functions of the waveform time series, obtained via Bayesian inference (LALInference [49]) with the NRSur7dq4 binary BH waveform model [50] (orange bands), and with a generic wavelet model (BayesWave [51], purple bands). The ordinate axes are in units of noise standard deviations. The bottom row displays the time-frequency representation of the whitened data using the Q transform [52].

101102-2

Il 21 maggio 2019 alle 03:02:29 UTC Advanced LIGO e Advanced Virgo hanno osservato un segnale di onde gravitazionali di breve durata, GW190521. Se il segnale GW190521 proviene da uno spiraleggiamento binario quasi-circolare, allora la sua origine è coerente con la fusione di due buchi neri con masse di $85^{+21}_{-14}M_\odot$ e di $66^{+17}_{18}M_\odot$. Se ne deduce che la massa del buco nero primario si trova proprio nell'intervallo di masse tipicamente prodotto da processi di supernova a instabilità di coppia pulsazionale, con una probabilità di solo 0,32% di essere inferiore a $65M_\odot$. I due buchi neri che si sono fusi sono i progenitori più massivi osservati ad oggi. Il risultante buco nero ha una massa equivalente a 142 volte quella del sole, diventando così la prima rivelazione di un buco nero di massa intermedia (IMBH). Le restanti 9 masse solari sono state irraggiate sotto forma di flusso di energia associato ad emissione di onde gravitazionali. Il rapporto segnale/rumore dato dalla rete di tre rivelatori (2 LIGO e Virgo) è di 14,7 e il tasso di falso allarme è di 1 su 4900 anni, stimato utilizzando una ricerca sensibile a generici segnali transitori. La distanza di luminosità della sorgente è $5.3^{+2.4}_{-2.6}\ Gpc$, corrispondente a un redshift di $0.82^{+0.28}_{-0.34}$. Il tasso di fusione desunto per GW190521 è $0.13{+}0.30_{-0.11}\ Gpc^{-3}yr^{-1}$.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CIANCHI ALESSANDRO

AUTORI:

ENRICA CHIADRONI, ALESSANDRO CIANCHI, MASSIMO FERRARIO, ANDREA MOSTACCI, RICCARDO POMPILI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

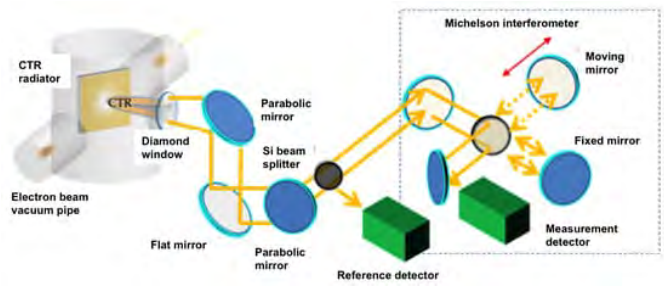
CONDENSED MATTER

10.3390/CONDMAT5020040

AMBITO DI RICERCA:

MATERIA CONDENSATA

A VERSATILE THz SOURCE FROM HIGH-BRIGHTNESS ELECTRON BEAMS: GENERATION AND CHARACTERIZATION



La scienza basata sulla radiazione THz sta suscitando interesse in tutto il mondo per il suo impatto in ambito scientifico di ricerca e di applicazioni tecnologiche a causa delle caratteristiche uniche di questa radiazione. Infatti, essa non è ionizzante, penetra nella maggior parte dei materiali isolanti, ad es. plastica, ceramica, carta, ed è riflessa dai metalli; inoltre viene assorbita da liquidi polari, mostrando spettri di assorbimento peculiare del processo fisico. Le sorgenti THz di alta intensità sono molto richieste, poiché forniscono uno strumento assai efficiente per indagare sulla materia in regime non lineare. Inoltre, sia le applicazioni biomediche che quelle di sicurezza possono trarre vantaggio dallo sviluppo delle sorgenti THz innovative, dei dispositivi di rilevamento e delle tecniche di caratterizzazione. Il presente lavoro esamina il metodo di generazione e caratterizzazione della radiazione THz prodotta da elettroni ad alta luminosità, come quelli disponibili presso il laboratorio SPARC_LAB, collegando le proprietà di emissione della radiazione a quelle del fascio di elettroni che la ha prodotta.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

CIRILLO MATTEO

AUTORI:

MATTEO CIRILLO, CHUNGHO CHENG, GAETANO SALINA, NIELS GRØNBECH-JENSEN, JAMES A. BLACKBURN, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS

10.1063/1.5144233

AMBITO DI RICERCA:

STRUTTURA DELLA MATERIA, DINAMICA NONLINEARE, MECCANICA STATISTICA

MODELING ESCAPE FROM A ONE-DIMENSIONAL POTENTIAL WELL AT ZERO OR VERY LOW TEMPERATURES

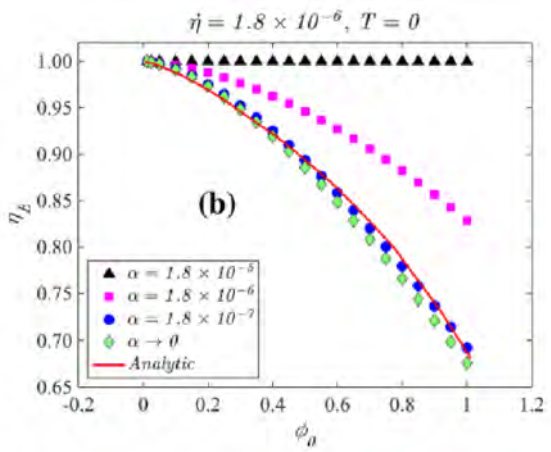


FIG. 8. (a) Comparison between the prediction of Eq. (4) and the numerical simulations for three values of the sweep rate; (b) the results of Eq. (4) compared with numerical data inserting loss in the system. We see that the effect of the internal oscillations due to the initial angle become relevant for $\kappa < 1$.

L'attivazione termica (thermal escape) in buche di potenziale è un argomento di ricerca con aspetti rilevanti sia per fisica fondamentale che per risvolti applicativi. In questo ambito il metodo classico di Kramers [1], che pur rappresenta una pietra miliare nel settore ed ha dato risultati di notevole successo, non fornisce buoni risultati quando dissipazioni e temperature nei sistemi considerati sono molto basse. In questo lavoro abbiamo studiato sistematicamente l'attivazione termica in un potenziale specifico, rilevante per la materia condensata, nei limiti di bassi valori di dissipazione e temperatura. Abbiamo riscontrato che perturbazioni nelle buche del potenziale, quali possono essere quelle generate da un valore iniziale non nullo della variabile che origina il potenziale, determinano rilevanti differenze nei processi di attivazione. Un parametro che regola queste differenze è stato individuato nel rapporto tra la derivata temporale del termine di forza (che origina l'attivazione fuori dalla buca) e la dissipazione stessa. Lo studio è stato condotto principalmente dal punto di vista numerico ma sono stati fatti anche paragoni con modelli fenomenologici che interpretano il problema studiato. In generale abbiamo trovato che le attivazioni termiche dal potenziale studiato (washboard) presentano aspetti interessanti e non banali a basse temperature e dissipazioni, aspetti però che derivano unicamente da analisi classiche (numeriche e/o teorico-fenomenologiche) simili a quella riportata da Buttiker, Harris e Landauer [2].

[1] H. A. Kramers, Physica **7**, 284 (1940).
[2] M. Büttiker, E. P. Harris, and R. Landauer, Phys. Rev. **B 28**, 1268 (1983).

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

D'ANGELO ANNALISA

AUTORI:

ANNALISA D'ANGELO, THE CLAS COLLABORATION.

RIVISTA (DOI):

NATURE

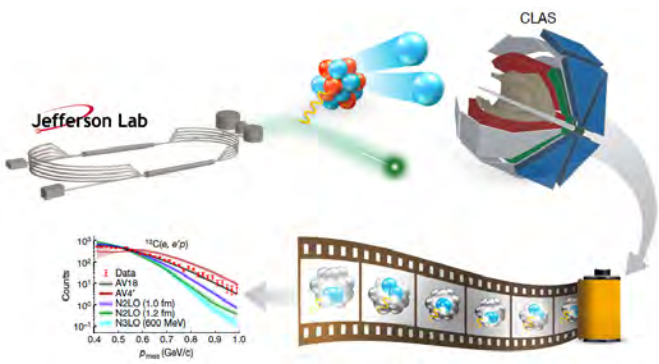
10.1038/S41586-020-2021-6

AMBITO DI RICERCA:

FISICA NUCLEARE

Dipartimento di Fisica

PROBING THE CORE OF STRONG NUCLEAR INTERACTIONS



L'interazione nucleare forte è responsabile della forza che tiene legati i nuclei atomici può essere considerata una manifestazione della interazione tra i quark ed i gluoni, descritta dalle equazioni della cromo-dinamica quantistica. Queste ultime non sono esattamente risolvibili alle energie tipiche della fisica nucleare ed è necessario introdurre dei modelli per schematizzarne gli effetti. I modelli sono ben vincolati a distanze tipiche dei nucleoni nella materia ordinaria, ma non alle piccole distanze tipiche della densa materia nucleare che si trova al centro delle stelle di neutroni. Studiando la diffusione di elettroni ad alta energia su nuclei di varie dimensioni è stato possibile isolare coppie di nucleoni a piccola distanza ed elevato impulso relativo (superiore a 400 MeV/c), ottenendo dati sperimentali mai osservati precedentemente. E' emerso che, al diminuire della distanza tra nucleoni la forza forte cambia la sua natura da forza tensoriale dipendente dallo spin, a forza scalare indipendente dallo spin. Questo risultato giustifica l'utilizzo di modelli in cui i nucleoni sono considerati puntiformi ed interagenti con forze a due e tre corpi nei sistemi nucleari ad elevata densità.

Figura: La diffusione di elettroni consente lo studio delle interazioni nucleari. Elettroni di energia pari a 5 GeV provenienti dall'acceleratore del Jefferson Lab incidono sui nuclei causando la separazione di coppie di nucleoni a piccola distanza relativa. Lo spettrometro CLAS è utilizzato per rivelare gli elettroni ed i protoni emessi dal nucleo in modo da poter ricostruirne lo stato iniziale all'interno del nucleo. Combinando molte di queste osservazioni da nuclei diversi, e confrontando i risultati osservati con vari modelli di interazione nucleare, è possibile ricavare la distribuzione delle coppie di nucleoni a piccola distanza nei nuclei.

CHARACTERIZATION OF CdS SPUTTERING DEPOSITION ON LOW TEMPERATURE PULSED ELECTRON DEPOSITION $Cu\,(In, Ga)\,Se_2$ SOLAR CELLS

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DAVOLI IVAN

AUTORI:

MARCO MILIUCCI, MASSIMILIANO LUCCI, IVAN COLANTONI, FABIO DE MATTEIS, IVAN DAVOLI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

THIN SOLID FILMS

10.1016/ J.TSF.2020.137833

AMBITO DI RICERCA:

CELLE SOLARI A FILM SOTTILE

Thin Solid Films 697 (2020) 137833

Contents lists available at ScienceDirect

Thin Solid Films

journal homepage: www.elsevier.com/locate/tsf

Characterization of CdS sputtering deposition on low temperature pulsed electron deposition Cu(In,Ga)Se_2 solar cells

Marco Miliucci, Massimiliano Lucci, Ivan Colantoni, Fabio De Matteis, Federico Micciulla, Alberto Clozza, Salvatore Macis, Ivan Davoli

Il presente articolo riporta lo studio dello strato CdS depositato come strato tampone nelle celle solari di tipo CIGS; ovvero formate da $Cu\,(In/Ga)\,Se_2$. Il metodo di deposizione è stato scelto per facilitare una tecnica di produzione a secco ed a bassa temperatura, su larga scala. Il film di CdS viene depositato utilizzando la tecnica di "sputtering" a radiofrequenza in atmosfera di argon. Rispetto al CdS cresciuto mediante deposizione con bagni chimici, la tecnologia di sputtering è più semplice e più indicata per la produzione industriale. Nel presente articolo vengono studiati la morfologia e la trasmittanza ottica dei film sottili CdS, dell'interfaccia CdS/ CIGS e le caratteristiche elettriche ed elettroniche della cella solare una volta composta. Si osserva che lo strato di CdS, quando depositato sul vetro, è uniforme e continuo con trasmittanza ottica superiore al 90% nell'intervallo di lunghezze d'onda corrispondente alla banda di energia proibita dell'assorbitore. La curva J-V (densità di corrente - tensione) mostra un'efficienza complessiva del 6% influenzata dalla disomogeneità all'interfaccia CIGS/CdS. La deposizione con il metodo di sputtering non è in grado di creare uno strato omogeneo sulle irregolarità dell'assorbitore a causa del suo processo di crescita. Inoltre, l'analisi dello spettro Auger realizzato sul profilo di profondità, mostra l'esistenza di una contaminazione da ossigeno all'interfaccia. Ed è causa dell'ossidazione della superficie dell'assorbitore. All'interno di questo lavoro, vengono riportati i principali aspetti critici di questa nuova tecnologia di produzione di celle solari, nonché le relative possibili soluzioni.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DE CRESCENZI MAURIZIO

AUTORI:

FATME JARDALI, CHRISTOPH LECHNER, MAURIZIO DE CRESCENZI, MANUELA SCARSELLI, ISABELLE BERBEZIER, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

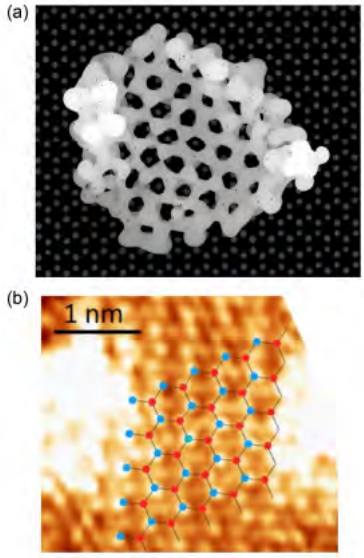
NANO RESEARCH

10.1007/S12274-020-2858-X

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA, SCIENZA DEI MATERIALI, NANOSTRUTTURE

THE POTENTIALLY CRUCIAL ROLE OF QUASI-PARTICLE INTERFERENCES FOR THE GROWTH OF SILICENE ON GRAPHITE



Dalla scoperta del grafene, vincitore del premio Nobel nel 2010, molto ricerca in Fisica della Materia condensata è stata dedicata a sintetizzare nuovi materiali bidimensionali (2D) che potrebbero superare il principale inconveniente del grafene (da poter usare nei dispositivi nano-elettronici) di essere quasi-metallico. Uno di questi materiali è formato da atomi di Silicio disposti in una configurazione planare sp^2 (invece che sp^3) ed è chiamato Silicene. Di recente è stato proposto di crescere monostrati di Silicene su substrati chimicamente inerti al posto di substrati metallici, per evitare la possibile formazione di leghe metalliche [1], condizione necessaria per preservare le proprietà di Dirac (fermioni con massa zero), come quelle note per il grafene. In questo lavoro viene tracciato un quadro completo delle fasi iniziali della crescita del Silicene su grafite prolitica ed è dimostrato che le interferenze di quasi-particella giocano un ruolo cruciale nella formazione di un monostrato atomico di Silicene. Proponiamo, da un lato, che le modulazioni di carica causate da queste interferenze quantistiche fungono da guida (template) per gli atomi di Silicio in arrivo sulla superficie per farli auto-assemblare a “nido d'ape” esagonale come avviene per il grafene. La loro estensione spaziale limita la crescita a circa 150 atomi di Silicio nelle nostre attuali condizioni di deposizione.

In Figura (a) e’ mostrata la simulazione dell'immagine STM (Scanning Tunneling Microscopy) risultante da calcoli “ab initio” eseguiti utilizzando la teoria del funzionale densità (DFT) all'interno dell'approssimazione gradiente generalizzata (GGA) comprese le correzioni di van der Waals (vdW). Gli atomi di Silicio formano a temperatura ambiente una rete esagonale, risultano rialzati ai bordi della nanostruttura e sono adagiati sul reticolo della Grafite (indicata con i pallini bianchi piu’ piccoli sottostanti). In Figura (b) è mostrato l’immagine sperimentale STM, ottenuta nei nostri laboratori di Tor Vergata, di due ammassi di Silicio che si sono formati alla periferia di una isola di Silicene. I pallini rossi e blu riportati nell’immagine mettono in risalto la struttura esagonale del Silicene.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DE SANCTIS UMBERTO

AUTORI:

UMBERTO DE SANCTIS, ATLAS COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

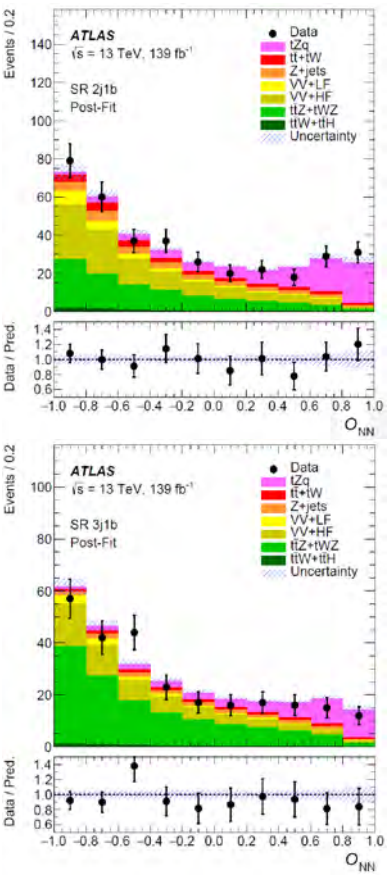
JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS

10.1007/JHEP07(2020)124

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

OBSERVATION OF THE ASSOCIATED PRODUCTION OF A TOP QUARK AND A Z BOSON IN PROTON-PROTON COLLISIONS AT $\sqrt{s} = 13$ TEV WITH THE ATLAS DETECTOR



Uno dei processi rari previsti dal Modello Standard della fisica delle particelle è quello che prevede la produzione di un quark top (o di un anti-quark top) in associazione con un altro quark leggero (q) e un bosone Z. In questo articolo è stata misurata per la prima volta la sezione d'urto di questo processo utilizzando il decadimento del bosone Z in due elettroni o due muoni e il decadimento del quark top $t \to bW \to bl\nu$ dove $l = e, \mu$. La misura è stata realizzata analizzando i dati raccolti dall'esperimento ATLAS ad una energia nel centro di massa $\sqrt{s} = 13TeV$. L'analisi dei dati prevede la selezione di eventi caratterizzati dalla presenza di tre leptoni carichi (elettroni o muoni) in aggiunta a due o tre getti adronici, uno dei quali associato ad un quark b. I fondi principali di questa analisi sono: la produzione di coppie di quark top-antitop in associazione ad un bosone Z e la produzione di coppie di bosoni W e Z. Il vero miglioramento rispetto alle analisi precedenti, è stato l'utilizzo di reti neurali combinate tra loro per rigettare gli eventi di fondo mantenendo nel contempo un'alta efficienza sugli eventi di segnale. La misura della sezione d'urto del processo è risultata essere pari a 97 ± 13 (stat.) ± 7 (syst.) fb, compatibile con la predizione teorica del Modello Standard per questo processo.

In Figura.1 è riportata la risposta del discriminante O_{NN} della rete neurale usato per distinguere eventi di segnale da quelli di fondo per le due regioni di segnale considerate, quella con 2 getti adronici (sopra) e quella con tre getti adronici (sotto). I primi hanno un valore di O_{NN} vicino a 1, mentre i secondi vicino a -1. E' possibile vedere l'eccesso di eventi di segnale per alti valori di O_{NN} (in ciclamino).

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DE SANTIS CRISTIAN

AUTORI:

SIMONA BARTOCCI, ROBERTO BATTISTON, WILLIAM BURGER, DONATELLA CAMPANA, CRISTIAN DE SANTIS, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

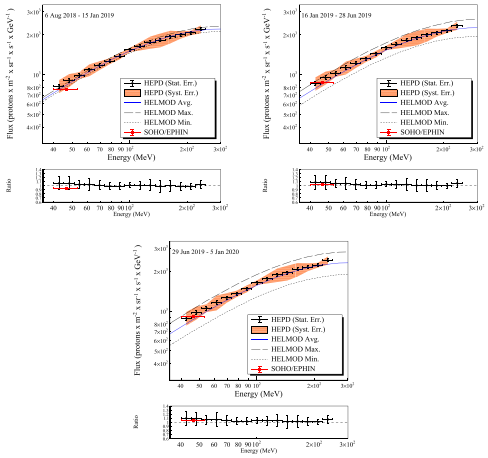
THE ASTROPHYSICAL JOURNAL

10.3847/1538-4357/ABAD3E

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLE ASTROPARTICELLE

GALACTIC COSMIC-RAY HYDROGEN SPECTRA IN THE 40–250 MeV RANGE MEASURED BY THE HIGH-ENERGY PARTICLE DETECTOR (HEPD) ON BOARD THE CSES-01 SATELLITE BETWEEN 2018 AND 2020



Le prime osservazioni di protoni galattici di bassa energia (da 40 a 250 MeV), nella fase di minimo di attività fra il 24° e il 25° ciclo solare, sono state svolte dall'High-Energy Particle Detector (HEPD), strumento di progettazione e costruzione interamente italiane a bordo del China Seismo-Electromagnetic Satellite (CSES-01), lanciato nel Febbraio 2018. I dati sperimentali, raccolti da HEPD tra l'Agosto 2018 e il Dicembre 2019, hanno permesso di ottenere misure con alta precisione energetica e stabilità temporale, caratteristiche raggiunte grazie a un processo di calibrazione molto accurato e all'utilizzo di simulazioni dedicate per diminuire le incertezze legate a questo tipo di misure. Ciò ha permesso di fornire degli spettri energetici semestrali assoluti che sono stati confrontati con uno dei modelli teorici più utilizzati dalla comunità scientifica odierna, HelMod, oltre che con gli unici altri dati disponibili ad energie simili, ossia quelli ottenuti dallo strumento EPHIN a bordo del satellite SOHO. L'accordo tra i dati di HEPD e queste previsioni teoriche è risultato essere molto buono, aprendo la strada ad una futura validazione del suddetto modello HelMod e di molti altri; ciò sarà molto utile per la comprensione dei numerosi meccanismi di produzione e accelerazione dei raggi cosmici all'interno della porzione più interna della Galassia, nota come Eliosfera. I processi in questione risentono infatti dell'attività del Sole - la cosiddetta modulazione solare - e, essendo il ciclo di attività di quest'ultimo altamente variabile, ed è pertanto cruciale avere uno strumento che monitori continuamente e stabilmente la radiazione cosmica.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DEL MORO DARIO

AUTORI:

PIERSANTI MIRKO, DE MICHELIS PAOLA, DEL MORO DARIO, TOZZI ROBERTA, PEZZOPANE MICHAEL, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

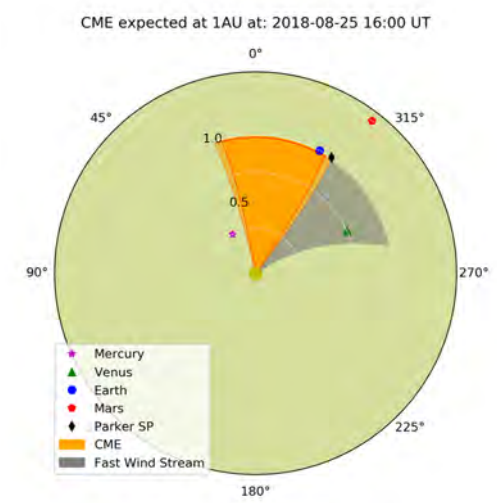
ANNALES GEOPHYSICAE

10.5194/ ANGEO-38-703-2020

AMBITO DI RICERCA:

SCIENZA DELLO SPAZIO, RELAZIONE SOLE-TERRA, METEOROLOGIA SPAZIALE

FROM THE SUN TO EARTH: EFFECTS OF THE 25 AUGUST 2018 GEOMAGNETIC STORM



Il 25 Agosto del 2018 una espulsione di massa coronale (CME), partita dal sole 5 giorni prima, ha colpito la Terra, dando origine a una forte tempesta geomagnetica. In questo articolo, presentiamo una descrizione dell'intera propagazione della CME nello spazio interplanetario fino all'analisi dei suoi effetti nella magnetosfera, nella ionosfera e a livello del suolo. Per questa analisi, abbiamo utilizzato, tra gli altri, i dati raccolti dal suolo e dallo spazio, inclusi i dati del CSES (China Seismo-Electric Satellite), lanciato l'11 febbraio 2018. Abbiamo trovato una connessione diretta tra il punto di impatto dell'ICME sulla magnetopausa e il pattern degli elettrogetti aurorali della Terra. Utilizzando un modello matematico, siamo stati in grado di identificare correttamente il principale sistema di corrente magnetosferica che si è attivato durante le diverse fasi della tempesta geomagnetica. Inoltre, abbiamo analizzato gli effetti di Space Weather associati alla CME in termini di valutazione delle correnti geomagneticamente indotte (GIC) e di identificazione di possibili perdite di segnale GPS (Global Positioning System). Abbiamo scoperto che, nonostante l'intensità della tempesta geomagnetica, non era stata rilevata alcuna perdita di blocco. Al contrario, l'effetto delle GIC è risultato potenzialmente più pericoloso che in altri eventi relativamente più intensi, come la tempesta geomagnetica del giorno di San Patrizio del 2015, e specialmente a latitudini superiori a 60° nel settore Europeo.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DI CIACCIO ANNA

AUTORI:

ANNA DI CIACCIO, ATLAS COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

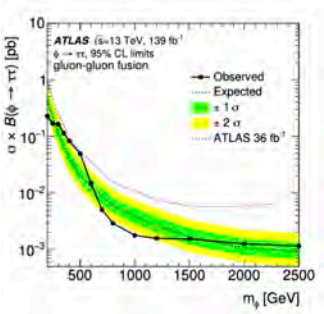
PHYS.REV.LETT.

10.1103/PHYSREVLETT.125.051801

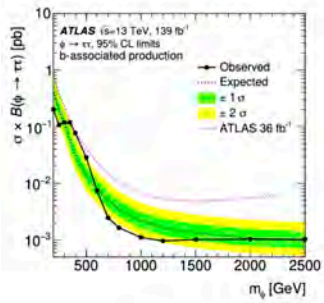
AMBITO DI RICERCA:

FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

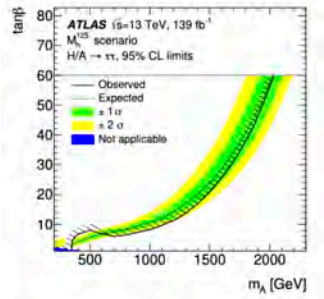
SEARCH FOR HEAVY HIGGS BOSONS DECAYING INTO TWO TAU LEPTONS WITH THE ATLAS DETECTOR USING pp COLLISIONS AT $\sqrt{s} = 13\,TeV$



(a)



(b)



(c)

L'articolo descrive la ricerca di bosoni di Higgs neutri pesanti, previsti in modelli di nuova fisica al di là del Modello Standard (BSM) che decadono in coppie di leptoni tau nell'intervallo di massa compreso tra 0,2 e 2,5 TeV. Molti modelli teorici BSM, come i modelli a due doppietti di Higgs (2HDM), estendono il settore di Higgs per includere un secondo doppietto di Higgs che implica l'esistenza di nuovi stati pseudo-scalari i (A) e scalari (H) pesanti, mentre la particella scalare osservata corrisponderebbe al bosone di Higgs più leggero (h). Nel modello super-simmetrico minimale (MSSM) la probabilità di decadimento di questi stati scalari in coppie di leptoni tau è prevista essere più alta. Ciò rende questa misura molto rilevante per la ricerca di evidenze al modello Super-Simmetrico Minimale (MSSM).È stato utilizzato un campione di dati corrispondente a una luminosità integrata di 139 $fb-1$ di collisioni protone-protone raccolte all'energia nel centro di massa di 13 TeV dal rivelatore ATLAS all'LHC del CERN. Non è stato riscontrato alcun eccesso significativo rispetto ai fondi previsti dallo SM. Sono stati quindi misurati al 95% di C.L i limiti superiori sulla sezione d'urto per la produzione di bosoni scalari massivi moltiplicati per la frazione di decadimento nello stato finale in due leptoni tau. Tale misura aumenta significativamente la sensibilità e l'intervallo di massa esplorato rispetto alle ricerche precedenti.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

DI SALVO RACHELE

FANTINI ALESSIA

AUTORI:

ALEF S., BAUER P., BAYADILOV D., DI SALVO R., FANTINI A., *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

EUR. PHYS. J. A

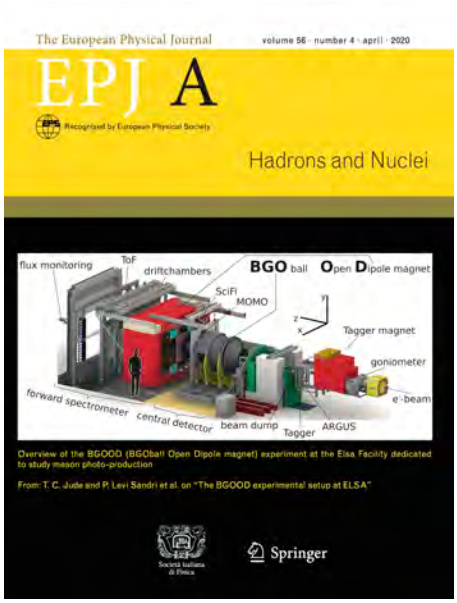
10.1140/EP JA/ S10050-020-00107-X

AMBITO DI RICERCA:

FISICA ADRONICA

Dipartimento di Fisica

THE BGOOD EXPERIMENTAL SETUP AT ELSA



La struttura interna del nucleone è ancora oggi misteriosa ed è quindi oggetto di studio di numerosi esperimenti in giro per il mondo. Tale studio può essere effettuato facendo incidere un fascio di particelle su un bersaglio di protoni/neutroni. Nel caso dell'esperimento BGOOD, installato presso l'acceleratore di elettroni ELSA di Bonn e frutto di una collaborazione internazionale, il fascio è costituito da fotoni, che interagiscono elettromagneticamente con i costituenti del nucleone (i quark). Nel regime di energia in cui lavora tale esperimento (0.3-2.9 GeV), i quark possono riarrangiarsi in stati eccitati del nucleone, che decadono poi nel livello fondamentale con tempi tipici delle interazioni forti ($\simeq 10^{-24}s$), emettendo uno o più mesoni, che vengono rivelati nell'apparato sperimentale direttamente o attraverso i loro prodotti di decadimento. L'apparato combina in modo originale un calorimetro elettromagnetico di BGO a grande accettanza angolare (completato da due camere proporzionali a multifilo e un cilindro di scintillatori plastici) con uno spettrometro magnetico in avanti a grande apertura (costituito da dieci rivelatori di tracciamento, due davanti e due dietro il magnete e tre rivelatori per l'identificazione di particelle cariche). L'apparato possiede in tal modo ottimi requisiti per la rivelazione e/o il tracciamento di particelle neutre e cariche. Il fascio di fotoni, prodotto per bremsstrahlung degli elettroni dell'acceleratore attraverso un radiatore, è intenso ($2.5 \cdot 10^7 \gamma/s$) e l'energia di ciascun fotone è determinata dalla misura della deflessione dell'elettrone che lo ha emesso attraverso un magnete. L'esperimento BGOOD è attualmente funzionante e nell'articolo si descrivono le sue caratteristiche e prestazioni principali.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

FAFONE VIVIANA

AUTORI:

VIVIANA FAFONE, THE VIRGO COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

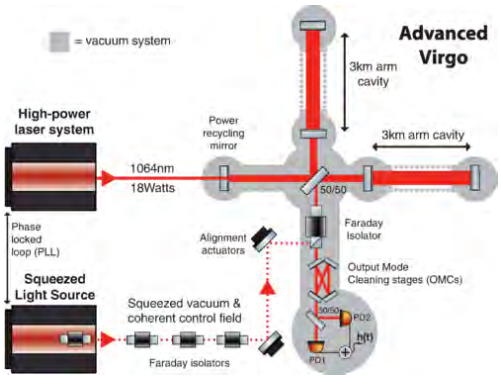
PHYSICAL REVIEW LETTERS

10.1103/PHYSREVLETT.125.131101

AMBITO DI RICERCA:

ONDE GRAVITAZIONALI, RIVELATORI, OTTICA QUANTISTICA

QUANTUM BACKACTION ON KG-SCALE MIRRORS: OBSERVATION OF RADIATION PRESSURE NOISE IN THE ADVANCED VIRGO DETECTOR



La pressione di radiazione quantistica e il rumore quantistico di granulosità presenti nei rivelatori interferometrici di onde gravitazionali, costituiscono una manifestazione macroscopica del principio di indeterminazione di Heisenberg. Se il rumore quantistico di granulosità, dominante a frequenze superiori al centinaio di Hz, può essere facilmente osservato, il rumore dovuto alla pressione di radiazione esercitata dal fascio laser è stato finora elusivo, a causa dei numerosi rumori tecnici, in competizione con gli effetti quantistici nella regione delle basse frequenze (qualche decina di Hz). In questo lavoro viene presentata la prima misura del rumore di pressione di radiazione quantistica nel rivelatore di onde gravitazionali Advanced Virgo. Al fine di osservare tale rumore, vengono iniettati nell'interferometro stati di vuoto compressi del campo elettromagnetico. In questo modo è possibile modificare la retroazione quantistica che agisce sugli specchi da 42 kg e osservare il corrispondente spostamento dovuto al rumore di pressione di radiazione a frequenze comprese tra 30 e 70 Hz. I dati sperimentali, ottenuti in varie configurazioni dell'interferometro, sono confrontati con il modello di rumore quantistico del rivelatore Advanced Virgo, che conferma l'ampiezza misurata del rumore di pressione di radiazione.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

FILABOZZI ALESSANDRA

AUTORI:

DANIELE COLOGNESI , FRANZ DEMMEL , ALESSANDRA FILABOZZI, ANTONINO PIETROPAOLO, ALFONSO POZIO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

MOLECULES

10.3390/ MOLECULES25235587

AMBITO DI RICERCA:

FISICA APPLICATA, PRODUZIONE DI IDROGENO

Dipartimento di Fisica

PROTON DYNAMICS IN PALLADIUM-SILVER: AN INELASTIC NEUTRON SCATTERING INVESTIGATION MOLECULES

molecules

MDPI

Article

Proton Dynamics in Palladium–Silver: An Inelastic Neutron Scattering Investigation

Daniele Colognesi [1,2], Franz Demmel [3], Alessandra Filabozzi [4], Antonino Pietropaolo [5,6], Alfonso Pozio [4], Giovanni Romanelli [3], Alessia Santucci [4] and Silvana Tosti [4]

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Fisica Applicata "N. Carrara", via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino, Italy; d.colognesi@ifac.cnr.it
2 Science and Technology Facilities Council, ISIS Facility, Harwell Oxford, Oxfordshire OX11 0QX, UK; franz.demmel@stfc.ac.uk (F.D.); giovanni.romanelli@stfc.ac.uk (G.R.)
3 Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Dipartimento di Fisica, Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Roma, Italy; alessandra.filabozzi@uniroma2.info.it
4 ENEA, Dipartimento di Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare, via E. Fermi 45, 00044 Frascati, Italy; alessia.santucci@enea.it (A.S.); silvana.tosti@enea.it (S.T.)
5 ENEA, Dipartimento Tecnologie Energetiche, Via Anguillarese 301, 00123 S. Maria di Galeria (Roma), Italy; antonino.pietropaolo@enea.it
6 Correspondence: antonino.pietropaolo@enea.it

Academic Editor: Angelina Pacheco
Received: 12 October 2020; Accepted: 24 November 2020; Published: 27 November 2020

Abstract: Proton dynamics in $Pd_{77}Ag_{23}$ membranes is investigated by means of various neutron spectroscopic techniques, namely Quasi Elastic Neutron Scattering, Incoherent Inelastic Neutron Scattering, Neutron Transmission, and Deep Inelastic Neutron Scattering. Measurements carried out at the ISIS spallation neutron source using CNRIS, MARI and VESPA/VX3 spectrometers were performed at pressures of 1, 2, and 4 bar, and temperatures in the 330–673 K range. The energy interval spanned by the different instruments provides information on the proton dynamics in a time-scale ranging from about 10^{-9} to 10^{-14} ps. The main finding is that the macroscopic diffusion process is determined by microscopic jump diffusion. In addition, the vibrational density of states of the H atoms in the metal lattice has been determined for a number of H concentrations and temperatures. These measurements follow a series of neutron diffraction experiments performed on the same sample and thus provide a complementary information for a thorough description of structural and dynamical properties of H-loaded Pd-Ag membranes.

Keywords: palladium/silver membranes; hydrogen diffusion; inelastic neutron scattering

1. Introduction

The development of appropriate processes for hydrogen separation from gas mixtures is a topic of great interest for many industrial applications in which hydrogen is present in the by-products stream. The literature provides examples of hydrogen recovery from the combustion gaseous stream obtained in the production of carbon black [1], the off-gas stream of the manufacturing process of solar fuel cells [2], complex mixtures produced by the methane reforming [3], and many other scenes in which hydrogen has to be opportunely recovered in view of its use as a clean energy vector [4–6]. Most common hydrogen recovery techniques are based on pressure swing adsorption (PSA), cryogenic distillation (CD), and membrane separation [7–11]. The use of a given process is essentially driven by the purity of the final product (hydrogen) to be achieved, the production scale, and the cost. While PSA operates in batch mode, CD and membrane separation are continuous processes. Both PSA and CD processes are continuously used in large-scale commercial plants and are characterized by intensive

La necessità di idrogeno (H) ultra puro è presente in diversi campi (celle a combustibile, produzione di semiconduttori e sostanze chimiche ad alta purezza, nei reattori a fusione sperimentali per produrre energia), sono quindi necessari processi appropriati per la separazione dell'H, tenendo conto di purezza del prodotto, scala di produzione e costo. I sistemi a membrana sono molto promettenti soprattutto perché consentono di ottenere H con un elevato grado di purezza ($>$ 99,999 $vol.\%$). Le membrane a base di Palladio (Pd) sono una delle tecnologie di riferimento e legando il Pd con Argento (Ag) si aumentano le proprietà meccaniche del metallo e la sua permeabilità all'H. Sono stati effettuati studi sperimentali sulle modifiche strutturali della lega $Pd-Ag$ indotte dall'assorbimento di H e sulla influenza dell'attivazione superficiale sulle proprietà di permeazione dell'H. La diffusività dovrebbe controllare la permeazione dell'H attraverso le membrane metalliche quando si opera ad alta pressione e/o con membrane spesse. Proprio questa proprietà può essere determinata sia da proprietà macroscopiche che da analisi microscopiche. In questo lavoro è stata studiata la dinamica del protone in membrane di $Pd_{77}\ Ag_{23}$ per mezzo di varie tecniche spettroscopiche di neutroni (Trasmissione, Diffusione Quasi Elastica, Incoerente Anelastica e Profondamente Anelastica), a diverse pressioni e temperature (1, 2, 4 bar, tra 330 e 673 K). La scoperta principale è che la diffusione macroscopica è profondamente legata a quella microscopica. Questo lavoro segue una serie di esperimenti di diffrazione neutronica eseguiti sullo stesso campione e quindi permettono una descrizione sia delle caratteristiche strutturali che delle proprietà dinamiche delle membrane Pd-Ag caricate con H.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

FREZZOTTI ROBERTO

AUTORI:

C. ALEXANDROU, S. BACCHIO, M. CONSTANTINOU, P. DIMOPOULOS, R. FREZZOTTI *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

PHYSICAL REVIEW D

10.1103/PHYSREVD.101.034519

AMBITO DI RICERCA:

FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI TRAMITE QCD SU RETICOLO

Dipartimento di Fisica

MOMENTS OF NUCLEON GENERALIZED PARTON DISTRIBUTIONS FROM LATTICE QCD SIMULATIONS AT PHYSICAL PION MASS

PHYSICAL REVIEW D **101,** 034519 (2020)

Moments of nucleon generalized parton distributions from lattice QCD simulations at physical pion mass

C. Alexandrou,[1,2] S. Bacchio,[2] M. Constantinou,[3] P. Dimopoulos,[4] J. Finkenrath,[2] R. Frezzotti,[4] K. Hadjiyiannakou,[2] K. Jansen,[5] B. Kostrzewa,[6] G. Koutsou,[2] C. Lauer,[7,12] and C. Urbach[8]

(Extended Twisted Mass Collaboration)

[1]*Department of Physics, University of Cyprus, P.O. Box 20537, 1678 Nicosia, Cyprus*
[2]*Computation-based Science and Technology Research Center, The Cyprus Institute, 20 Kavafi Strasse, Nicosia 2121, Cyprus*
[3]*Department of Physics, Temple University, 1925 N. 12th Street, Philadelphia, Pennsylvania 19122-1801, USA*
[4]*Dipartimento di Fisica, Università and INFN di Roma Tor Vergata, 00133 Roma, Italy*
[5]*NIC, DESY, Platanenallee 6, D-15738 Zeuthen, Germany*
[6]*HISKP (Theory), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 14-16, 53115 Bonn, Germany*
[7]*Physics Division, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois 60439, USA*

(Received 4 September 2019; accepted 10 February 2020; published 27 February 2020)

We present results for the moments of nucleon isovector vector and axial generalized parton distribution functions computed within lattice QCD. Three ensembles of maximally twisted mass clover-improved fermions simulated with a physical value of the pion mass are analyzed. Two of these ensembles are generated using two degenerate light quarks. A third ensemble is used having, in addition to the light quarks, strange and charm quarks in the sea. A careful analysis of the convergence to the ground state is carried out that is shown to be essential for extracting the correct nucleon matrix elements. This allows a controlled determination of the unpolarized, helicity, and tensor second Mellin moments. The vector and axial-vector generalized form factors are also computed as a function of the momentum transfer square up to about 1 GeV^2. The three ensembles allow us to check for unquenching effects and to assess lattice finite volume effects.

DOI: 10.1103/PhysRevD.101.034519

I. INTRODUCTION

Understanding the structure of the nucleon in terms of its fundamental constituents is considered a milestone of hadronic physics. During the past decades, parton distribution functions (PDFs) measured at experimental facilities, such as HERA, RHIC, and LHC, have provided valuable insights into the distribution of quarks and gluons within the nucleon. Better determination of PDFs has also helped interpret experimental data and provided input for ongoing and future experiments. Furthermore, the planned Electron-Ion Collider envisions a rich program of measurements, paving the way for nucleon tomography and for mapping the three-dimensional structure of the nucleon.

Obtaining these quantities from first principles is one of the main objectives of lattice QCD, which has seen remarkable progress in recent years. In particular, the recent availability of simulations at the physical values of the quark masses allows for obtaining nucleon matrix elements without the need for a chiral extrapolation, thus eliminating a major source of systematic error. In addition, theoretical progress has enabled the first exploratory study of the parton distribution functions themselves on the lattice as compared to the traditional approach of calculating their moments [1]. While this is a promising approach, progress still needs to be made in order to be able to have a direct quantitative comparison with experiment. Therefore, the calculation of moments on the lattice is crucial for comparing results with experiment, especially as statistical precision for these quantities increases and remaining systematic uncertainties, such as those from the finite lattice spacing, from the finite volume, and from excited state contaminations, come under control.

The generalized parton distributions (GPDs) occur in several physical processes, such as deeply virtual Compton

Published by the American Physical Society under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license. Further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the published article's title, journal citation, and DOI. Funded by SCOAP^3.

2470-0010/2020/101(3)/034519(21) 034519-1 Published by the American Physical Society

La comprensione della struttura di protoni e neutroni (detti nucleoni) in termini dei loro costituenti fondamentali, quark e gluoni (detti partoni), rappresenta un obiettivo primario nella fisica delle interazioni nucleari forti. Ciò è dovuto sia al ruolo chiave della struttura interna dei nucleoni nei processi di diffusione molto anelastica (DIS, per esempio e $N \to e' N'$) sia al fatto che, come nel collisore LHC, i nucleoni spesso entrano come stati iniziali in esperimenti di fisica delle altissime energie. La struttura dei nucleoni è descritta in termini di funzioni di struttura partoniche (PDF), che danno la probabilità di trovare un certo partone con una certa frazione di impulso nel nucleone osservato su scale di distanza $1/\sqrt{Q^2}$. I processi in cui il partone del nucleone che entra nel processo DIS produce fotoni o mesoni osservabili nello stato finale si descrivono tramite PDF generalizzate. La teoria delle interazioni nucleari forti, Quantum Chromo Dynamics (QCD), prevede che l'informazione sulle PDF, contenuta negli elementi di matrice di operatori corrente-elettromagnetica tra stati quantici di singolo nucleone, nel limite di Q^2 grande rispetto alla massa del nucleone può essere estratta da elementi di matrice tra gli stessi stati di opportuni operatori locali, di cui i più importanti sono quelli di spin 2 e dimensione 4 in unità di massa. Gli elementi di matrice rinormalizzati rilevanti per alcune PDF del nucleone sono stati calcolati in questo lavoro, da principi primi e con accuratezza sistematicamente migliorabile, tramite i metodi numerici della QCD su reticolo. Ciò ha richiesto simulazioni Monte Carlo "state-of-the-art" della teoria discretizzata su reticoli spazio-temporali con volumi grandi e spaziature reticolari via via più fini.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

LUCCI MASSIMILIANO

AUTORI:

VALERIO CAMPANARI, MASSIMILIANO LUCCI, LUIGI ANGELO CASTRIOTTA, BARBARA PACI, AMANDA GENEROSI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

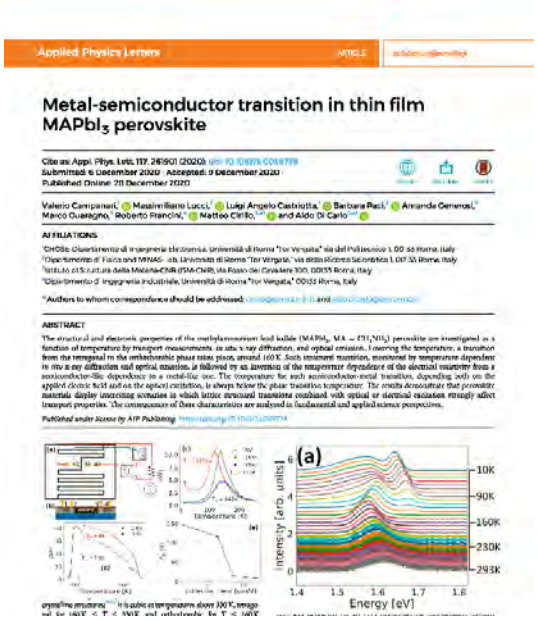
APPLIED PHYSICS LETTERS

10.1063/5.0039738

AMBITO DI RICERCA:

STRUTTURA DELLA MATERIA, CELLE SOLARI, SCIENZA FONDAMENTALE ED APPLICATA

METAL-SEMICONDUCTOR TRANSITION IN THIN FILM $MAPbI_3$ PEROVSKITE


Applied Physics Letters

Metal-semiconductor transition in thin film $MAPbI_3$ perovskite

Cite as: Appl. Phys. Lett. 117, 261901 (2020); https://doi.org/10.1063/5.0039738
Submitted: 6 December 2020 · Accepted: 9 December 2020
Published Online: 28 December 2020

Valerio Campanari,[1] Massimiliano Lucci,[1] Luigi Angelo Castriotta,[1] Barbara Paci,[2] Amanda Generosi,[2] Marco Guerazzo,[1] Roberto Francini,[1] Matteo Ciritto,[1,3] and Aldo Di Carlo[1,4]

AFFILIATIONS

[1]CHOSE-Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università di Roma "Tor Vergata", via del Politecnico 1, 00133 Roma, Italy
[2]Dipartimento di Fisica and MINAS-Lab, Università di Roma "Tor Vergata", via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Roma, Italy
[3]Istituto di Struttura della Materia-CNR (ISM-CNR), via Fosso del Cavaliere 100, 00133 Roma, Italy
[4]Dipartimento d' Ingegneria Industriale, Università di Roma "Tor Vergata," 00133 Roma, Italy

*Authors to whom correspondence should be addressed: [illegible] and [illegible]

ABSTRACT

The structural and electronic properties of the methylammonium lead iodide ($MAPbI_3$, $MA = CH_3NH_3$) perovskite are investigated as a function of temperature by transport measurements, in situ x-ray diffraction, and optical emission. Covering the temperature, a transition from the tetragonal to the orthorhombic phase takes place, around 160 K. Such structural transition, monitored by temperature dependent in situ x-ray diffraction and optical emission, is followed by an inversion of the temperature dependence of the electrical resistivity from a semiconductor-like dependence to a metal-like one. The temperature for such semiconductor-metal transition, depending both on the applied electric field and on the optical excitation, is always below the phase transition temperature. The results demonstrate that perovskite materials display interesting scenarios in which lattice structural transitions combined with optical or electrical excitation strongly affect transport properties. The consequences of these characteristics are analysed in fundamental and applied science perspectives.

Published under license by AIP Publishing. https://doi.org/10.1063/5.0039738

Il lavoro si concentra sullo studio delle proprietà strutturali ed elettroniche della perovskite realizzata da metilammonio piombo ioduro ($MAPbI_3$, $MA = CH_3NH_3$). Questo materiale è risultato essere molto promettente per un gran numero di applicazioni come celle solari, diodi LED, transistor ad effetto di campo e laser per via della grande lunghezza di diffusione dei portatori di carica, del grande coefficiente di assorbimento, della buona mobilità degli elettroni/lacune e per la sua tolleranza ai difetti strutturali. Le caratteristiche di proprietà strutturali ed elettroniche sono state investigate tramite misure di trasporto. Sono state effettuate, inoltre, delle misure di diffrazione di raggi X e di emissione ottica sempre in-situ. Tutte le caratterizzazioni sono state effettuate in funzione della temperatura, andando dalla temperatura ambiente fino alla temperatura di $4K$. Dallo studio effettuato si è notato che intorno ai $160K$ avviene una transizione di fase nel materiale, passando da una struttura reticolare tetragonale ad una ortorombica. Questo cambiamento di fase è stato osservato sia nelle misure di diffrazione di raggi X che negli spettri di emissione ottica in funzione della temperatura. Dalle misure di resistività elettrica in funzione della temperatura si è notato che il cambiamento strutturale si ripercuote anche sulle proprietà di trasporto, modificando il comportamento di tipo semiconduttivo in un comportamento di tipo metallico. Si è osservato, infine, che la temperatura di transizione semiconduttivo-metallico dipende sia dal campo-elettrico applicato sia dall'eccitazione ottica ed avviene sempre ad una temperatura più bassa della temperatura di transizione di fase.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

MERLO VITTORIO

AUTORI:

M. LUCCI, D. CASSI, V. MERLO, R. RUSSO, G. SALINA, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

SCIENTIFIC REPORTS

10.1038/S41598-020-66457-0

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA, MECCANICA STATISTICA

CONDITIONING OF SUPERCONDUCTIVE PROPERTIES IN GRAPH-SHAPED RETICLES

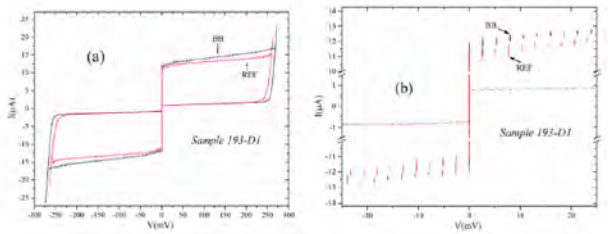


Figure 2. (a) Current-voltage charcteristics of a 100 junctions biased backbone (black) array compared with its "reference" array (red). We can clearly see that both Josephson currents and gap-sum voltage of the graph-embedded backbone array are larger; (b) Enlargement of the part of (a) close to the zero voltage axis showing the successive advancement of the gaps of the graph-embedded backbone array. Here we show both positive and negative parts of the characteristics demonstrating that the observed effects are not generated by one directional voltage offsets or else.

Questo lavoro si inserisce in una linea di ricerca, ormai attiva da diversi anni, dedicata allo studio delle transizioni di fase topologiche in sistemi a stato solido; in particolare, una volta raggiunto lo stato superconduttore a bassa temperatura (tipicamente T minori di 10 K) , viene studiata l'evoluzione a più basse temperature delle proprietà di reticoli di giunzioni Josephson (JJ) realizzati secondo geometrie particolari. In questi studi è stato dimostrato che la corrente critica delle JJ varia in temperatura esibendo le proprietà tipiche di un parametro d'ordine; questi andamenti sono ampiamente giustificati e previsti da modelli teorici basati sullo studio di strutture a grafi. Fisicamente, l'instaurarsi di questi fenomeni avviene quando l'energia associata alla scala di temperatura considerata è dell'ordine dell'energia Josephson delle singole giunzioni. La particolare geometria scelta in questo lavoro consiste in una struttura a doppio pettine (comb-like) su più rami e di una struttura a singolo ramo che viene usata come riferimento; in questo modo si può estrarre l'informazione desiderata per confronto minimizzando anche gli errori sistematici. Sono stati misurati gli andamenti della corrente critica Josephson in funzione della temperatura e del campo magnetico esterno applicato; da queste misure emerge in modo inequivocabile l'andamento singolare di questa grandezza nell'intorno di un particolare valore di T che possiamo identificare come la temperatura critica di una transizione di fase. A questo valore di T corrisponde un ben definito valore dell'energia Josephson, che può essere quindi usato come valore limite per definire l'instaurarsi di questi fenomeni. Inoltre, è stato osservato anche in questo caso un aumento anomalo del gap di energia nell'intorno di T_c; questo particolare andamento è attualmente oggetto di studio e la sua interpretazione teorica è stata affrontata in una pubblicazione separata.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

MIGLIACCIO MARINA

AUTORI:

U. NATALE, L. PAGANO, M. LATTANZI, M. MIGLIACCIO, L. P. COLOMBO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

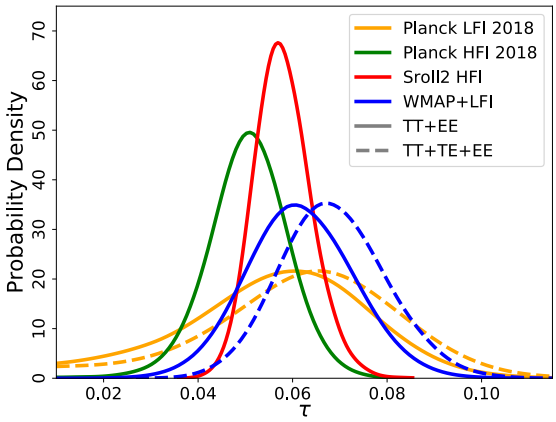
ASTRONOMY & ASTROPHYSICS

10.1051/0004-6361/202038508

AMBITO DI RICERCA:

COSMOLOGIA

A NOVEL CMB POLARIZATION LIKELIHOOD PACKAGE FOR LARGE ANGULAR SCALES BUILT FROM COMBINED WMAP AND PLANCK LFI LEGACY MAPS



La nascita delle prime stelle, galassie e buchi neri ha segnato una cruciale transizione nella evoluzione del cosmo: l'Universo passò dall'oscurità alla luce, dal freddo al caldo, dalla semplicità alla complessa varietà di strutture che possiamo osservare oggi. La luce emessa da quelle prime sorgenti iniziò a diffondersi, ionizzando praticamente ogni atomo esistente e dando luogo a quella che viene identificata come epoca della reionizzazione. Ad oggi, le osservazioni dirette di questa epoca sono poche e la loro interpretazione dibattuta. In questo articolo, misure della radiazione cosmica di fondo (CMB), il bagliore residuo del Big Bang, sono state utilizzate come prova indiretta della reionizzazione. Gli elettroni liberati dal processo di ionizzazione possono infatti interagire con i fotoni della CMB via scattering Thomson, generando un caratteristico segnale di polarizzazione. Il segnale dipende dalla profondità ottica dell'Universo, τ, che è legata all'integrale lungo la linea di vista della densità media di elettroni liberi. Attualmente τ è il parametro del modello standard della cosmologia con la maggiore incertezza associata. In questo articolo, abbiamo stimato τ combinando per la prima volta i dati di legacy dello strumento a bassa frequenza (LFI) della missione ESA Planck e quelli del satellite NASA WMAP (WMAP+LFI in Figura). I vincoli ottenuti sono i più stringenti, ad oggi, da misure di CMB alle basse frequenze e corrispondono ad una significatività di $5.8\,\sigma$. Inoltre, le stime da noi ricavate sull'epoca di formazione delle prime strutture cosmiche sono complementari ed in accordo a quelle ottenute sia dai dati dello strumento ad alta frequenza (HFI) di Planck che da altre osservazioni astrofisiche.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

MOLETI ARTURO

AUTORI:

MOLETI, A., D'AMICO, A., ORLANDO, M.P., PENNAZZA, G., SANTONICO, M. *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

AEROTECNICA MISSILI E SPAZIO

10.1007/S42496-020-00042-6

AMBITO DI RICERCA:

ACUSTICA FISIOLOGICA

MISSION BEYOND: THE ACOUSTIC DIAGNOSTICS EXPERIMENT ON BOARD THE INTERNATIONAL SPACE STATION

L'esperimento Acoustic Diagnostics, finanziato da ASI, e realizzato presso il Dip. di Fisica dell'Università di Roma Tor Vergata, è in uso sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS) per monitorare la funzione uditiva degli astronauti in condizioni prolungate di microgravità, attraverso la misura di prodotti di distorsione otoacustici (DPOAE). In un sistema di riferimento in caduta libera, come la Stazione Spaziale orbitante, si verifica un aumento anomalo della pressione dei fluidi intracranici, con possibili effetti avversi sull'udito e sulla visione. Le emissioni otoacustiche sono segnali acustici generati nell'organo sensoriale del'udito, la coclea, e misurabili nel canale uditivo, utilizzate come tecnica diagnostica obiettiva e non invasiva della funzionalità uditiva. I DPOAE sono generati da un meccanismo di distorsione legato alle proprietà nonlineari delle cellule ciliate esterne (OHC), che attraverso un meccanismo di amplificazione attiva, forniscono all'udito dei mammiferi eccezionale sensibilità di soglia e ottima risoluzione in frequenza. Il livello dei DPOAE è sensibile alla funzionalità delle OHC, mentre la loro fase è sensibile alla trasmissione dell'orecchio medio e alla larghezza di banda dei filtri cocleari. Il payload inviato a bordo della ISS implementa soluzioni tecnologiche non disponibili negli strumenti commerciali, quali la calibrazione della pressione forward nel canale uditivo e la separazione delle componenti DPOAE con tecnica wavelet, unitamente a un originale sistema di isolamento acustico a due stadi. L'esperimento Acoustic Diagnostics è stato effettuato con successo da due astronauti ESA e NASA nel 2019-20, dimostrando la fattibilità di misure otoacustiche con elevato rapporto segnale-rumore in un ambiente rumoroso come la ISS.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

MORANTE SILVIA

AUTORI:

S. MORANTE, G. LA PENNA, G.C. ROSSI, F. STELLATO

RIVISTA (DOI):

FRONTIERS IN MOLECULAR BIOSCIENCES

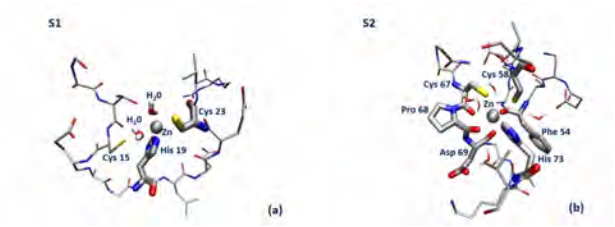
10.3389/FMOLB.2020.00222

AMBITO DI RICERCA:

BIOFISICA

Dipartimento di Fisica

SARS-COV-2 VIRION STABILIZATION BY Zn BINDING



I geni ORF7a and ORF8 di SARS-CoV-2 codificano per due proteine non-strutturali, rispettivamente orf7a and orf8, la cui funzione non è ancora nota. La proteina orf7a è presente in tutti i virus SARS-CoV ed è altamente conservata, mentre orf8 è significativamente diversa dall'equivalente in SARS-CoV-1. In questo lavoro si ipotizza che orf8 abbia un ruolo nel contrastare l'immobilizzazione del virione. Il virus viene riconosciuto dalla BST2 (Bone Marrow Stromal Antigen), una molecola del sistema immunitario localizzata sulla membrana che ha il ruolo di bloccare la replicazione del virus intrappolandolo sulla superficie della cellula. BST2 è attiva e funzionante in forma di dimero per la stabilità del quale è necessaria la presenza di ioni $Zn(II)$. La nostra ipotesi è che orf7a e orf8 impediscano l'azione di BST2. Quindi, sostituendo lo Zn con un altro ione p.e. il Mg o utilizzando farmaci basati $Ag(I)$ o $Au(I)$, la formazione dei complessi orf7a/BST2 and orf8/BST2 potrebbe essere inibita e la replicazione del virus significativamente ridotta. Per provare la validità di questa ipotesi ci stiamo impegnando in un progetto a lungo termine per produrre modelli atomistici dei complessi orf7a/BST2 and orf8/BST2 in presenza e in assenza di ioni metallici. I modelli serviranno a interpretare dati provenienti da misure sperimentali in corso (una campagna di misure XAS è stata approvata e si svolgerà ad Aprile 2021).

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

NARICI LIVIO

AUTORI:

LIVIO NARICI, ELENA TITOVA, ANDRÉ OBENAUS, ANDREW WROE, LILIA LOREDO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

LIFE SCIENCES IN SPACE RESEARCH

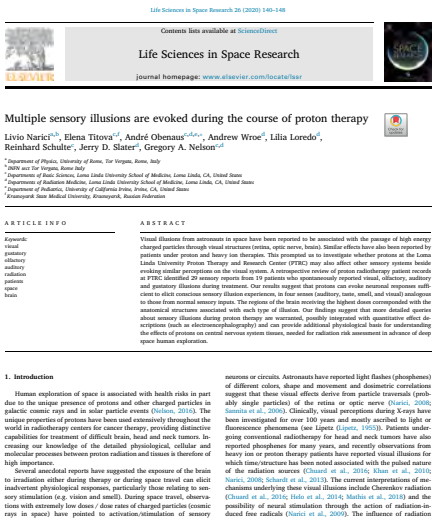
10.1016/ J.LSSR.2020.04.006

AMBITO DI RICERCA:

INTERAZIONE RADIAZIONE CARICA–FUNZIONE CEREBRALE, ESPLORAZIONE UMANA DELLO SPAZIO

Dipartimento di Fisica

MULTIPLE SENSORY ILLUSIONS ARE EVOKED DURING THE COURSE OF PROTON THERAPY


Life Sciences in Space Research 26 (2020) 140–148

Contents lists available at ScienceDirect

Life Sciences in Space Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lssr

Multiple sensory illusions are evoked during the course of proton therapy

Livio Narici[a,b], Elena Titova[c,d], André Obenaus[c,d,*], Andrew Wroe[e], Lilia Loredo[f], Reinhard Schulte[c], Jerry D. Slater[e], Gregory A. Nelson[c,d]

[a] Department of Physics, University of Rome, Tor Vergata, Rome, Italy
[b] INFN sez Tor Vergata, Rome Italy
[c] Departments of Basic Sciences, Loma Linda University School of Medicine, Loma Linda, CA, United States
[d] Departments of Radiation Medicine, Loma Linda University School of Medicine, Loma Linda, CA, United States
[e] Department of Pediatrics, University of California Irvine, Irvine, CA, United States
[f] Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation

ARTICLE INFO

Keywords:
visual
gustatory
olfactory
auditory
radiation
patients
space
brain

ABSTRACT

Visual illusions from astronauts in space have been reported to be associated with the passage of high energy charged particles through visual structures (retina, optic nerve, brain). Similar effects have also been reported by patients under proton and heavy ion therapies. This prompted us to investigate whether protons at the Loma Linda University Proton Therapy and Research Center (PTRC) may also affect other sensory systems beside evoking similar perceptions on the visual system. A retrospective review of proton radiotherapy patient records at PTRC identified 29 sensory reports from 19 patients who spontaneously reported visual, olfactory, auditory and gustatory illusions during treatment. Our results suggest that protons can evoke neuronal responses sufficient to elicit conscious sensory illusion experiences, in four senses (auditory, taste, smell, and visual) analogous to those from normal sensory inputs. The regions of the brain receiving the highest doses corresponded with the anatomical structures associated with each type of illusion. Our findings suggest that more detailed queries about sensory illusions during proton therapy are warranted, possibly integrated with quantitative effect descriptions (such as electroencephalography) and can provide additional physiological basis for understanding the effects of protons on central nervous system tissues, needed for radiation risk assessment in advance of deep space human exploration.

1. Introduction

Human exploration of space is associated with health risks in part due to the unique presence of protons and other charged particles in galactic cosmic rays and in solar particle events (Nelson, 2016). The unique properties of protons have been used extensively throughout the world in radiotherapy centers for cancer therapy, providing distinctive capabilities for treatment of difficult brain, head and neck tumors. Increasing our knowledge of the detailed physiological, cellular and molecular processes between proton radiation and tissues is therefore of high importance.

Several anecdotal reports have suggested the exposure of the brain to irradiation either during therapy or during space travel can elicit inadvertent physiological responses, particularly those relating to sensory stimulation (e.g. vision and smell). During space travel, observations with extremely low doses / dose rates of charged particles (cosmic rays in space) have pointed to activation/stimulation of sensory neurons or circuits. Astronauts have reported light flashes (phosphenes) of different colors, shape and movement and dosimetric correlations suggest that these visual effects derive from particle traversals (probably single particles) of the retina or optic nerve (Narici, 2008; Sannita et al., 2006). Clinically, visual perceptions during X-rays have been investigated for over 100 years and mostly ascribed to light or fluorescence phenomena (see Lipetz (Lipetz, 1955)). Patients undergoing conventional radiotherapy for head and neck tumors have also reported phosphenes for many years, and recently observations from heavy ion or proton therapy patients have reported visual illusions for which time/structure has been noted associated with the pulsed nature of the radiation sources (Chuard et al., 2016; Khan et al., 2010; Narici, 2008; Schaefi et al., 2013). The current interpretations of mechanisms underlying these visual illusions include Cherenkov radiation (Chuard et al., 2016; Hale et al., 2014; Mathis et al., 2013) and the possibility of neural stimulation through the action of radiation-induced free radicals (Narici et al., 2009). The influence of radiation

* Corresponding author at: Department of Pediatrics, University of California Irvine, Irvine, CA 92697, United States.
E-mail address: obenaus@uci.edu (A. Obenaus).

https://doi.org/10.1016/j.lssr.2020.04.006
Received 10 March 2020; Received in revised form 10 April 2020; Accepted 22 April 2020
2214-5524/ © 2020 The Committee on Space Research (COSPAR). Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

L'attività umana al di fuori del nostro pianeta aumenterà significativamente: il ritorno sulla Luna e il primo essere umano su Marte sono infatti previsti entro un paio di decenni. Alcuni recenti studi suggeriscono una possibile riduzione della qualità cognitiva degli astronauti durante lunghe missioni nello spazio profondo come effetto del cumulo delle radiazioni cosmiche. Questo studio si inserisce in tele ambito e prende spunto dai lampi di luce percepiti dagli astronauti in assenza di luce, dovuti a interazioni tra la radiazione carica cosmica e il sistema sensoriale visivo, in particolare la retina. Viene riportata la scoperta che pazienti di protonterapia, quando irradiati nella testa, percepiscono non solo lampi di luce, come già previsto, ma anche altre illusioni sensoriali (uditive, olfattive, gustatorie). Questa è la prima evidenza sull'uomo che le particelle possano interagire con il sistema cerebrale al di là della retina, direttamente in corteccia, alterando le sensazioni. Le ricadute sulla comprensione dell'interazione tra la radiazione nello spazio e la funzione cerebrale in generale sono evidenti. Lo studio è retrospettivo. Sono state analizzate le note del fisiologo responsabile, redatte durante ogni incontro (prima, durante e dopo la terapia) per 300 pazienti e selezionati 19 pazienti, per un totale di 27 illusioni (i pazienti spesso riportavano più illusioni durante la terapia). Questi sono stati studiati nel dettaglio, correlando i loro report con il piano terapeutico, cioè con l'ammontare di radiazione nelle diverse regioni cerebrali. I risultati mostrano come la deposizione di energia da parte dei protoni nei siti cerebrali responsabili della trasduzione e integrazione sensoriale, sia la responsabile primaria dell'attivazione delle illusioni.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

PACE EMANUELE

AUTORI:

EMANUELE PACE, MATTEO RINALDI, GIOVANNI SALME', SERGIO SCOPETTA

RIVISTA (DOI):

PHYSICA SCRIPTA

10.1088/1402-4896/AB8951

AMBITO DI RICERCA:

FISICA ADRONICA

EMC EFFECT, FEW-NUCLEON SYSTEMS AND POINCARÉ COVARIANCE

IOP Publishing Physica Scripta
Phys. Scr. 96 (2020) 064008 (8pp) https://doi.org/10.1088/1402-4896/ab8951

EMC effect, few-nucleon systems and Poincaré covariance

Emanuele Pace[1], Matteo Rinaldi[2], Giovanni Salmè[3] and Sergio Scopetta[2]

[1] Università di Roma 'Tor Vergata' and INFN, Sezione di Roma Tor Vergata, Italy
[2] Università di Perugia and INFN, Sezione di Perugia, Italy
[3] INFN, Sezione di Roma, Italy

E-mail: pace@roma2.infn.it

Received 23 February 2020, revised 6 April 2020
Accepted for publication 15 April 2020
Published 18 May 2020

Abstract

An approach for a Poincaré covariant description of nuclear structure and of lepton scattering off nuclei is proposed within the relativistic Hamiltonian dynamics in the light-front form. Indeed a high level of accuracy is needed for a comparison with the increasingly precise present and future experimental data at high momentum transfer. Therefore, to distinguish genuine QCD effects or effects of medium modified nucleon structure functions from conventional nuclear structure effects, the commutation rules between the Poincaré generators should be satisfied. For the first time in this paper a proper hadronic tensor for inclusive deep inelastic scattering of electrons off nuclei is derived in the impulse approximation in terms of the single nucleon hadronic tensor. Our approach is based : i) on a light-front spectral function for nuclei, obtained taking advantage of the successful non-relativistic knowledge of nuclear interaction, and ii) on the free current operator that, if defined in the Breit reference frame with the momentum transfer, **q**, parallel to the z axis, fulfills Poincaré covariance and current conservation. Our results can be generalized : i) to exclusive processes or to semi-inclusive deep inelastic scattering processes; ii) to the case where the final state interaction is considered through a Glauber approximation; iii) to finite momentum transfer kinematics. As a first test, the hadronic tensor is applied to obtain the nuclear structure function F_2^A and to evaluate the EMC effect for ^3He in the Bjorken limit. Encouraging results including only the two-body part of the light-front spectral function are presented.

Keywords: deep inelastic lepton scattering off nuclei, Poincaré covariance, light-front Hamiltonian dynamics

(Some figures may appear in colour only in the online journal)

1. Introduction

The picture of nuclei as bound systems of nucleons and pions within a non-relativistic framework has reached a wide success in describing the properties of nuclei, although the fundamental theory for strong interacting systems is QCD with quarks and gluons as elementary degrees of freedom.

One of the most challenging issues is to understand the dynamical mechanism that is able to confine quarks and gluons in the effective degrees of freedom investigated by nuclear physics, i.e. meson and nucleon. This issue is nowadays one of the main motivations of experimental efforts of an increasing worldwide community, like the initiatives for the development of the Electron Ion Collider (EIC) (see, e.g., [1–4]). In view of this, also theoretical efforts aiming at improving the description of nuclei are highly desirable, since after all nuclei represent the best QCD laboratory that Nature might yield. It is very important to take into account as many general principles as we can, particularly the Poincaré covariance, since it appears to be a prerequisite for avoiding possible ambiguities in the assessment of different effects.

A phenomenon that could indicate an explicit manifestation of QCD degrees of freedom in nuclei is the EMC effect

 © 2020 IOP Publishing Ltd Printed in the UK

È stato proposta una descrizione Poincaré covariante della struttura nucleare e della diffusione di leptoni da nuclei nell'ambito della dinamica hamiltoniana relativistica nella forma fronte. Per un confronto con esperimenti presenti e futuri a grandi impulsi trasferiti. e' richiesto un elevato livello di accuratezza e devono essere soddisfatte le regole di commutazione tra I generatori di Poincaré per distinguere genuini effetti di cromodinamica quantistica o effetti di funzioni di struttura dei nucleoni modificate in un mezzo, da semplici effetti di struttura nucleare. In questo lavoro si deriva per la prima volta rispettando la covarianza di Poincaré un tensore adronico per la diffusione inclusiva profondamente inelastica di elettroni da nuclei in termini del tensore adronico di un singolo nucleone in approssimazione di impulso. L'approccio si basa su : 1) una funzione spettrale light-front per i nuclei, che utilizza tutta la conoscenza della interazione nucleare ottenuta nell'ambito della dinamica non relativistica; 2) un operatore di corrente ad un corpo che soddisfa covarianza di Poincaré e conservazione della corrente, definito nel sistema di riferimento di Breit con l'impulso trasferito diretto lungo l'asse z. I risultati possono essere generalizzati : 1) a processi esclusivi o semi inclusivi di diffusione profondamente inelastica; 2) a casi in cui si include l'interazione nello stato finale in approssimazione di Glauber; 3) a cinematiche con impulso trasferito finito. Come primo test, il tensore adronico é stato applicato per ricavare la funzione di struttura nucleare F_2^A e per calcolare l'effetto EMC per l'^3He nel limite di Bjorken. I risultati preliminari che includono la parte a due corpi della funzione spettrale sono molto incoraggianti.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

PALUMMO PATRIZIA

AUTORI:

DANIELE VARSANO, MAURIZIA PALUMMO, ELISA MOLINARI, MASSIMO RONTANI

RIVISTA (DOI):

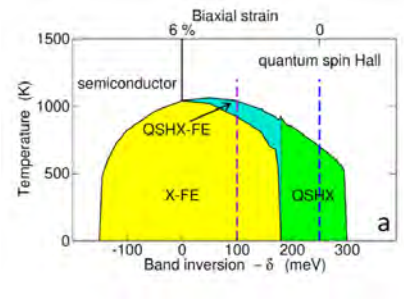
NATURE NANOTECHNOLOGY

10.1038/S41565-020-0650-4

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA

A MONOLAYER TRANSITION-METAL DICHALCOGENIDE AS A TOPOLOGICAL EXCITONIC INSULATOR



Utilizzando avanzate metodologie teorico-computazionali basate sulla meccanica quantistica abbiamo effettuato uno studio delle proprietà fondamentali di un nuovo materiale bidimensionale il solfuro di molibdeno MoS_2 nella fase tetragonale distorta T' mostrando come oltre a essere un isolante topologico sia anche un isolante eccitonico. Tale fase si può verificare quando nel materiale si formano spontaneamente delle particelle dette eccitoni cioè delle coppie legate elettrone-buca, dove la buca non è altro che il vuoto lasciato dall'elettrone quando si muove nel reticolo cristallino. Grazie alla bassa dimensionalità e al basso schermo dielettrico, l'interazione attrattiva elettrone-buca può essere molto più forte che nei tradizionali materiali tridimensionali e ciò permette che gli eccitoni possano essere fortemente legati anche a temperatura ambiente. Se poi la loro energia legame è superiore alla gap elettronica del materiale si può verificare il fenomeno dell'instabilità eccitonica e quindi la condizione per cui lo stato fondamentale non è più quello normale ma una fase quantistica fortemente correlata in cui gli eccitoni, in modo analogo alle coppie di Cooper nei materiali superconduttivi, formano un condensato di Bose-Einstein in grado di produrre correnti elettriche senza dissipazione di energia. Lo studio ha evidenziato come le proprietà topologiche ed eccitoniche coesistano a temperatura ambiente e come la temperatura, la pressione o la presenza di un substrato siano parametri che possono essere usati per modulare le proprietà elettroniche. Le simulazioni che hanno portato a questi risultati sono state possibili grazie agli avanzamenti raggiunti nelle tecnologie di calcolo parallelo permettono ora di validare teorie e predire comportamenti della materia impossibili da studiare fino a pochi anni fa, e di proporre esperimenti per scoprire proprietà della materia ancora inosservate. Questo studio rientrava nella tematica del progetto 2DUTOPI finanziato dall'Ateneo di "Tor Vergata" ed i calcoli della teoria delle perturbazioni a molti corpi sono stati eseguiti anche grazie al progetto di supercalcolo Europeo PRACE 2DOPTEL.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

PERFETTO ENRICO

AUTORI:

ENRICO PERFETTO, GIANLUCA STEFANUCCI

RIVISTA (DOI):

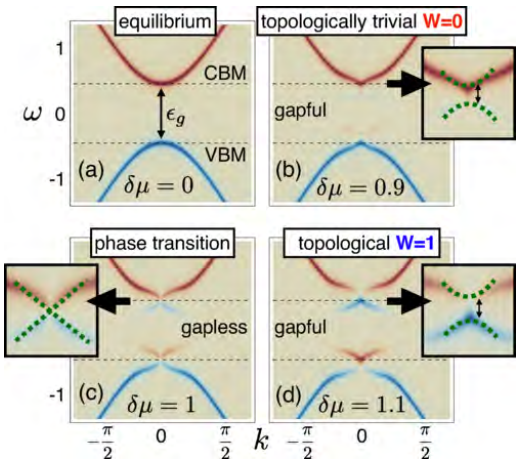
PHYSICAL REVIEW LETTERS

10.1103/PHYSREVLETT.125.106401

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA

FLOQUET TOPOLOGICAL PHASE OF NONDRIVEN p-WAVE NONEQUILIBRIUM EXCITONIC INSULATORS



È ben noto che materiali aventi una fase superfluida con parametro d'ordine con simmetria p presentano proprietà topologiche non-triviali, che possono potenzialmente essere sfruttate per realizzare computers quantistici. Questi sistemi sono caratterizzati da stati di bordo "topologicamente protetti" che si comportano come fermioni di Majorana e che possono costituire i mattoni fondamentali di un bit quantistico particolarmente resistente rispetto alle tipiche perturbazioni che tendono a distruggere la coerenza quantica. In questo articolo abbiamo dimostrato che dei fermioni di Majorana possono formarsi ai bordi di semiconduttori che sono normali (cioè non topologici) nello stato fondamentale, ma che sviluppano una fase superfluida topologica quando vengono illuminati da luce coerente. Affinché ciò accada é fondamentale che la foto-eccitazione avvenga in risonanza con un eccitone otticamente attivo. Ricordiamo che gli eccitoni sono delle eccitazioni formate da coppie legate elettrone-lacuna e che si comportano come dei bosoni compositi. Durante l'illuminazione vengono creati degli eccitoni che formano un condensato di Bose-Einstein caratterizzato da una polarizzazione macroscopica che oscilla nel tempo in modo periodico. La fase topologica appare quando la densità eccitonica oltrepassa un valore critico. Abbiamo anche proposto un esperimento di fotoemissone risolto in tempo per visualizzare questa transizione di fase topologica. Lo spettro di fotoemissione presenta una gap al di sopra e al di sotto della densità critica, ma la gap si chiude quando avviene la transizione. Al chiudersi della gap lo spettro di fotoemissione diventa relativistico e mostra il tipico cono di Dirac.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

PICOZZA PIERGIORGIO

AUTORI:

MIRKO BOEZIO, RICCARDO MUNINI, PIERGIORGIO PICOZZA

RIVISTA (DOI):

PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS

10.1016/ J.PPNP.2020.103765

AMBITO DI RICERCA:

ASTROPARTICELLE

Dipartimento di Fisica

COSMIC RAY DETECTION IN SPACE

Progress in Particle and Nuclear Physics 112 (2020) 103765

Contents lists available at ScienceDirect

Progress in Particle and Nuclear Physics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ppnp

Review

Cosmic ray detection in space

Mirko Boezio [a,b], Riccardo Munini [a,b], Piergiorgio Picozza [c,d,*]

[a] INFN, Sezione di Trieste, I-34149 Trieste, Italy
[b] IFPU, I-34014 Trieste, Italy
[c] INFN, Sezione di Roma "Tor Vergata", I-00133 Rome, Italy
[d] Department of Physics, University of Rome "Tor Vergata", I-00133 Rome, Italy

ARTICLE INFO

Article history:
Available online 3 February 2020

Keywords:
Cosmic rays
Space instrumentation
Particle detectors
Antimatter
Dark matter
Heliosphere

ABSTRACT

Cosmic rays are energetic particles composed primarily of protons and helium nuclei but including, with varying abundances, all atomic nuclei species, electrons and even antiparticles. They originate from sources that, save for the highest energies, are located in the Galaxy. After more than one century from their discovery and except for a clear contribution, particularly important at energies lower than a few GeV, from our Sun the origin of cosmic rays is still an open question. Supernovae explosion, pulsars, relativistic jets, active galactic nuclei, have been proposed as sources of cosmic rays although unambiguous evidences have still to be found. The study of the cosmic radiation have been approached, indirectly, with instrumentation located on ground and, directly, with apparatus placed on stratospheric balloons and satellites. The last decades have seen a flourishing of new techniques applied to space science with satellite-borne experiments taking center stage in the unveiling of the properties of the cosmic radiation.

© 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.

Contents

1. Introduction 2
2. Detection of cosmic rays from space 4
2.1. Physical quantities relevant for cosmic ray studies 4
2.2. Energy measurements 4
2.2.1. Magnetic spectrometers 4
2.2.2. Calorimeters 7
2.2.3. Velocity measurements 9
2.3. Particle identification 10
2.3.1. Charge identification 11
2.3.2. Isotope separation 11
2.3.3. Discrimination of $Z = 1$ particles 13
2.4. UHECR observation from space 16
2.4.1. UHECR space instrumentation 17
2.4.2. The UHECR stratospheric balloon program 19
3. A new era of precision measurements of cosmic rays in space 19
3.1. The heliosphere and its influence on the cosmic radiation 19
3.1.1. The sun and the solar activity 20
3.1.2. Cosmic ray through the heliosphere 20

* Corresponding author at: Physics Department, University of Rome Tor Vergata, Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy.
E-mail address: Piergiorgio.Picozza@roma2.infn.it (P. Picozza).

https://doi.org/10.1016/j.ppnp.2020.103765
0146-6410/ © 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.

I raggi cosmici sono particelle energetiche composte principalmente da protoni e nuclei di elio, ma includono, con abbondanze variabili, tutte le specie di nuclei atomici, elettroni ed anche antiparticelle. L'esplosione di supernovae, pulsar, getti relativistici, nuclei galattici attivi, sono stati proposti come origine dei raggi cosmici nella nostra Galassia, anche se prove certe devono ancora essere trovate. Lo studio dei raggi cosmici rappresenta uno dei successi più impressionanti della ricerca sperimentale in astrofisica, espandendosi per circa 32 ordini di grandezza nella determinazione del flusso e fino a $10^{20}\ eV$ in energia esplorata. In questo spettro energetico ci sono, ben nascoste, le risposte alle principali domande nella ricerca sui raggi cosmici. Da dove arrivano e come vengono accelerati? Come si propagano attraverso il mezzo interstellare? A quali energie il contributo extragalattico diventa dominante? Quali indizi ci indicano l'esistenza di particelle esotiche, tracce dell'Universo primordiale, come antimateria e materia oscura? Nell'articolo vengono discussi i principali studi sperimentali sui raggi cosmici effettuati nello spazio o vicino al "top" dell'atmosfera su palloni stratosferici, satelliti, Stazione Spaziale Internazionale. Particolare attenzione è riservata alle tecniche più avanzate di rivelazione diretta e indiretta delle particelle. Vengono poi presentati i risultati ottenuti dalle varie missioni, con una dettagliata discussione sulla interpretazione dei dati, principalmente in chiave di segnali di materia oscura o di nuovi paradigmi di propagazione delle particelle nella Galassia. A parte vengono considerati i raggi cosmici di altissima energia di origine extragalattica. Uno sguardo sul futuro nel campo dei raggi cosmici conclude la rassegna.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

PUCACCO GIUSEPPE

AUTORI:

HEINZ HANSSMANN, ANTONELLA MARCHESIELLO, GIUSEPPE PUCACCO

RIVISTA (DOI):

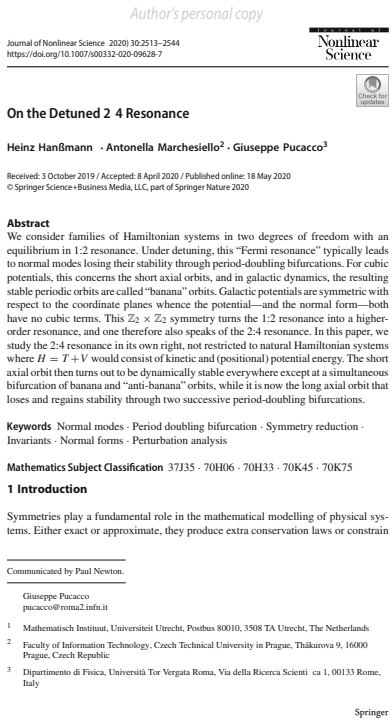
JOURNAL OF NONLINEAR SCIENCE

10.1007/S00332-020-09628-7

AMBITO DI RICERCA:

MECCANICA ANALITICA

ON THE DETUNED 2:4 RESONANCE



Author's personal copy

Journal of Nonlinear Science 2020) 30:2513–2544
https://doi.org/10.1007/s00332-020-09628-7

Nonlinear Science

On the Detuned 2 4 Resonance

Heinz Hanßmann · Antonella Marchesiello[2] · Giuseppe Pucacco[3]

Received: 3 October 2019 / Accepted: 8 April 2020 / Published online: 18 May 2020
© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2020

Abstract
We consider families of Hamiltonian systems in two degrees of freedom with an equilibrium in 1:2 resonance. Under detuning, this "Fermi resonance" typically leads to normal modes losing their stability through period-doubling bifurcations. For cubic potentials, this concerns the short axial orbits, and in galactic dynamics, the resulting stable periodic orbits are called "banana" orbits. Galactic potentials are symmetric with respect to the coordinate planes whence the potential—and the normal form—both have no cubic terms. This $\mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2$ symmetry turns the 1:2 resonance into a higher-order resonance, and one therefore also speaks of the 2:4 resonance. In this paper, we study the 2:4 resonance in its own right, not restricted to natural Hamiltonian systems where $H = T + V$ would consist of kinetic and (positional) potential energy. The short axial orbit then turns out to be dynamically stable everywhere except at a simultaneous bifurcation of banana and "anti-banana" orbits, while it is now the long axial orbit that loses and regains stability through two successive period-doubling bifurcations.

Keywords Normal modes · Period doubling bifurcation · Symmetry reduction · Invariants · Normal forms · Perturbation analysis

Mathematics Subject Classification 37J35 · 70H06 · 70H33 · 70K45 · 70K75

1 Introduction

Symmetries play a fundamental role in the mathematical modelling of physical systems. Either exact or approximate, they produce extra conservation laws or constrain

Communicated by Paul Newton.

Giuseppe Pucacco
pucacco@roma2.infn.it

1 Mathematisch Instituut, Universiteit Utrecht, Postbus 80010, 3508 TA Utrecht, The Netherlands

2 Faculty of Information Technology, Czech Technical University in Prague, Thákurova 9, 16000 Prague, Czech Republic

3 Dipartimento di Fisica, Università Tor Vergata Roma, Via della Ricerca Scienti ca 1, 00133 Rome, Italy

Springer

Consideriamo famiglie di sistemi hamiltoniani in due gradi di libertà con un equilibrio in risonanza 1:2 ("risonanza di Fermi"). Desintonizzando leggermente di risonanza, questa porta tipicamente alla perdita di stabilità dei modi normali a causa di biforcazioni che raddoppiano il periodo. Per i potenziali cubici ciò riguarda le orbite assiali e nella dinamica galattica le orbite periodiche stabili risultanti sono le orbite ``a banana''. I potenziali galattici sono simmetrici rispetto ai piani coordinati per cui il potenziale --- e la forma normale --- non hanno termini cubici. Questa simmetria $Z_2 X Z_2$ trasforma la risonanza in una risonanza di ordine superiore. In questo articolo studiamo la risonanza 2:4 a sé stante, non limitandoci ai sistemi Hamiltoniani naturali dove l'hamiltoniana consisterebbe della somma di energia potenziale e cinetica. L'orbita assiale più corta risulta quindi essere dinamicamente stabile dappertutto eccetto per una biforcazione simultanea di banana e orbite ''anti-banana'', mentre ora è l'orbita assiale lunga quella che perde e riacquista stabilità attraverso due successivi raddoppi di periodo (biforcazioni).

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

PULCI OLIVIA

AUTORI:

STELLA KUTROVSKAYA, ANTON OSIPOV, STEPAN BARYSHEV, ANTON ZASEDATELEV, OLIVIA PULCI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

NANO LETT.

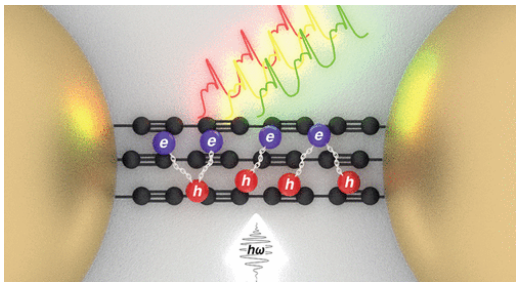
10.1021/ACS.NANOLETT.0C02244

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA

Dipartimento di Fisica

EXCITONIC FINE STRUCTURE IN EMISSION OF LINEAR CARBON CHAINS



Il carbonio, elemento fondamentale della vita, cristallizza in varie forme allotropiche aventi proprietà molto diverse. Esempi sono: fullereni (0D), nanotubi (1D), grafene (2D), diamante e grafite (3D) ecc. Le forme a bassa dimensionalità presentano proprietà elettroniche esclusive che li rendono promettenti per una varietà di applicazioni nella nanoelettronica e nella fotonica. Le catene monoatomiche di carbonio sono tra i nuovi materiali di enorme interesse per la comunità scientifica, poiché possiedono proprietà meccaniche e ottiche uniche. Tali catene hanno due forme allotropiche: cumulene e polyyne, e potrebbero formare il più robusto di tutti i cristalli conosciuti. I calcoli mostrano che il polyyne a catena infinita è un semiconduttore con gap di banda diretta e ha proprietà ottiche insolite: possono emettere luce visibile. Hanno quindi un'elevata potenzialità per applicazioni optoelettroniche, specialmente in nanolasing e emettitori di singoli fotone. Queste forme allotropiche sono pero' elusive, molto difficili da stabilizzare. In questo lavoro pubblicato con il contributo teorico del gruppo della Prof. Olivia Pulci, la stabilizzazione meccanica delle catene di C è stata ottenuta grazie a nanoparticelle d'oro attaccate alle due estremità. La fotoluminescenza mostra caratteristici picchi di tripletto che si ripetono per catene di diverse lunghezze. La fisica fondamentale delle catene di carbonio monoatomiche è estremamente ricca e l'impatto di questo lavoro sullo sviluppo complessivo della fisica dello stato solido può essere paragonabile all'impatto dell'introduzione del grafene.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

ROCCHI ALESSIO

AUTORI:

A. ROCCHI, LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION AND VIRGO COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS

10.3847/2041-8213/ABA493

AMBITO DI RICERCA:

ONDE GRAVITAZIONALI, INTERAZIONI FONDAMENTALI, ASTROFISICA

Università di Roma Tor Vergata

Dipartimento di Fisica

PROPERTIES AND ASTROPHYSICAL IMPLICATIONS OF THE 150 $M_\odot$ BINARY BLACK HOLE MERGER GW190521

Properties and astrophysical implications of the 150 $M_\odot$ binary black hole merger GW190521

LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration

ABSTRACT

The gravitational-wave signal GW190521 is consistent with a binary black hole merger source at redshift 0.8 with unusually high component masses, $85^{+21}_{-14}\,M_\odot$ and $66^{+17}_{-18}\,M_\odot$, compared to previously reported events, and shows mild evidence for spin-induced orbital precession. The primary falls in the mass gap predicted by (pulsational) pair-instability supernova theory, in the approximate range 65 – 120 $M_\odot$. The probability that at least one of the black holes in GW190521 is in that range is 99.0%. The final mass of the merger ($142^{+28}_{-16}\,M_\odot$) classifies it as an intermediate-mass black hole. Under the assumption of a quasi-circular binary black hole coalescence, we detail the physical properties of GW190521's source binary and its post-merger remnant, including component masses and spin vectors. Three different waveform models, as well as direct comparison to numerical solutions of general relativity, yield consistent estimates of these properties. Tests of strong-field general relativity targeting the merger-ringdown stages of the coalescence indicate consistency of the observed signal with theoretical predictions. We estimate the merger rate of similar systems to be $0.13^{+0.19}_{-0.05}\,Gpc^{-3}\,yr^{-1}$. We discuss the astrophysical implications of GW190521 for stellar collapse, and for the possible formation of black holes in the pair-instability mass gap through various channels: via (multiple) stellar coalescences, or via hierarchical mergers of lower-mass black holes in star clusters or in active galactic nuclei. We find it to be unlikely that GW190521 is a strongly lensed signal of a lower-mass black hole binary merger. We also discuss more exotic possible sources for GW190521, including a highly eccentric black hole binary, or a primordial black hole binary.

Keywords: Gravitational waves – Black holes – Intermediate-mass black holes – Massive stars – Supernovae

1. INTRODUCTION

The gravitational-wave (GW) signal GW190521 (Abbott et al. 2020; Abbott et al. 2019a) was observed by the Advanced LIGO (Aasi et al. 2015) and Advanced Virgo (Acernese et al. 2015) detectors during their third observing run (O3). The event was found with four different search pipelines, both at low-latency and offline with improved background estimation; an offline search sensitive to generic transients found GW190521 with a three-detector network signal-to-noise ratio of 14.7, and an estimated false-alarm rate of 1 in 4900 yr (Abbott et al. 2020). Another candidate GW signal was reported later on the same day (Abbott et al. 2019b). The source of GW190521 is consistent with being a high mass binary black hole (BBH) system. The final merger product of GW190521, with an estimated mass of $142^{+28}_{-16}\,M_\odot$ (all values quoted as medians with symmetric 90% credible interval), is the first strong observational evidence for an intermediate-mass black hole (IMBH) in the mass range $10^2 - 10^5\,M_\odot$, under the assumption of a quasi-circular BBH coalescence. This merger of two high mass black holes (primary mass $85^{+21}_{-14}\,M_\odot$, secondary mass $66^{+17}_{-18}\,M_\odot$) is also exceptional as the first observation of a black hole (BH) that lies with high confidence in the mass gap predicted by pair-instability (PI) supernova theory (Woosley 2017); the probability that the primary mass is below 65 $M_\odot$ is 0.3%. This high component mass represents a challenge for current astrophysical formation scenarios.

The very short duration (approximately 0.1 s) and bandwidth (around 4 cycles in the frequency band 30–80 Hz) of GW190521 means that the interpretation of the source as being a quasi-circular compact binary coalescence consisting of inspiral, merger and ringdown phases is not certain. Under that interpretation we find that the observed signal, including its frequency evolution, is entirely consistent both with three different waveform models derived from analytical and/or numerical solutions of general relativity (GR), and with direct comparisons to numerical relativity (NR) solutions. Therefore, most of the discussion in this paper and in

Il 21 maggio 2019, gli osservatori gravitazionali Advanced LIGO e Advanced Virgo hanno rivelato un segnale molto particolare, che, ribattezzato GW190521, è compatibile con la fusione di un sistema binario formato da buchi neri con masse insolitamente elevate, $85^{+21}_{-14}\,M_\odot$ e $65^{+17}_{-18}\,M_\odot$, avvenuto ad una distanza di $5^{+2.4}_{-2.6}\,Gpc$, corrispondente ad un redshift di $0.8^{+0.28}_{-0.24}$. Questo evento ha prodotto un buco nero di massa $142^{+28}_{-16}\,M_\odot$, classificandosi, in questo modo, nella famiglia dei cosiddetti "buchi neri di massa intermedia", di cui GW190521 è la prima osservazione diretta (nell'intervallo 10^2-$10^3\,M_\odot$). Inoltre, questo evento rappresenta la prima conferma che buchi neri di massa intermedia si possono formare dalla coalescenza di due buchi neri più piccoli. L'altra particolarità di questo evento riguarda uno dei due buchi neri progenitori (quello di massa più elevata): infatti, secondo le attuali teorie sulle esplosioni di supernove, nell'intervallo approssimativo 65-120 $M_\odot$ non dovrebbero esistere buchi neri prodotti dal collasso gravitazionale diretto di una stella massiccia. Al contrario, la probabilità che almeno uno dei buchi neri in GW190521 rientri in tale intervallo è del 99,0 %. Perciò, GW190521 ha delle importanti implicazioni astrofisiche per i collassi stellari e per i possibili meccanismi di formazione di buchi neri in questo intervallo di massa: tramite coalescenze stellari (multiple), o via fusioni gerarchiche di buchi neri di massa inferiore in ammassi stellari o in nuclei galattici attivi. Infine, non è possibile escludere fonti più esotiche per GW190521, tra cui un sistema binario di buchi neri altamente eccentrico o un un sistema binario di buchi neri primordiale.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

ROSSI GIANCARLO

AUTORI:

ROBERTO FREZZOTTI, GIANCARLO ROSSI

RIVISTA (DOI):

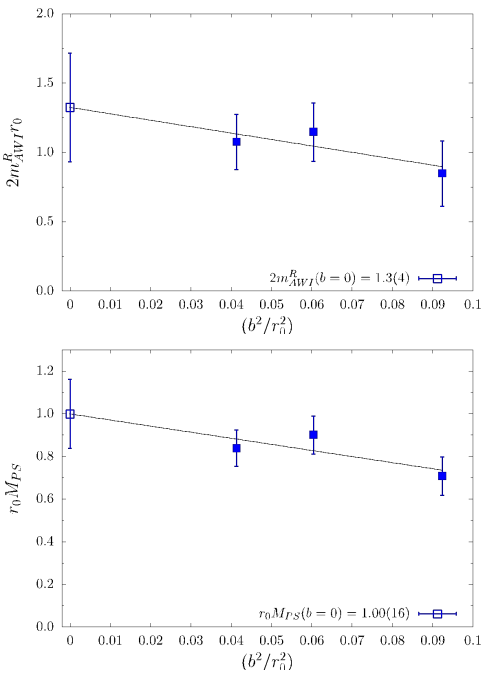
FRASCATI PHYSICS SERIES

978-88-86409-71-1

AMBITO DI RICERCA:

FISICA TEORICA, PARTICELLE ELEMENTARI

ELEMENTARY PARTICLE MASSES FROM A NON-PERTURBATIVE ANOMALY



Discutiamo esempi di teorie di campo rinormalizzabili che estendono il modello standard (MS) in cui simmetrie esatte impediscono che si generino masse perturbative ma con invarianza chirale rotta alla scala del cutoff UV. Si dimostra che questa può essere ripristinata a bassa energia a meno di termini anomali non-perturbativi (NP) che danno massa alle particelle elementari con un meccanismo alternativo a quello di Higgs. In questo scenario 1) le masse generate sono di ordine della scala RGI della teoria e non del vev del campo scalare, 2) e non divergono nell'UV ma sono mantenute limitate dalla simmetria extra di cui gode la teoria nel limite in cui gli effetti NP sono spenti, risolvendo così il problema della naturalezza, 3) per avere accordo fra il valore sperimentale della massa del top e il suo valore NP è necessario estendere il modello introducendo un settore con nuove particelle soggette a interazioni di gauge super-forti in modo da avere per la scala RGI della teoria completa $\Lambda_T \gg \Lambda_{QCD}$ con $\Lambda_T \sim O$(qualche TeV), 4) la peculiare dipendenza delle masse NP dalle costanti di gauge può offrire una via per risolvere il problema delle famiglie e della rottura dell'isospin debole, 5) la risonanza con massa 125 GeV identificata a LHC è interpretata come uno stato composto W^+W^-/ZZ legato da scambi di particelle super-forti, 6) a (momenti)$^2 \ll \Lambda_T^2$ gli accoppiamenti di questo stato composto con quarks, leptoni e bosoni elettrodeboli differiscono per effetti $O(\alpha_w)$ da quelli del MS, 7) con una scelta ragionevole delle particelle elementari dello spettro è possibile costruire un modello che estende il MS con l'inclusione del settore super-forte in cui si ha unificazione delle costanti di gauge alla scala di circa $10^{18}\,GeV$.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SALINA GAETANO

VERZI VALERIO

AUTORI:

GONZALO RODRIGUEZ FERNANDEZ, GAETANO SALINA, VALERIO VERZI, THE PIERRE AUGER COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

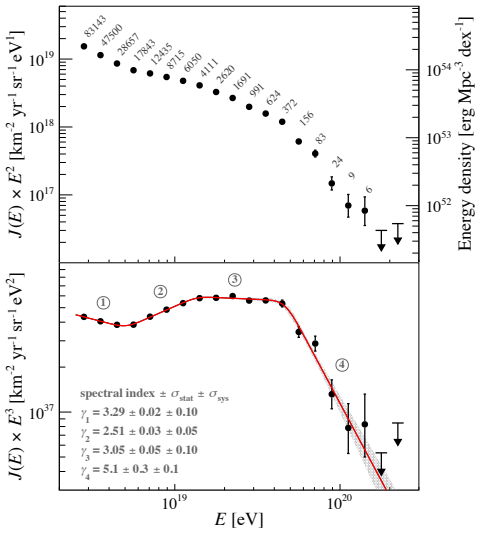
PHYSICAL REVIEW LETTERS

10.1103/PHYSREVLETT.125.121106

AMBITO DI RICERCA:

FISICA ASTROPARTICELLARE

FEATURES OF THE ENERGY SPECTRUM OF COSMIC RAYS ABOVE 2.5×10^{18} eV USING THE PIERRE AUGER OBSERVATORY



L'articolo verte su una misura effettuata dall'Osservatorio Pierre Auger dello spettro energetico dei raggi cosmici di altissima energia. Si tratta di nuclei atomici prodotti in sorgenti extragalattiche ad energie ben al di sopra di quelle raggiungibili agli acceleratori di particelle e che giungono sulla Terra molto raramente. L'Osservatorio è sito in Argentina, in prossimità della cittadina di Malargüe ed è costituito da un sistema di rivelatori distribuiti su una superficie di 3000 km^2. La misura ha una precisione senza precedenti, in quanto basata sulla rivelazione di più di 215000 eventi accumulati in 15 anni di presa dati e per via dell'ottimo controllo delle incertezze sistematiche. La Collaborazione Pierre Auger è costituita da oltre 400 scienziati provenienti da 17 paesi diversi. In questo articolo, insieme ad un altro pubblicato su Physical Review D 102 062005 (2020) dove si descrive in dettaglio la tecnica sperimentale, viene studiata con grande precisione la curva che descrive l'andamento del flusso con l'energia ($\propto E^{-\gamma}$). Come mostrato in figura, questo studio ha permesso di riportare per la prima volta un irripidimento della curva a circa 1.3×10^{19} eV e di confermare il suo appiattimento a 5×10^{18} eV oltre alla soppressione del flusso ad energie superiori a 5×10^{19} eV. Infine è stato trovato che lo spettro non varia in differenti bande di declinazione celeste, ad eccezione del moderato eccesso di eventi che si osserva provenire dall'emisfero sud, in linea con l'origine extragalattica di questi raggi cosmici. È stato infine mostrato che i risultati trovano una loro coerente interpretazione in modelli di astrofisica nei quali la composizione in massa varia con l'energia.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SALVATO MATTEO

AUTORI:

MATTEO SALVATO, MATTIA SCAGLIOTTI, MAURIZIO DE CRESCENZI, PAOLA CASTRUCCI, FABIO DE MATTEIS, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

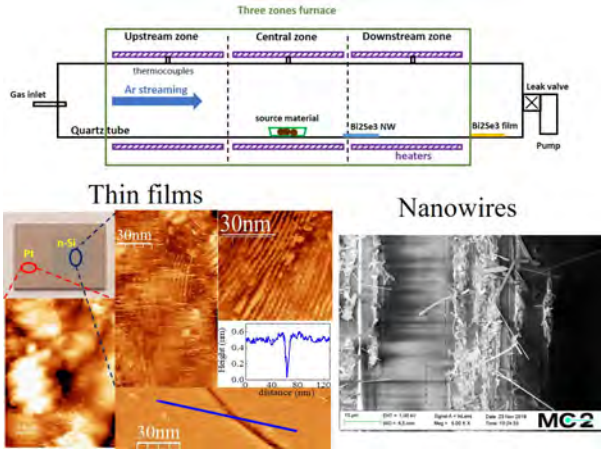
NANOSCALE

10.1039/D0NR02725A

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA, NANOMATERIALI PER LA FOTONICA

STOICHIOMETRIC Bi_2Se_3 TOPOLOGICAL INSULATOR ULTRA-THIN FILMS OBTAINED THROUGH A NEW FABRICATION PROCESS FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS



Gli isolanti topologici (TI) sono una nuova classe di materiali con la proprietà di essere isolanti nell'interno e metalli di Dirac sulla superficie, con gli elettroni superficiali immuni dallo scattering con impurezze non magnetiche. Tra i diversi TI, Bi_2Se_3 presenta una gap elettronica di 0.3 eV e una mobilità degli elettroni superficiali paragonabile al grafene, caratteristiche adatte per applicazioni in fotonica, come rivelatore in banda di telecomunicazioni, e in spintronica. Il Bi_2Se_3 mostra proprietà topologiche a temperatura ambiente solo se sintetizzato nella sua forma stechiometrica, cosa molto complicata da ottenere a causa della volatilità del Se. Nel presente articolo è illustrato un nuovo metodo per la fabbricazione del Bi_2Se_3 sviluppato in collaborazione con la Chalmers University of Technology (Svezia). Il metodo consente di ottenere nanofili e films con la corretta composizione in un unico processo di crescita, superando per la prima volta la difficoltà di realizzare campioni di Bi_2Se_3 stechiometrici. Misure di spettroscopia tunnel, effettuate dal gruppo Carbon Lab del Dipartimento di Fisica dell'Università di "Tor Vergata", hanno mostrato per la prima volta il livello di Fermi al centro della gap di energia ed in corrispondenza del punto di Dirac degli stati elettronici superficiali, conseguenza diretta della corretta stechiometria dei campioni. L'articolo mostra l'impiego di questi materiali come rivelatori di radiazione infrarossa (1550 nm), una regione dello spettro di grande interesse nel settore della trasmissione dati. Il successo della tecnica sviluppata ha consentito di ottenere finanziamenti per l'avvio dell'attività di fabbricazione di nanofili e film di presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di "Tor Vergata".

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SANTOVETTI EMANUELE

AUTORI:

EMANUELE SANTVETTI, COLLABORAZIONE LHCB

RIVISTA (DOI):

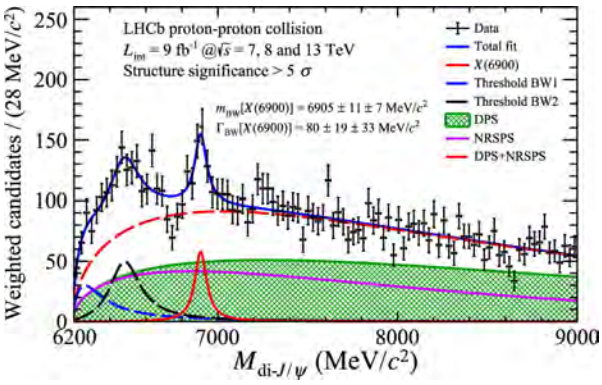
SCIENCE BULLETIN

10.1016/ J.SCIB.2020.08.032

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

OBSERVATION OF STRUCTURE IN THE J/ψ-PAIR MASS SPECTRUM



Utilizzando i dati delle collisioni protone-protone, prodotte dall'acceleratore LHC del CERN alle energie del centro di massa di $\sqrt{s} = 7{,}8$ e 13 TeV, l'esperimento LHCb ha studiato lo spettro di massa invariante di coppie di mesoni J/ψ. Si osservano due strutture molto evidenti: una più stretta intorno a 6.9 GeV/c^2 e un'altra più ampia appena al di sopra del doppio della massa della J/ψ. La deviazione dei dati dalla produzione di coppie J/ψ non risonanti (fondo non risonante) è superiore a cinque deviazioni standard, nella regione di massa tra 6.2 e 7.4 GeV/c^2, cioè nella regione di massa degli stati composti da quattro quark charm (il mesone J/ψ è composto da un quark charm e un anti-quark charm). La massa e la larghezza della struttura più stretta sono misurate assumendo una forma tipo Breit-Wigner. Il risultato costituisce un importante passo avanti nella comprensione delle interazioni che legano i quark tra loro per formare particelle composte, note come adroni e di cui fanno parte anche i protoni e i neutroni, costituenti dei nuclei atomici. Per profonde ragioni legate alla teoria delle interazioni forti (cromodinamica quantistica) i non possono "vivere" isolati e, nei casi comuni, si legano in coppie (mesoni) o tripletti (barioni), ma l'esistenza di particelle più complesse costituite da quattro quark (tetraquark), cinque quark (pentaquark) o più non è, in linea di principio, proibita dalla teoria, sebbene siano stati necessari decenni di ricerche per poterne identificare pochi esempi. L'esperimento LHCb aveva già confermato l'esistenza di queste particelle "esotiche", osservando per la prima volta nel 2015 un pentaquark e poi nel 2018 un tetraquark. Questa classe di particelle costituisce un campo di ricerca ideale per comprendere più a fondo il funzionamento dellinterazione nucleare forte, l'interazione fondamentale che tiene assieme i nuclei degli atomi. Il gruppo LHCb di Roma Tor Vergata è attivo sin dalla nascita dell'esperimento e contribuisce in modo fondamentale al rivelatore di muoni, particelle in cui decadono i tetraquark.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SBRAGAGLIA MAURO

AUTORI:

FABIO GUGLIETTA, MAREK BEHR, LUCA BIFERALE, GIACOMO FALCUCCI, MAURO SBRAGAGLIA

RIVISTA (DOI):

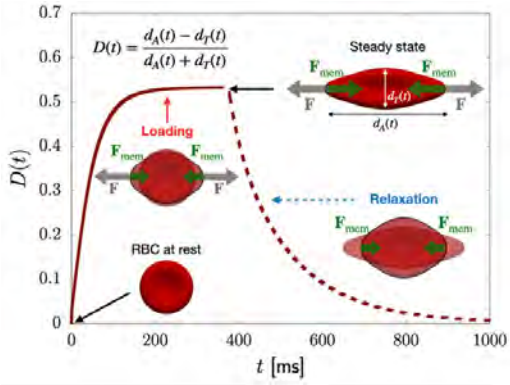
SOFT MATTER

10.1039/D0SM00587H

AMBITO DI RICERCA:

FISICA TEORICA, METODI E MODELLI MATEMATICI

ON THE EFFECTS OF MEMBRANE VISCOSITY ON TRANSIENT RED BLOOD CELL DYNAMICS



In questo lavoro studiamo la dinamica transiente di globuli rossi con lo scopo di caratterizzare la risposta meccanica ed i tempi caratteristici che contraddistinguono il processo di rilassamento a seguito di una deformazione imposta. La conoscenza di questi tempi è fondamentale se si vuole modellizzare la dinamica di globuli rossi nei processi fluidodinamici caratteristici dei dispositivi biomedici. L'informazione su questi tempi di rilassamento è tipicamente dedotta da dati sperimentali, che non necessariamente si adattano alla varietà di condizioni incontrate nei dispositivi biomedici. In questo articolo, quindi, proponiamo uno studio numerico a mesoscala, accoppiando tra loro la metodologia "lattice Boltzmann" per la modellizzazione del fluido e la tecnica di "immersed boundary" per tener conto delle interazioni fluido-struttura. Forniamo inoltre una caratterizzazione dettagliata del ruolo della viscosità di membrana, evidenziando come il suo contributo sia cruciale per riprodurre tempi di rilassamento paragonabili a quelli osservati sperimentalmente. Le simulazioni numeriche ci permettono di studiare i tempi di rilassamento sia al variare dei carichi meccanici che al variare delle proprietà di membrana, evidenziandone le caratteristiche di universalità e non. Il lavoro apre interessanti prospettive future per lo studio della risposta non lineare di globuli rossi sottoposti ad una deformazione meccanica generica.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SCARSELLI MANUELA

AUTORI:

S. USMANI, A. FRANCESCHI BIAGIONI, M. MEDELIN, D. SCAINI M. SCARSELLI

RIVISTA (DOI):

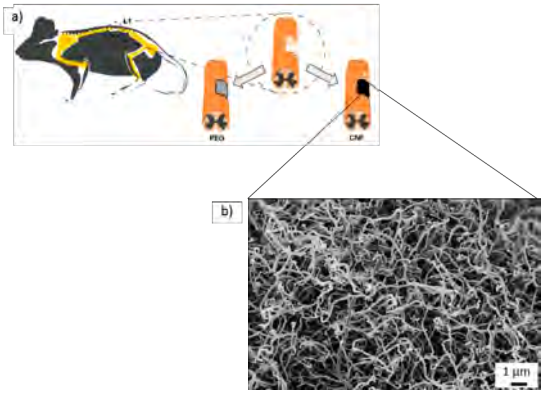
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA

10.1039/D0SM00587H

AMBITO DI RICERCA:

MATERIALI PER LA NANOTECNOLOGIA

FUNCTIONAL REWIRING ACROSS SPINAL INJURIES VIA BIOMIMETIC NANOFIBER SCAFFOLDS



Un nuovo studio condotto in collaborazione con la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (prof. L. Ballerini SISSA) e l'Università di Trieste (prof. M. Prato) mostra l'efficacia degli impianti di nanotubi di carbonio nel ripristino delle funzioni motorie e apre la strada a un nuovo approccio terapeutico per le lesioni del midollo spinale. I nanomateriali tridimensionali costituiti da nanotubi di carbonio sono stati sintetizzati da Manuela Scarselli e Maurizio De Crescenzi del Dipartimento di Fisica di Tor Vergata [1]. Dopo una prima serie di esperimenti condotti in vitro [2], sono stati eseguiti esperimenti in vivo grazie all'impianto di nanotubi di carbonio in animali con lesione spinale indotta, come mostrato nella figura riportata di seguito. È stato verificato che nel sito della lesione si ristabiliscono le capacità motorie e la connettività neuronale. La ricerca, pubblicata negli Atti dell'Accademia di Scienze degli Stati Uniti (PNAS), dimostra l'elevato potenziale degli approcci terapeutici che utilizzano le proprietà meccaniche ed elettriche delle strutture tridimensionale (scaffold) rigenerativi di nanotubi per trattare l'area danneggiata. Questi risultati non solo confermano le possibili applicazioni dei nanomateriali nel settore biomedicale, ma aprono anche la strada a nuovi metodi terapeutici che sfruttano le loro proprietà fisiche, meccaniche ed elettriche.

Figura: (a) Schema dell'esperimento in cui viene impiantata una struttura tridimensionale di nanotubi di carbonio (CNF) in sostituzione di una porzione di midollo spinale. (b) Immagine al microscopio elettronico della struttura interna dell'impianto di CNF utilizzata per promuovere la rigenerazione degli assoni.

[1] M. Scarselli et al., Applications of three-dimensional carbon nanotube networks, Beilstein J. Nanotechnology 6 (2015) 792–798.

[2] S. Usmani et al., 3D meshes of carbon nanotubes guide functional reconnection of segregated spinal explants, Sci. Adv. 2 (2016) e1600087

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SGARLATA ANNA

AUTORI:

L. PERSICHETTI, M. DE SETA, A.M. SCAPARRO, A.SGARLATA, M. FANFONI

RIVISTA (DOI):

APPLIED SURFACE SCIENCE

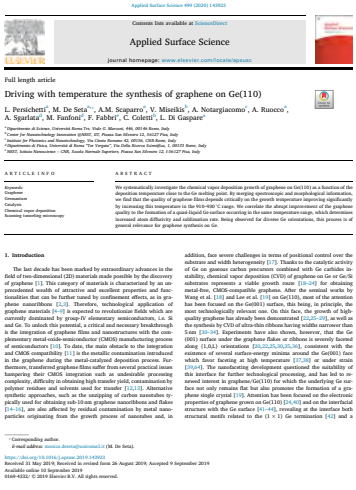
10.1016/ J.APSUSC.2019.143923

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLA MATERIA

Dipartimento di Fisica

DRIVING WITH TEMPERATURE THE SYNTHESIS OF GRAPHENE ON $Ge(110)$


Applied Surface Science 499 (2020) 143923

Contents lists available at ScienceDirect

Applied Surface Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apsusc

Full length article

Driving with temperature the synthesis of graphene on Ge(110)

L. Persichetti[a], M. De Seta[a,*], A.M. Scaparro[a], V. Miseikis[b], A. Notargiacomo[c], A. Ruocco[a], A. Sgarlata[a], M. Fanfoni[d], F. Fabbri[e], C. Coletti[b], L. Di Gaspare[a]

[a]Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre, Viale G. Marconi, 446, 00146 Roma, Italy
[b]Center for Nanotechnology Innovation @NEST, IIT, Piazza San Silvestro 12, 56127 Pisa, Italy
[c]Institute for Photonics and Nanotechnology, Via Cineto Romano 42, 00156, CNR-Roma, Italy
[d]Dipartimento di Fisica, Università di Roma "Tor Vergata", Via Della Ricerca Scientifica, 1, 00133 Roma, Italy
[e]NEST, Istituto Nanoscienze – CNR, Scuola Normale Superiore, Piazza San Silvestro 12, I-56127 Pisa, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:
Graphene
Germanium
Catalysis
Chemical vapor deposition
Scanning tunneling microscopy

ABSTRACT

We systematically investigate the chemical vapor deposition growth of graphene on Ge(110) as a function of the deposition temperature close to the Ge melting point. By merging spectroscopic and morphological information, we find that the quality of graphene films depends critically on the growth temperature improving significantly by increasing this temperature in the 910–930 °C range. We correlate the abrupt improvement of the graphene quality to the formation of a quasi-liquid Ge surface occurring in the same temperature range, which determines increased atom diffusivity and sublimation rate. Being observed for diverse Ge orientation, this process is of general relevance for graphene synthesis on Ge.

1. Introduction

The last decade has been marked by extraordinary advances in the field of two-dimensional (2D) materials made possible by the discovery of graphene [1]. This category of materials is characterized by an unprecedented wealth of attractive and excellent properties and functionalities that can be further tuned by confinement effects, as in graphene nanoribbons [2,3]. Therefore, technological application of graphene materials [4–9] is expected to revolutionize fields which are currently dominated by group-IV elementary semiconductors, i.e. Si and Ge. To unlock this potential, a critical and necessary breakthrough is the integration of graphene films and nanostructures with the complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) manufacturing process of semiconductors [10]. To date, the main obstacle to the integration and CMOS compatibility [11] is the metallic contamination introduced in the graphene during the metal-catalyzed deposition process. Furthermore, transferred graphene films suffer from several practical issues hampering their CMOS integration such as undesirable processing complexity, difficulty in obtaining high transfer yield, contamination by polymer residues and solvents used for transfer [12,13]. Alternative synthetic approaches, such as the exfoliating of carbon nanotubes typically used for obtaining sub-10 nm graphene nanoribbons and flakes [14–16], are also affected by residual contamination by metal nanoparticles originating from the growth process of nanotubes and, in addition, face severe challenges in terms of positional control over the substrate and width heterogeneity [17]. Thanks to the catalytic activity of Ge on gaseous carbon precursors combined with Ge carbides instability, chemical vapor deposition (CVD) of graphene on Ge or Ge/Si substrates represents a viable growth route [18–24] for obtaining metal-free, CMOS-compatible graphene. After the seminal works by Wang et al. [18] and Lee et al. [19] on Ge(110), most of the attention has been focused on the Ge(001) surface, this being, in principle, the most technologically relevant one. On this face, the growth of high-quality graphene has already been demonstrated [20,25–29], as well as the synthesis by CVD of ultra-thin ribbons having widths narrower than 5 nm [30–34]. Experiments have also shown, however, that the Ge (001) surface under the graphene flakes or ribbons is severely faceted along ⟨1,0,1⟩ orientations [20,22,25,30,35,36], consistent with the existence of several surface-energy minima around the Ge(001) face which favor faceting at high temperatures [37,38] or under strain [39,40]. The manufacturing development questioned the suitability of this interface for further technological processing, and has led to renewed interest in graphene/Ge(110) for which the underlying Ge surface not only remains flat but also promotes the formation of a graphene single crystal [19]. Attention has been focused on the electronic properties of graphene grown on Ge(110) [24,40] and on the interfacial structure with the Ge surface [41–44], revealing at the interface both structural motifs related to the (1 × 1) Ge termination [42] and a

Corresponding author.
E-mail address: monica.deseta@uniroma3.it (M. De Seta).

https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.143923
Received 21 May 2019; Received in revised form 26 August 2019; Accepted 9 September 2019
Available online 10 September 2019
0169-4332/ © 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.

Il grafene è uno dei materiali bidimensionali più promettenti per le sue eccezionali proprietà elettriche (buon conduttore), meccaniche (centinaia di volte più resistente dell'acciaio nonostante sia leggerissimo) e ottiche (trasparente). Attualmente il principale ostacolo all'integrazione del grafene nei processi produttivi-tecnologici basati principalmente sui semiconduttori quali Silicio e Germanio è la contaminazione metallica introdotta durante il processo di crescita. Normalmente il grafene cresciuto in presenza di catalizzatori metallici deve poi essere trasferito sui substrati semiconduttori tramite complessi processi di trasferimento che sono la causa dell'introduzione di contaminanti e difetti che riducono drasticamente le prestazioni del futuro dispositivo. In questo lavoro è stata studiata la crescita di grafene tramite tecniche di deposizione chimica da fase vapore (CVD) direttamente su un substrato semiconduttore, in particolare $Ge(110)$. Tramite diverse tecniche di spettroscopia (Raman, XPS) e di microscopia ad alta risoluzione (SEM , AFM, STM) sono state individuate le migliori condizioni di crescita ed è stato dimostrato che la qualità del film di grafene migliora sensibilmente quando la temperatura di crescita è prossima alla temperatura di fusione del Ge (910 °C-930 °C). In figura misure STM acquisite nel laboratorio di microscopia STM del Dipartimento di Fisica di Tor Vergata mostrano uno strato di grafene cresciuto su $Ge(110)$ estremamente regolare, privo di difetti e dalla caratteristica struttura a nido d'ape a simmetria esagonale. L'alta qualità del film è legata al fatto che, in prossimità della fusione, la superficie di Germanio diventa liquida favorendo la diffusività e la sublimazione degli atomi di carbonio che vanno a formare lo strato di grafene migliorando le sue proprietà morfologiche e favorendo un substrato particolarmente piatto caratterizzato da larghe terrazze e bassa densità di gradini il che rende tali campioni candidati ideali per la crescita di nanostrutture allungate (ribbon).

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

SPARVOLI ROBERTA

TIME DEPENDENCE OF THE FLUX OF HELIUM NUCLEI IN COSMIC RAYS MEASURED BY THE PAMELA EXPERIMENT BETWEEN 2006 JULY AND 2009 DECEMBER

AUTORI:

N. MARCELLI, M. BOEZIO, A. LENNI, W. MENN, R. SPARVOLI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL

10.3847/1538-4357/AB80C2

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DEI RAGGI COSMICI

Time Dependence of the Flux of Helium Nuclei in Cosmic Rays Measured by the PAMELA Experiment between 2006 July and 2009 December

Abstract

1. Introduction

I nuclei di elio sono la componente più abbondante dei raggi cosmici (CR) galattici oltre ai protoni. Rappresentano il 9% del budget totale dei CR e - insieme ai protoni - il 98% della radiazione cosmica. La maggioranza dei nuclei di elio sono accelerati in sorgenti astrofisiche come resti di supernovae; quando entrano nell'eliosfera, incontrano il turbolento campo magnetico eliosferico (HMF) incorporato nel vento solare. Le particelle sono quindi disperse dalle irregolarità del HMF e subiscono convezione, diffusione e decelerazione a causa della presenza di gradienti e curvature del campo. Come conseguenza, al di sotto di poche decine di GV, le intensità e le forme spettrali dei raggi cosmici cambiano rispetto agli spettri che sarebbero misurati al di fuori dei confini eliosferici; questo effetto è noto come “modulazione solare”. Precise misurazioni della componente di $Z = 2$ nella radiazione cosmica - dipendenti dal tempo - forniscono informazioni cruciali sulla propagazione di particelle cariche attraverso l'eliosfera. L'esperimento PAMELA, con il suo volo di lunga durata (15 giugno 2006 - 23 gennaio 2016) e la soglia di bassa energia (80 MeV/n) è un rivelatore ideale per studi di modulazione solare. Questo articolo mostra gli spettri dei nuclei di elio misurati da PAMELA da luglio 2006 a dicembre 2009 sulla base del tempo di una rotazione Carrington. Un modello tridimensionale all'avanguardia per la propagazione dei raggi cosmici nell'eliosfera è stato utilizzato per interpretare la dipendenza dal tempo dei flussi misurati. Nell’articolo vengono inoltre presentati i profili temporali del rapporto di flusso protone-elio a varie rigidità, per identificare caratteristiche che potrebbero derivare dalle loro diverse masse e forme degli spettri interstellari locali.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

STEFANUCCI GIANLUCA

AUTORI:

ENRICO PERFETTO, ANDREA TRABATTONI, FRANCESCA CALEGARI, MAURO NISOLI, GIANLUCA STEFANUCCI, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

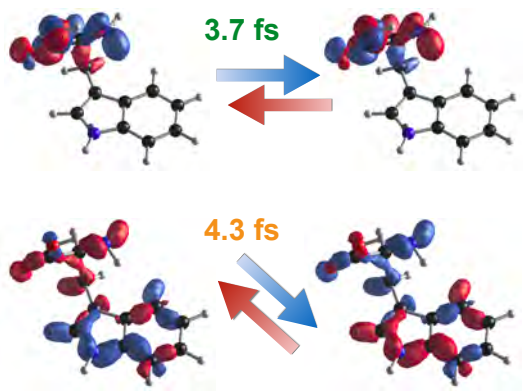
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS

10.1021/ACS.JPCLETT.9B03517

AMBITO DI RICERCA:

ATTOSCIENZA DEI SISTEMI QUANTISTICI A MOLTI CORPI

ULTRAFAST QUANTUM INTERFERENCE IN THE CHARGE MIGRATION OF TRYPTOPHAN



I recenti progressi nell'ambito della scienza all'attosecondo, o attoscienza, costituiscono oggi strumenti inestimabili per studiare il moto degli elettroni alla loro scala temporale naturale (quella del femtosecondo), con una risoluzione temporale senza precedenti. La migrazione di carica elettrica in molecole organiche e di interesse biologico investite da impulsi laser ultravioletti è, tra le innumerevoli questioni aperte in attoscienza, un passaggio fondamentale per la comprensione del complesso processo di foto-danneggiamento delle strutture molecolari (frammentazione molecolare). In questo lavoro proponiamo una interpretazione quantistica della migrazione di carica recentemente osservata in un esperimento pump-probe all'attosecondo effettuato sull'aminoacido Triptofano. In particolare abbiamo scoperto l'esistenza di un battimento quantistico tra due oscillazioni di carica geometricamente distinte e quasi-degeneri che rende la molecola trasparente ai raggi infrarossi in modo periodico, con un periodo di circa 12 femtosecondi. Il meccanismo scoperto è onnipresente in questi sistemi e, almeno su scale temporali fino a decine di femtosecondi, può dominare sui meccanismi di decoerenza dovuti all'interazione tra elettroni e al moto nucleare.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

STELLATO FRANCESCO

AUTORI:

K. NASS, L. REDECKE, M. PERBANDT, O. YEFANOV, F. STELLATO, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

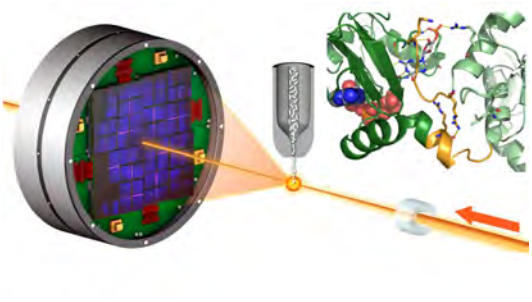
NATURE COMMUNICATIONS

10.1038/S41467-020-14484-W

AMBITO DI RICERCA:

BIOFISICA

IN CELLULO CRYSTALLIZATION OF TRYPANOSOMA BRUCEI IMP DEHYDROGENASE ENABLES THE IDENTIFICATION OF GENUINE CO-FACTORS



I laser a elettroni liberi sono sorgenti di radiazione in grado di emettere impulsi ultra-brevi – dell'ordine di pochi femtosecondi – e ultra-intensi (più di 10^{12} fotoni/impulso) nella regione dei raggi X. Una delle principali applicazioni è la tecnica della cristallografia seriale al femtosecondo, nella quale decine o centinaia di immagini di diffrazione vengono raccolte esponendo altrettanti micro-cristalli al fascio di radiazione prodotto da un laser a elettroni liberi. Sfruttando la cortissima durata dell'impulso e la piccola lunghezza d'onda è infatti possibile ottenere immagini con risoluzione atomica di campioni biologici cristallini prima che gli stessi vengano distrutti dall'intensa radiazione incidente. Nell'articolo qui presentato tale tecnica è applicata allo studio della proteina deidrogenasi IMP del parassita Trypanosoma brucei. Tale parassita causa una delle cosiddette malattie tropicali trascurate, la febbre del sonno africana. Determinare la struttura tridimensionale della proteina in complesso con ligandi fisiologici è di fondamentale importanza in quanto è il primo passo necessario per lo sviluppo di farmaci atti a inibire la funzionalità della proteina stessa e quindi, potenzialmente, a interferire con il ciclo vitale parassita. La proteina in oggetto è stata cristallizzata e sono stati quindi eseguiti sui cristalli esperimenti di cristallografia seriale al femtosecondo al laser a elettroni liberi LCLS presso i laboratori di Stanford. Combinando insieme migliaia di immagini di diffrazione è stato possibile ricostruire la struttura tridimensionale della proteina alla risoluzione di 2.8 Å, consentendo di evidenziare la presenza di ligandi in grado di modulare l'attività della proteina.

Figura: Schema dell'esperimento di cristallografia seriale al femtosecondo utilizzato per determinare la struttura tridimensionale della proteina deidrogenasi IMP, della quale si riporta un dettaglio.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

TOMBESI FRANCESCO

AUTORI:

ALFREDO LUMINARI, FRANCESCO TOMBESI, ENRICO PICONCELLI, FABRIZIO NICASTRO, KEIGO FUKUMURA, *ET AL.*

RIVISTA (DOI):

ASTRONOMY & ASTROPHYSICS

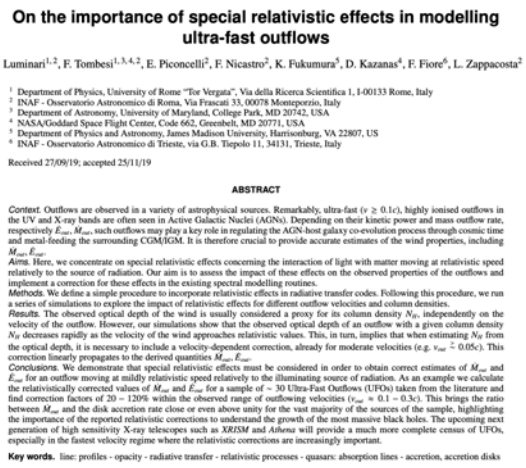
10.1051/0004-6361/201936797

AMBITO DI RICERCA:

ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE

Dipartimento di Fisica

THE IMPORTANCE OF SPECIAL RELATIVISTIC EFFECTS IN MODELLING ULTRA-FAST OUTFLOWS



On the importance of special relativistic effects in modelling ultra-fast outflows

A. Luminari[1,2], F. Tombesi[1,3,4,2], E. Piconcelli[2], F. Nicastro[2], K. Fukumura[5], D. Kazanas[4], F. Fiore[6], L. Zappacosta[2]

[1] Department of Physics, University of Rome "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica 1, I-00133 Rome, Italy
[2] INAF - Osservatorio Astronomico di Roma, Via Frascati 33, 00078 Monteporzio, Italy
[3] Department of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA
[4] NASA/Goddard Space Flight Center, Code 662, Greenbelt, MD 20771, USA
[5] Department of Physics and Astronomy, James Madison University, Harrisonburg, VA 22807, US
[6] INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste, via G.B. Tiepolo 11, 34131, Trieste, Italy

Received 27/09/19; accepted 25/11/19

ABSTRACT

Context. Outflows are observed in a variety of astrophysical sources. Remarkably, ultra-fast ($v \geq 0.1c$), highly ionised outflows in the UV and X-ray bands are often seen in Active Galactic Nuclei (AGNs). Depending on their kinetic power and mass outflow rate, respectively $\dot{E}_{out}$, $\dot{M}_{out}$, such outflows may play a key role in regulating the AGN-host galaxy co-evolution process through cosmic time and metal-feeding the surrounding CGM/IGM. It is therefore crucial to provide accurate estimates of the wind properties, including $\dot{M}_{out}$, $\dot{E}_{out}$.
Aims. Here, we concentrate on special relativistic effects concerning the interaction of light with matter moving at relativistic speed relatively to the source of radiation. Our aim is to assess the impact of these effects on the observed properties of the outflows and implement a correction for these effects in the existing spectral modelling routines.
Methods. We define a simple procedure to incorporate relativistic effects in radiative transfer codes. Following this procedure, we run a series of simulations to explore the impact of relativistic effects for different outflow velocities and column densities.
Results. The observed optical depth of the wind is usually considered a proxy for its column density N_H, independently on the velocity of the outflow. However, our simulations show that the observed optical depth of an outflow with a given column density N_H decreases rapidly as the velocity of the wind approaches relativistic values. This, in turn, implies that when estimating N_H from the optical depth, it is necessary to include a velocity-dependent correction, already for moderate velocities (e.g. $v_{out} \simeq 0.05c$). This correction linearly propagates to the derived quantities $\dot{M}_{out}$, $\dot{E}_{out}$.
Conclusions. We demonstrate that special relativistic effects must be considered in order to obtain correct estimates of $\dot{M}_{out}$ and $\dot{E}_{out}$ for an outflow moving at mildly relativistic speed relatively to the illuminating source of radiation. As an example we calculate the relativistically corrected values of $\dot{M}_{out}$ and $\dot{E}_{out}$ for a sample of ~ 30 Ultra-Fast Outflows (UFOs) taken from the literature and find correction factors of 20 – 120% within the observed range of outflowing velocities ($v_{out} \approx 0.1 - 0.3c$). This brings the ratio between $\dot{M}_{out}$ and the disk accretion rate close or even above unity for the vast majority of the sources of the sample, highlighting the importance of the reported relativistic corrections to understand the growth of the most massive black holes. The upcoming next generation of high sensitivity X-ray telescopes such as *XRISM* and *Athena* will provide a much more complete census of UFOs, especially in the fastest velocity regime where the relativistic corrections are increasingly important.

Key words. line: profiles - opacity - radiative transfer - relativistic processes - quasars: absorption lines - accretion, accretion disks

Una grande varietà di sorgenti astrofisiche sono in grado di accelerare degli "outflow", identificati come venti di materiale in fuoriuscita, a velocità molto elevate. In particolare, nei nuclei galattici attivi (AGN), si possono osservare gli ultra-fast outflows a velocità anche superiori al 10% della velocità della luce, che con la loro grande potenza cinetica e massa possono addirittura regolare l'evoluzione dei buchi neri supermassicci e delle galassie in cui risiedono. In questo articolo ci siamo concentrati nello studio degli effetti di relatività speciale nell'interazione tra luce e materia in moto a velocità relativistiche relativamente alla sorgente di radiazione. Per la prima volta, abbiamo chiaramente dimostrato che l'opacità del materiale in outflow diminuisce significativamente per un osservatore a grandi distanze e che quindi delle importanti correzioni devono essere introdotte nella stima dell'energia e massa dei venti prodotti da AGN quando raggiungono velocità molto elevate. Questo studio e' importante sia dal punto di vista teorico, nella simulazione dei venti prodotti da AGN, che per la modellizzazione dettagliata degli spettri osservativi in diverse bande dello spettro elettromagnetico.

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

VANADIA MARCO

AUTORI:

MARCO VANADIA, ATLAS COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

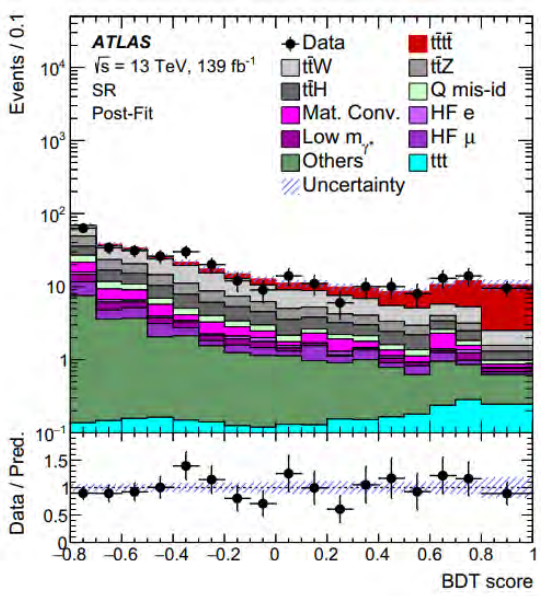
THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C

10.1140/EPJC/S10052-020-08509-3

AMBITO DI RICERCA:

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

EVIDENCE FOR $t\bar{t}t\bar{t}$ PRODUCTION IN THE MULTILEPTON FINAL STATE IN PROTON-PROTON COLLISIONS AT $\sqrt{s} = 13\ TeV$ WITH THE ATLAS DETECTOR



Il quark top è la particella elementare più pesante prevista dal Modello Standard della fisica delle particelle. Nelle collisioni protone-protone ad LHC, la produzione di quark top avviene con sezioni di urto tali da permettere studi di precisione; lo stesso non si può dire per alcuni canali di produzione più rari. La produzione simultanea di due coppie top-antitop di quark ha una sezione d'urto attesa molto piccola, $\sigma(t\bar{t}t\bar{t}) \approx 12\,fb$ secondo le predizioni più recenti, da confrontare per esempio con $\sigma(t\bar{t}) \approx 830\,pb$, una differenza di quasi 5 ordini di grandezza. Misurare nei dati una sezione d'urto molto diversa rispetto alle attese potrebbe essere un importante segnale della presenza di effetti di nuova fisica oltre il Modello Standard. Nell'articolo qui discusso, la ricerca di eventi $\sigma(t\bar{t}t\bar{t})$ è stata effettuata con l'esperimento ATLAS, usando il dataset del secondo run di LHC. Sono stati selezionati eventi con due elettroni o muoni con la stessa carica, o almeno tre tra elettroni e muoni. Usando tecniche di analisi multivariata, con un Boosted Decision Tree (BDT) dedicato, si è potuto discriminare gli eventi di segnale da quelli di fondo, come mostrato in figura. Sono state utilizzate ad esempio variabili sensibili alla presenza di molti jet adronici associati a quark b negli eventi. La sezione d'urto misurata nei dati è risultata $\sigma(t\bar{t}t\bar{t}) = 24^{+7}_{-6}\ fb$, in accordo con le predizioni teoriche all'interno delle incertezze, e con una significanza di 4.3 deviazioni standard rispetto all'ipotesi di solo fondo. Questo risultato è la prima evidenza sperimentale dell'esistenza di questo processo di produzione.

PUBBLICAZIONI: UNA OVERVIEW

CONTRIBUTO SOTTOMESSO DA:

VITTORIO NICOLA

AUTORI:

NICOLA VITTORIO, PLANCK COLLABORATION

RIVISTA (DOI):

ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS

10.1051/0004-6361/201833910

AMBITO DI RICERCA:

COSMOLOGIA

Università di Roma Tor Vergata

Dipartimento di Fisica

PLANCK 2018 RESULTS VI. COSMOLOGICAL PARAMETERS

A&A 641, A6 (2020)
https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833910
© ESO 2020

Astronomy & Astrophysics
Special issue

Planck 2018 results

Planck 2018 results

VI. Cosmological parameters

ABSTRACT

Il satellite Planck della Agenzia Spaziale Europea-ESA è stato il terzo satellite dedicato allo studio delle anisotropie angolari della radiazione cosmica di fondo. Questo lavoro presenta i risultati conclusivi dell'esperimento, aumentando in maniera significativa la loro precisione rispetto alle analisi preliminari. Per spiegare i dati di Planck dobbiamo ipotizzare l'esistenza di fluttuazioni della densità cosmica, gaussiane e adiabatiche, caratterizzate da uno spettro di potenza con indice spettrale vicino, ma significativamente diverso da uno: è quanto ci si aspetta in modelli inflazionari con un singolo campo scalare in evoluzione molto lenta in un potenziale quasi piatto. L'analisi congiunta dei dati di Planck con quelli della distribuzione su grande scala delle galassie indicano che l'Universo è spazialmente piatto, con un'alta precisione, in linea con le previsioni dei modelli inflazionari. Planck conferma l'esistenza di materia oscura, che contribuisce per un 26% alla densità cosmologica, mentre i barioni lo fanno solo per il 4%. L'energia oscura contribuisce per un 70%, con una equazione di stato consistente con quella di una Costante Cosmologica positiva. Planck richiede un valore della costante di Hubble in tensione a $4{,}4\sigma$ con le determinazioni basate sulla calibrazione locale della scala delle distanze. Questa tensione è un problema aperto. Planck pone anche un limite superiore al rapporto tra perturbazioni tensoriali (responsabili per un fondo stocastico di onde gravitazionali primordiali) e quelle scalari (responsabili per la formazione delle strutture che oggi osserviamo), che deve essere al 95% minore del 6%. La misura di questo rapporto è l'obiettivo degli esperimenti da terra e dallo spazio di questa decade che si basano tutti sull'eredità di Planck.

PREMI E RICONOSCIMENTI

SCIENCE BOARD DEL SCIENCE AND TECHNOLGY FACILITIES COUNCIL (STFC)

Newsletter del Dipartimento di Fisica — Settembre 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

La Prof.ssa Carla Andreani del Dipartimento di Fisica è stata selezionata come componente del Science Board del Science and Technolgy Facilities Council (STFC) del Regno Unito. Il prestigioso incarico è un riconoscimento dell'impegno e tenacia nel perseguire obiettivi scientifici comuni nella ricerca in fisica sperimentale e scienza dei

materiali. La scelta della Prof. Andreani, come unico membro del Science Board non appartenente a istituzioni britanniche, rappresenta anche un elemento di ulteriore prestigio della nostra istituzione sia a livello nazionale che internazionale. Il Science Board è il principale comitato consultivo scientifico del STFC britannico. Il suo scopo è fornire al STFC indirizzi scientifici strategici, valutazione e consulenza scientifica su tutti i programmi nazionali ed internazionali realizzati dal'STFC. Il Science Board è supportato da comitati consultivi e comitati di revisione tematici tra pari, e da altri comitati consultivi di UKRI (UK Research and Innovation).

CTS PER RECLUTAMENTO DI PERSONALE DOCENTE

Newsletter del Dipartimento di Fisica Settembre 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Con Decreto Direttoriale del Ministero dell'Istruzione (del 29/09/2020) è stato formalizzato il Comitato Tecnico Scientifico per la procedura straordinaria di reclutamento del personale docente delle Scuole Secondarie di Secondo Grado. Il Prof. Francesco Berrilli del Dipartimento di Fisica è stato nominato coordinatore della Classe di concorso A020 - Fisica. Componente del comitato è il Prof. Arnaldo Florio, docente del Liceo scientifico "Newton" di Roma, e collaboratore del PLS-Fisica di Roma "Tor Vergata".

ADDETTO SCIENTIFICO - IIC

Newsletter del Dipartimento di Fisica Maggio 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Prof. Luca Biferale del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" è stato nominato Addetto Scientifico dell'Ambasciata d'Italia e IIC a Parigi. In occasione del suo insediamento ha organizzato un Webinar: Cosa stiamo imparando dalla battaglia contro CoViD-19: dalle Terapie Intensive alle Politiche di Salute Pubblica. Due protagonisti a confronto.

SECTION EDITOR - RENDICONTI LINCEI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Prof. Francesco Berrilli del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" è stato nominato Section Editor per l'area "Geophysics" del volume Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali pubblicato da Springer Nature.

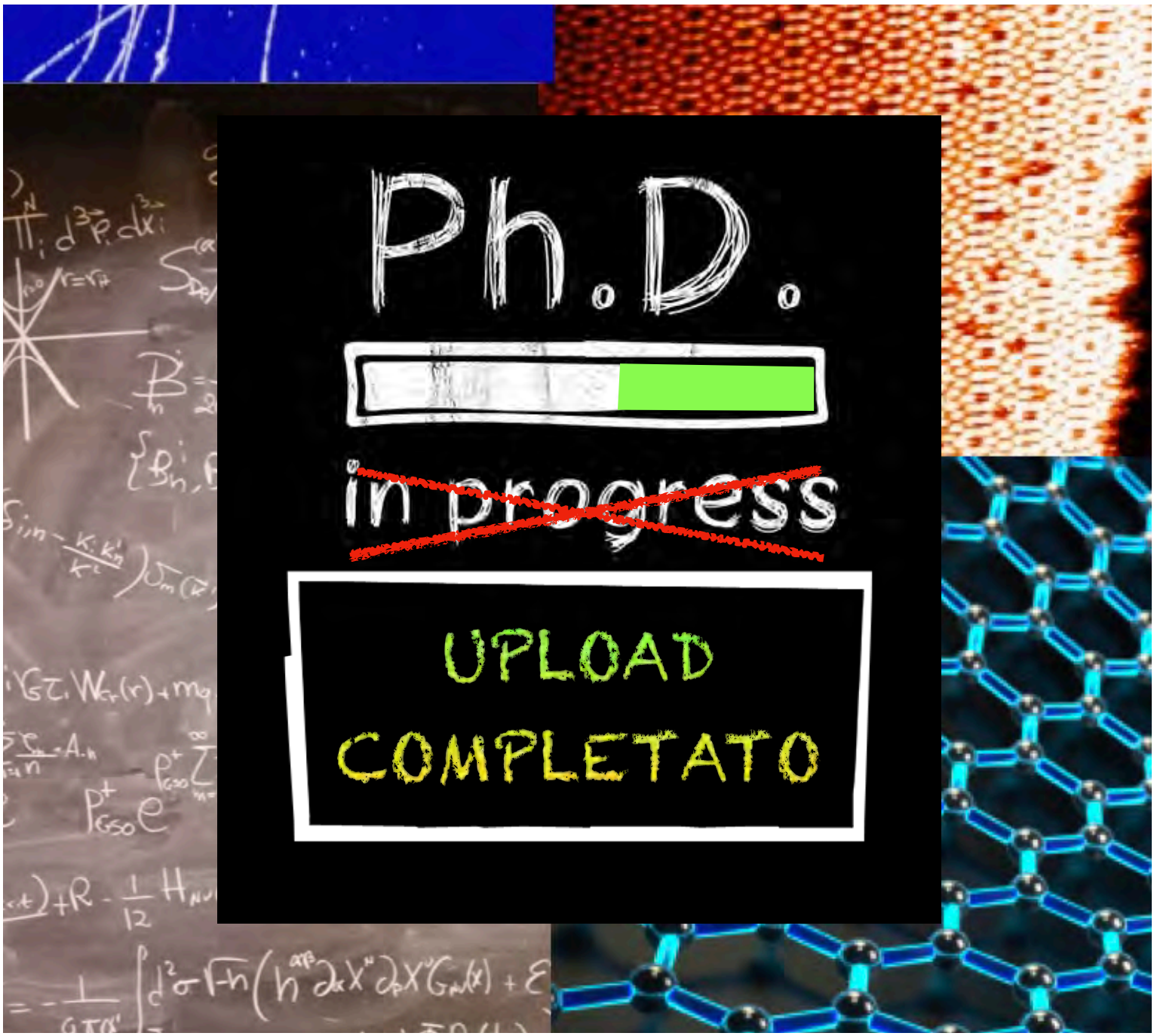
ROBERTO BENZI AL CENTRO RICERCHE "ENRICO FERMI"

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

MIUR

In data 17 Aprile 2020 il MIUR nomina il Prof. Roberto Benzi, del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", membro del Consiglio di Amministrazione del Centro Fermi, composto dal Presidente e da altri due componenti scelti tra esperti di alta qualificazione scientifica nazionale e internazionale e/o di alta amministrazione.



TESI DOTTORATO

Fisica

Astronomy, Astrophysics and Space Science

TESI DOTTORATO

PH. D.

DE SANTIS MAURIZIO

Dipartimento di Fisica — Fisica

SEARCH FOR A BEYOND THE STANDARD MODEL RESONANCE DECAYING TO TOP QUARK PAIR IN THE DILEPTON FINAL STATE WITH THE ATLAS EXPERIMENT

La produzione di coppie di quark top ($t\bar{t}$) può essere studiata nel collisore LHC con una statistica senza precedenti. In questa tesi vengono presentati degli studi per la ricerca di nuova fisica svolti con l'esperimento ATLAS osservando lo stato finale dileptonico: eventi dove ambedue i quark top e antitop decadono in $t \to Wb$ e, successivamente, i bosoni decadono $W^{\pm} \to \ell^{\pm}\nu$ (con $\ell^{\pm} = e^{\pm}, \mu^{\pm}$). Questi studi sono stati svolti per cercare eventuali fenomeni di nuova fisica nell'ambito dei modelli Beyond Standard Model (BSM), considerando il dataset completo delle collisioni pp collezionate dall'esperimento ALTAS con un'energia del centro di massa di $\sqrt{s} =$ 13 TeV. Per questo studio sono state usate due variabili di massa invariante: $m_{\ell\ell bb}$ (massa invariante dei due b-jet e dei leptoni carichi) e $m_{t\bar{t}}^{NW}$(massa invariante del sistema top-antitop utilizzando l'algoritmo del Neutrino Weighting). Ciascuna variabile è stata combinata con un fit 2D con una variabile sensibile allo spin, ovvero la distanza angolare dei due leptoni carichi $\Delta\phi^{\ell\ell}$. Sono stati ottenuti dei limiti di massa aspettati per tre diversi modelli BSM, con un intervallo di confidenza al 95%. Per il modello di bosoni di gauge neutri pesanti Z' sono state escluse masse al di sotto di 1.8 TeV (1.85 TeV) usando la variabile $m_{\ell\ell bb}$ ($m_{t\bar{t}}^{NW}$). Per il modello di gluoni di Kaluza-Klein g_{KK} sono state escluse masse al di sotto di 3.1 TeV (3.25 TeV) usando la variabile $m_{\ell\ell bb}$ ($m_{t\bar{t}}^{NW}$). Per il modello di gravitoni di Randall-Sundrum G sono state escluse masse al di sotto di 0.8 TeV (0.8 TeV) usando la variabile $m_{\ell\ell bb}$ ($m_{t\bar{t}}^{NW}$).

TESI DOTTORATO

PH. D.

BONCHI ANDREA

Dipartimento di Fisica — Astronomy, Astrophysics and Space Science

VARIABILITY SELECTED AGNS IN THE CHANDRA DEEP FIELD SOUTH REGION

L'epoca della Reionizzazione identifica il periodo in cui in gas intergalattico (IGM) è tornato trasparente alla radiazione grazie alla ionizzazione dell'idrogeno che compone gran parte dell'Universo. Misure di spettri di quasar lontani e della radiazione cosmica di fondo hanno identificato questa epoca tra redshift $z = 8.5$ e 6, ossia quando l'Universo aveva tra i 600 e gli 950$Myrs$. Si ritiene che il gas intergalattico sia stato ionizzato dalla radiazione ultravioletta (UV) di Galassie in fase di formazione stellare (SFG) e dei Nuclei Galattici Attivi (AGN), ma non è ben chiaro il loro contributo relativo. Infatti le numerose SFG sembrano avere un'efficenza di ionizzazione troppo bassa per garantire la ionizzazione dell'Universo, mentre sono stati osservati pochi AGN a redshift così elevati. Una possibile soluzione potrebbe essere l'esistenza di una popolazione di AGN deboli, non ancora trovati con i metodi attualmente utilizzati. L'identificazione di AGN ad alto z si basa su survey in banda X o emissione UV, ma recenti lavori hanno mostrato la mancanza di completezza di questo tipo di selezioni. In questo lavoro ho sviluppato un metodo di identificazione di AGN basato sulla variabilità, caratteristica di questo tipo di sorgenti, basato sul parametro statistico Median Absolute Deviation (MAD). Ho utilizzato tutte le immagini disponibili del Chandra Deep Field South (CDFS), uno dei campi più a famosi e meglio studiati, acquisite in banda R dallo strumento VIMOS, montato presso il Very Large Telescope. La banda R non permette di raggiungere il redshift dell'epoca della Reionizzazione, ma prossimi strumenti come Euclid e Vera Rubin Observatory forniranno immagini adeguate. Ho fatto lo stacking di tutte le osservazioni di ogni anno, dal 2007 al 2015, ottenendo dei cataloghi di sorgenti che raggiungono una magnitudine di 26. Studiando, quindi, la variazione di luminosità delle sorgenti in questi anni ne ho potuto identificare 73 come variabili. La piccola sovrapposizione tra tutti i cataloghi disponibili evidenzia che questa metodologia è influenzata dalla statistica utilizzata, dalla banda osservata e da altre caratteristiche del metodo stesso. Quindi i risultati ottenuti con un singolo strumento/dataset non possono considerarsi esaustivi.

TESI DOTTORATO

PH. D.

FIORELLINO ELEONORA

Dipartimento di Fisica — Astronomy, Astrophysics and Space Science

LOW-MASS STAR FORMATION: FROM THE CORE MASS FUNCTION TO THE MASS ACCRETION IN YOUNG STARS

Le stelle di tipo sole si formano dal collasso gravitazionale dei cosidetti "prestellar cores", oggetti sferici composti di gas (99%) e polvere (1%), che a loro volta sono il risultato dei processi di frammentazione delle Nubi Molecolari, in un processo evolutivo che porta alla formazione delle protostelle, delle stelle di pre-sequenza principale e infine delle stelle di sequenza principale. Nonostante il quadro generale della formazione stellare sia ben definito, i dettagli ancora non lo sono, soprattutto per quanto riguarda i primi stadi dell'evoluzione stellare dal collasso dei cores alle protostelle. Questo e' dovuto al fatto che tali sorgenti sono fredde e/o oscurate dalla nube in cui si trovano, e pertanto sono oggetti difficili da osservare se non nell'infrarosso e nel sub-millimetrico. Nel lavoro presentato in questa Tesi, sono stati presi in considerazione due aspetti chiave nella determinazione della massa stellare. 1) La realizzazione e lo studio del catalogo completo dei cores della regione Serpens/Aquila e il suo confronto con altri cataloghi a partire dai dati del satellite Herschel ha evidenziato che la distribuzione statistica delle masse dei cores non e' universale, come supposto precedentemente, ma varia da regione a regione del cielo. In altre parole, la massa delle stelle non e' stabilita a priori in maniera deterministica dai processi di frammentazione delle Nubi Molecolari. 2) L'analisi spettroscopica della prima survey di protostelle nel cluster NGC1333 ha mostrato che il tasso di accrescimento della massa nelle protostelle e' minore di quello previsto dai modelli teorici, suggerendo che l'accrescimento della massa stellare avviene tramite eventi eruttivi e non in maniera costante nel tempo; e che i tempi scala delle fasi protostellari potrebbero essere differenti.

TESI DOTTORATO

PH. D.

FASANO MARGHERITA

Dipartimento di Fisica — Astronomy, Astrophysics and Space Science

CONSTRAINING THE EQUATION OF STATE OF NEUTRON STARS WITH ASTROPHYSICAL AND GRAVITATIONAL

Il nucleo delle Stelle di Neutroni è uno degli ambienti più densi del nostro Universo, caratterizzati da bassa temperatura e densità barionica finita. A differenza delle Nane Bianche, le Stelle di Neutroni non sono sostenute solo dalla pressione neutroni dovuta al principio di esclusione di Pauli. Infatti, calcoli pionieristici svolti da Oppenheimer e Volkoff nel 1939 hanno dimostrato che la massa di una stella composta solo da neutroni non interagenti non potrebbe superare le 0.8 masse solari. Tale valore è più piccolo di ogni valore osservato. Questo suggerisce che la configurazione equilibrio di una Stella di Neutroni richiede un ulteriore contributo di pressione, che può essere identificato nelle interazioni adroniche. La densità nel nucleo più interno di una stella di neutroni può raggiungere valori fino a 10 volte la densità di saturazione nucleare. In questo regime, la descrizione delle equazioni di stato stellari sono limitate dalla complessità dell'interazione forte. Misurare gli osservabili macroscopici delle stelle di neutroni, come masse e raggi, rappresenta la strategia più diretta e potente per vincolare la struttura stellare. Infatti esiste una corrispondenza uno a uno tra gli osservabili (per esempio, massa e raggio) e l'equazione di stato. Da misure in banda elettromagnetica si possono misurare masse e raggi, mentre da misura in banda gravitazionale masse e la deformabilità mareali. La deformabilità mareale è un altro parametro che dipende dall'equazione di stato. Questa tesi ha realizzato un'analisi multimesseggera, combinando misure di masse, raggi e deformabilità mareali per ottenere nuovi vincoli sull'equazione di stato, utilizzando un approccio completamente bayesiano.

TESI DOTTORATO

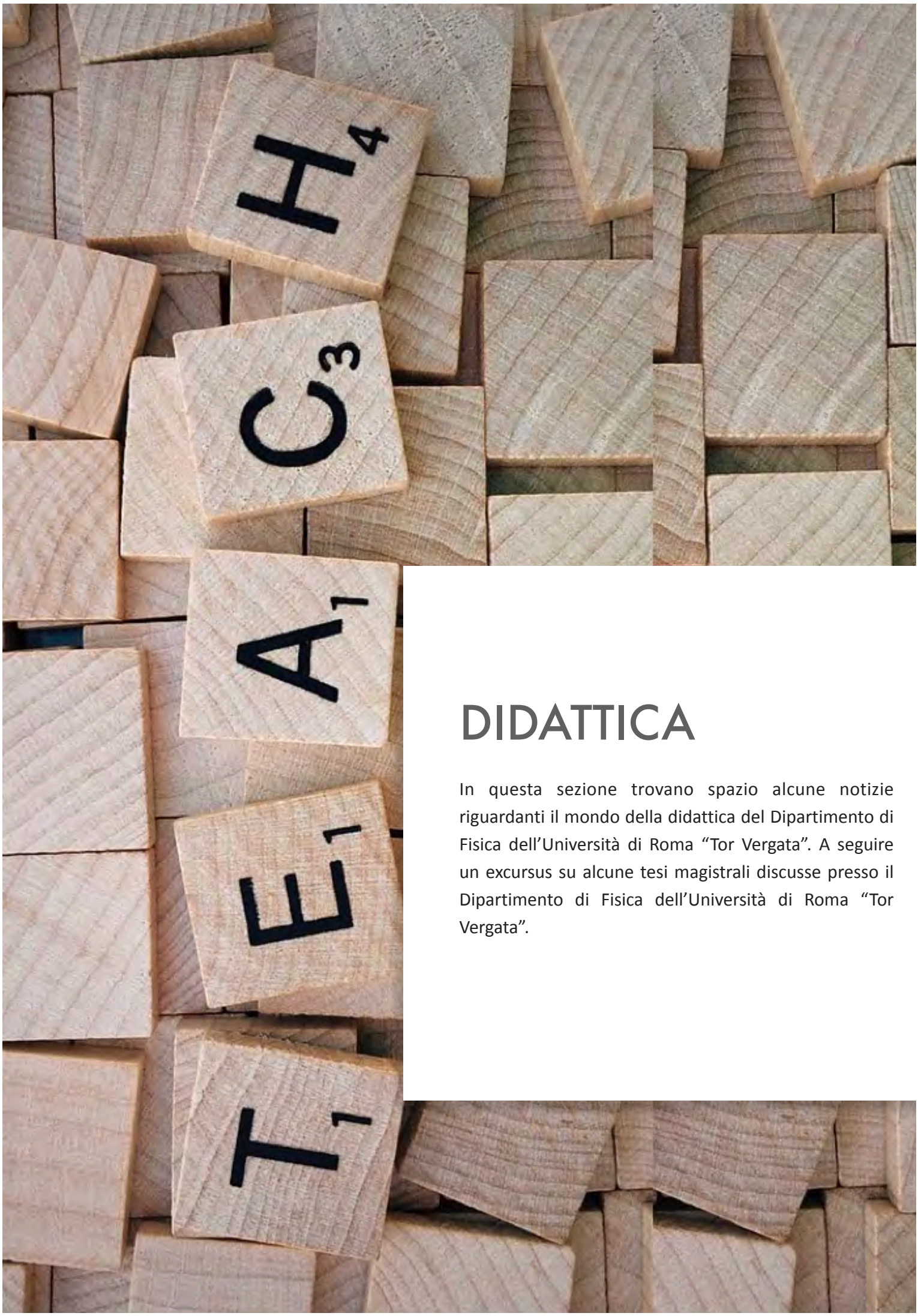
PH. D.

SCHIAVI RICCARDO

Dipartimento di Fisica — Astronomy, Astrophysics and Space Science

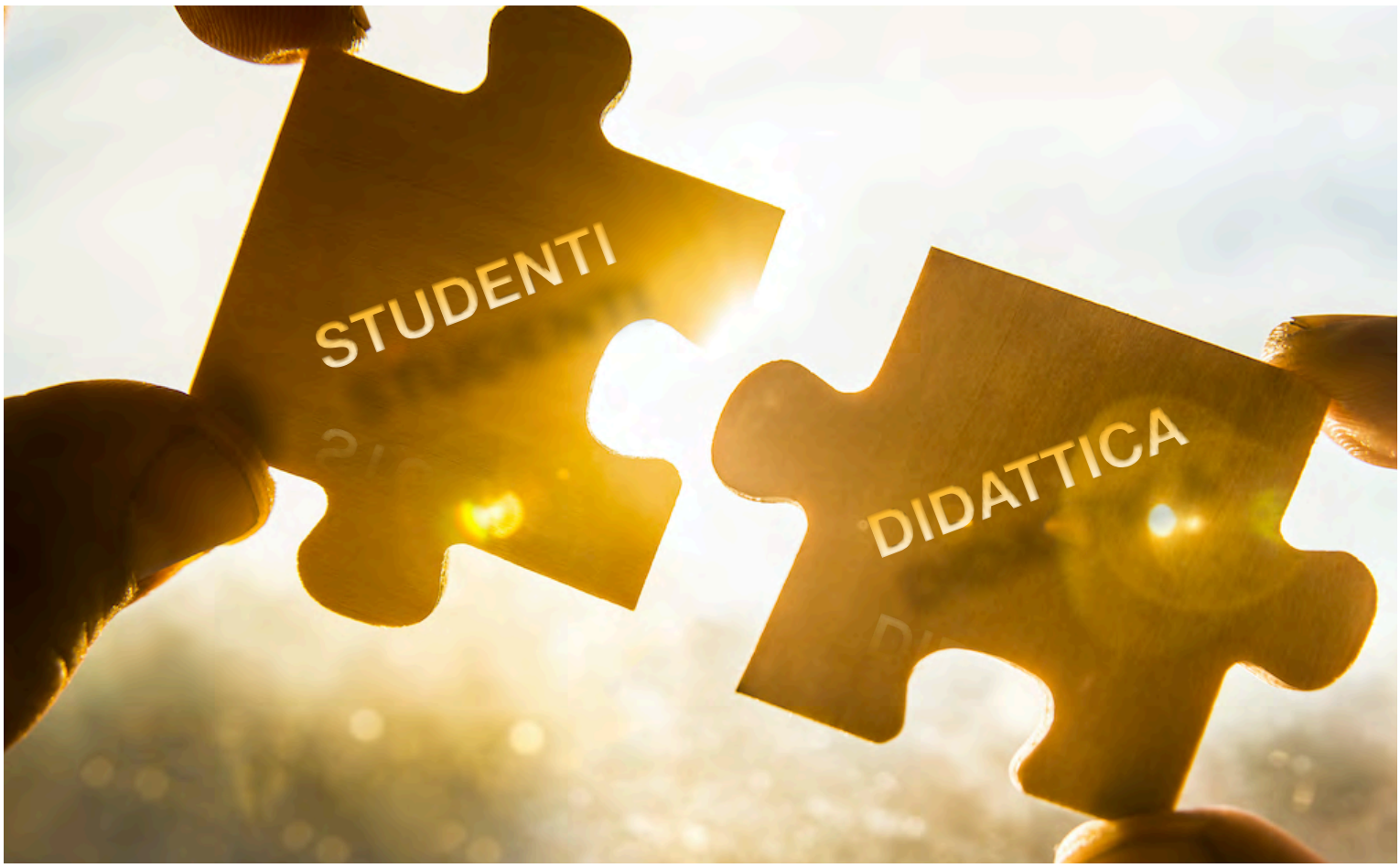
DYNAMICAL MERGERS OF STAR SYSTEMS OVER A WIDE RANGE OF SCALES

Le fusioni sono uno dei principali canali di formazione ed evoluzione delle strutture nell'universo. Si pensa che molte galassie ellittiche siano il risultato della fusione tra galassie a spirale; gli Ammassi Nucleari sono probabilmente frutto della fusione tra ammassi globulari decaduti orbitalmente e i Buchi Neri Supermassicci potrebbero essere il risultato di fusioni tra buchi neri più piccoli. L'interazione tra galassie avviene a scale dell'ordine di migliaia di kiloparsec; le fusioni tra ammassi stellari nei nuclei galattici avvengono a distanze di decine di parsec, mentre le fusioni tra oggetti compatti si verificano nello spazio di pochi parsec o anche meno. Il presente lavoro ha lo scopo di studiare la dinamica delle fusioni tra sistemi stellari alle tre diverse scale, individuandone i tempi caratteristici e le proprietà di ciò che resta dopo la fusione. A tal fine si è usato un codice ad alta precisione, in grado di simulare ciò che potrebbe realmente accadere in natura. Per le scale galattiche ci siamo riferiti al sistema composto dalla Via Lattea e la Galassia di Andromeda. Dal momento che abbiamo forti evidenze che al centro di queste galassie ci siano due Buchi Neri Supermassicci, abbiamo incluso tali oggetti nei nostri modelli e seguito il loro moto durante tutta l'interazione tra le galassie, fino a vederli formare una binaria e infine fondersi. Per le scale intermedie abbiamo scelto di studiare la dinamica della fusione dei due ammassi stellari osservati vicino al centro della galassia a spirale NGC4654. Lo scopo di questo lavoro è quello di fornire un ampio spettro di analisi per i processi di fusione tra sistemi stellari e oggetti compatti, mostrandone somiglianze e differenze, e realizzare un quadro completo sugli aspetti fondamentali di tali fenomeni.



DIDATTICA

In questa sezione trovano spazio alcune notizie riguardanti il mondo della didattica del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". A seguire un excursus su alcune tesi magistrali discusse presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata".



NEWS

MASTER "AGENTI FISICI E RADIOPROTEZIONE"

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Prende il via a gennaio 2021 il Master di II livello "Agenti Fisici e Radioprotezione", coordinato dal Prof. Roberto Senesi del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". Il Master è volto alla formazione di professionisti in grado di operare nella valutazione e protezione dal rischio derivante dall'impiego delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti sia nell'ambiente di lavoro che di vita. Inoltre, tali figure professionali sono specificamente definite e richieste dalla vigente normativa in materia di sicurezza e protezione sanitaria dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente.

STIMULATE

Newsletter del Dipartimento di Fisica — Luglio/Agosto 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

A Giugno 2020 si è conclusa la prima metà del progetto di dottorato Europeo Congiunto (Marie Curie Action) STIMULATE, che vede la supervisione di 8 studenti nel campo della fisica teorica delle alte energie e della fluidodinamica computazionale da parte di alcuni docenti del gruppo teorico di Tor Vergata (Luca Biferale, Roberto Frezzotti, Mauro Sbragaglia e Nazario Tantalo). Il progetto è stato finanziato per circa 550 K€ nel quadriennio 2018-2022 e comprende un consorzio di 8 università (tre italiane, 2 tedesche, 2 cipriote e 1 israeliana) e 15 studenti. Riportiamo l'elenco dei ricercatori e i loro rispettivi progetti di ricerca.

SELEZIONATO IL PROGETTO SWATNET

Newsletter del Dipartimento di Fisica — Giugno 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Lo European Joint Doctorate SWATNET (Space Weather Awareness Training Network), coordinato per il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" dal Dr. Dario Del Moro, è stato selezionato all'interno del Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network. SWATNET è un network composto da otto partner accademici più ulteriori sette organizzazioni partner (tra enti di ricerca e industrie) provenienti da sette differenti nazioni europee. Ogni soggetto apporta competenze differenti e complementari. Il Dottorato SWATNET è volto a preparare la prossima generazione di fisici dell'eliosfera con una combinazione unica di abilità trasversali e conoscenza dello Space Weather e il suo impatto sulla società.

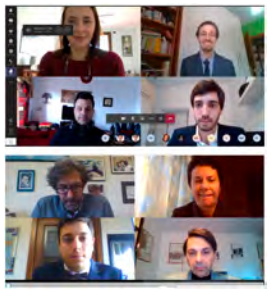
INSPYRE 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Quest'anno INSPYRE - International School on Modern Physics and Research - scuola internazionale di Fisica moderna e Ricerca, a causa dell'attuale emergenza sanitaria da Covid-19 si è svolta in modalità online, in modo da poter raggiungere a casa non solo gli studenti ma anche tutti gli appassionati di scienza e tecnologia. La scuola, organizzata da INFN – LNF Laboratori Nazionali di Frascati, è in lingua inglese ed è rivolta a studenti dell'ultimo anno delle scuole secondarie di secondo grado di tutto il mondo. Tra i docenti che hanno accompagnato i ragazzi e le ragazze in questa edizione virtuale 2020 "The Hitchhikers's Guide to the... Universe" ci sono i Proff. Viviana Fafone e Amedeo Balbi del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

PRIMI LAUREATI IN MODALITÀ TELEMATICA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



L'emergenza sanitaria in atto, dovuta alla diffusione del CoViD-19, ha dato modo al Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" di poter sperimentare nuovi mezzi telematici, sia per le lezioni che per le sedute di laurea. Fin dai primi giorni seguenti la sospensione della didattica in presenza, si è passati alla modalità telematica "streaming interattivo", utilizzando principalmente la piattaforma MS Teams. Nel mese di marzo si sono quindi svolte anche le prime sedute di Laurea in modalità telematica: il 26 marzo 2020 per le Lauree in Scienza dei Materiali, e il 27 marzo 2020 le Lauree in Fisica. Entrambe le sessioni si sono concluse con successo, e nei tempi previsti.

TESI MAGISTRALI

Fisica

Scienza e Tecnologia dei Materiali

Double Degree TH-Wildau

DOTTORE MAGISTRALE

MATTEO CANTORESI

Dipartimento di Fisica — Fisica

CANCELLATION PROPERTIES IN QUIET-SUN PHOTOSPHERE HOSTING CORONAL HOLES AND EPHEMERAL REGIONS

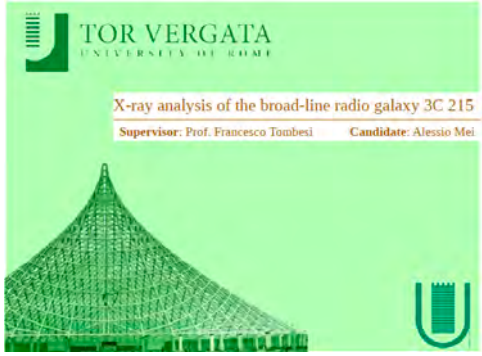
Il Sole è una stella gialla caratterizzata da moti convettivi che interessano l'envelope. La regione più esterna dell'atmosfera solare, la corona, presenta una morfologia influenzata dai campi magnetici che la caratterizzano e che sono radicati nella fotosfera (la superficie). Nella corona è possible osservare alcune regioni più scure, chiamate buchi coronali (CHs); questi sovrastano regioni fotosferiche aventi un campo magnetico sbilanciato. Nella mia tesi ho studiato le distribuzioni dei campi al di sotto dei CHs usando immagini prese da telescopi spaziali. È emerso che la maggior parte dello sbilanciamento in queste strutture ha origine da piccole regioni.

DOTTORE MAGISTRALE

ALESSIO MEI

Dipartimento di Fisica — Fisica

ANALISI NELLA BANDA X DELLA RADIO GALASSIA 3C 215



Il fine di questo lavoro di tesi è quello di analizzare lo spettro nella banda X della sorgente extragalattica 3C 215, un particolare Nucleo Galattico Attivo "radio-loud", al fine di descrivere i meccanismi che portano all'emissione di un potente getto relativistico. L'analisi dei dati del telescopio XMM-Newton ci ha permesso di collegare i processi di emissione al regime di accrescimento del buco nero supermassivo (SMBH) all'interno, che avviene tramite un disco composito o troncato, probabilmente a causa di un secondo SMBH che ruota attorno ad esso a distanze minori di un parsec

DOTTORESSA MAGISTRALE

ELENIA PACETTI

Dipartimento di Fisica — Fisica

THE IMPACT OF TIDAL DISRUPTION EVENTS ON GALACTIC HABITABILITY

I Tidal Disruption Events (TDEs) sono fenomeni astrofisici caratterizzati dall'emissione di una radiazione ad altissima energia. In questa tesi ho analizzato l'impatto cumulativo dei TDEs sull'abitabilità galattica, rivelando come questi possano innescare la fuga idrodinamica delle atmosfere planetarie e provocare un danno biologico. Il lavoro mostra che pianeti simili alla Terra, posti entro 1 kpc dal centro della Via Lattea, potrebbero perdere tutta la loro atmosfera su un tempo scala pari all'età del Sistema Solare, suggerendo l'importanza dei TDEs nello studio dell'abitabilità galattica.

DOTTORESSA MAGISTRALE

GIULIA PICCIRILLI

Dipartimento di Fisica — Fisica

STUDY OF CORRELATION BETWEEN CMB LENSING AND DISTRIBUTION OF RADIO SOURCES

I fotoni della Radiazione Cosmica di Fondo (CMB), propagandosi nell'Universo, subiscono il fenomeno del lensing gravitazionale dovuto alla distribuzione di materia oscura sottostante. Un altro tracciante della stessa Struttura su Larga Scala responsabile del CMB lensing, è la distribuzione delle radio sorgenti. Nella mia tesi, ho analizzato la cross-correlazione tra questi due osservabili per vincolare il modello del bias delle radio sorgenti, ottenendo informazioni inaccessibili singolarmente. Questo lavoro mostra l'importanza della cross-correlazione per lo studio del modello cosmologico.

DOTTORE MAGISTRALE

NICOLA PLUTINO

Dipartimento di Fisica — Fisica

ANALYSIS METHODS FOR SOFT-X SOLAR SIGNAL AND FLARES DETECTION

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

Corso di Laurea Magistrale in Fisica

Analysis Methods for Soft-X Solar Signal and Flares Detection

Relatore: Prof. Francesco Berrilli

Candidato: Nicola Plutino

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è lo sviluppo di un algoritmo efficiente che stili una lista di brillamenti solari a partire dall'analisi del segnale soft-X solare proveniente dai satelliti GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) della NASA. Il nuovo algoritmo è stato in grado di individuare un numero totale di brillamenti circa quattro volte maggiore rispetto a quello delle classiche liste GOES e di infittire significativamente la statistica dei brillamenti a bassa intensità. I dati dalla nuova lista sono stati successivamente sottoposti ad analisi statistica.

DOTTORESSA MAGISTRALE

FABIOLA RAFFAELI

Dipartimento di Fisica — Fisica

MISURA DELLA VITA MEDIA EFFETTIVA DEL MESONE $B_s^0 \to \mu^+\mu^-$ NEL CANALE DI DECADIMENTO $\mu^+\mu^-$ COL RIVELATORE ATLAS AD LHC

Università degli Studi di Roma Tor Vergata

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

Corso di laurea in Fisica

Measurement of $B_s^0 \to \mu^+\mu^-$ effective lifetime in $\mu^+\mu^-$ decay with ATLAS detector at LHC

Relatore: Dr. Umberto De Sanctis

Candidato: Fabiola Raffaeli

Controrelatore: Prof.ssa Annalisa D'Angelo

A.a. 2019/2020

L'obiettivo della tesi è la misura della vita media effettiva del mesone B_s^0 nel canale di decadimento $\mu^+\mu^-$ utilizzando i dati raccolti nel 2015-2016 dall'esperimento ATLAS al LHC del CERN di Ginevra. La misura di vita media di questo decadimento è particolarmente sensibile ad effetti di nuova fisica oltre il Modello Standard e non è mai stata misurata dalla collaborazione ATLAS. Il lavoro di tesi è consistito nella ricostruzione del decadimento in questione, nell'ottimizzazione del rapporto segnale/fondo e nella stima l'incertezza statistica attesa sulla vita media che è stata di 0.36-0.38 ps.

DOTTORESSA MAGISTRALE

GIULIA ROMOLI

Dipartimento di Fisica — *Fisica*

RADIATION EFFECTS ON THE ELECTROPHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF ASTRONAUTS ON BOARD THE INTERNATIONAL SPACE STATION

Lo spazio non è un ambiente sicuro per l'uomo: particelle di origine solare o galattica a diverse energie espongono gli astronauti a livelli di radiazione più alti rispetto alla popolazione sulla Terra. L'atmosfera e il campo magnetico terrestre ci schermano infatti dalla maggior parte delle particelle cosmiche più dannose; al contrario, nello spazio profondo l'uomo non può più contare su queste protezioni "naturali". In questo lavoro si ripercorre tutto quello che è stato fatto finora per comprendere gli effetti delle particelle cosmiche su un organo umano in particolare, il cervello.

DOTTORE MAGISTRALE

FRANCESCO SGARAMELLA

Dipartimento di Fisica — *Fisica*

CHARACTERIZATION IN THE LABORATORY AND DAFNE OF THE SIDDHARTA-2 SDD DETECTORS FOR PRECISION KAONIC ATOMS MEASUREMENTS

Durante il lavoro di tesi ho partecipato all'esperimento SIDDHARTA-2, il cui scopo è eseguire la prima misura al mondo dei raggi X emessi dal deuterio kaonico nella transizione verso il livello fondamentale. Ciò permetterà di investigare la Cromo Dinamica Quantistica a basse energie e in presenza di stranezza. Per eseguire la misura sono stati sviluppati dei nuovi Silicon Drift Detectors, capaci di lavorare in ambienti con elevato background. Ho caratterizzato tali rivelatori presso il collisore DAΦNE dimostrandone le eccellenti prestazioni in termini di linearità e risoluzione energetica.

DOTTORESSA MAGISTRALE

CLAUDIA TARANTO

Dipartimento di Fisica — *Fisica*

DYNAMICAL ACTUATION FOR OPTICAL ABERRATION CONTROL IN GRAVITATIONAL WAVE INTERFEROMETERS

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea Magistrale in Fisica
Curriculum Astrofisica

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Dynamical actuation for optical aberration control in gravitational wave interferometers

Relatore: Prof.ssa Viviana Fafone
Candidato: Claudia Taranto
Correlatore: Dott.ssa Ilaria Nardecchia

Anno accademico 2018-2019

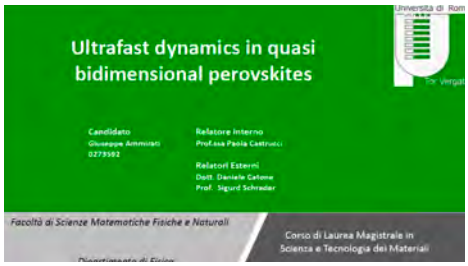
Uno dei principali rumori che limitano la sensibilità degli interferometri gravitazionali è quello quantistico. In Advanced Virgo è installata una cavità ottica, parte essenziale del sistema utilizzato per ridurre tale rumore. Gli specchi della cavità devono essere adattati per garantire il punto di lavoro ottimo dell'interferometro e limitare le perdite di potenza che riducono l'efficienza del sistema stesso. In questa tesi è stato caratterizzato il prototipo dell'attuatore installato intorno agli specchi della cavità, che fornisce una dinamica sul raggio di curvatura di oltre 10 metri.

Dipartimento di Fisica — *Scienza e Tecnologia dei Materiali*

ULTRAFAST DYNAMICS IN QUASI BIDIMENSIONAL PEROVSKITES

DOTTORE MAGISTRALE

GIUSEPPE AMMIRATI


Ultrafast dynamics in quasi bidimensional perovskites

Candidato
Giuseppe Ammirati
0273982

Relatore Interno
Prof.ssa Paola Castrucci

Relatori Esterni
Dott. Daniele Catone
Prof. Sigurd Schrader

Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Corso di Laurea Magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali

In questo lavoro di tesi è stata studiata la dinamica ultraveloce di perovskiti quasi bidimensionali (dodecilammonio metilammonio piombo ioduro ($DA_2\,MA_{n-1}\,Pb_n\,I_{3n+1}$) tramite Spettroscopia di Assorbimento Transiente al Femtosecondo, una tecnica spettroscopica pompa-sonda utilizzata per misurare le energie di stato eccitato ed il relativo tempo di vita. Tale studio ha permesso di ottenere preziose informazioni sulla foto-fisica di questi materiali, utili per lo sviluppo di tali sistemi nell'ambito del fotovoltaico e dell'optoelettronica.

DOTTORE MAGISTRALE

SIMONE BROZZESI

Dipartimento di Fisica — Scienza e Tecnologia dei Materiali

STUDIO AB INITIO DI UN MULTILAYER A BASE DI GRAFENE E *hBN* A PARTIRE DAGLI STRATI COSTITUENTI

Il lavoro si inserisce nel contesto della fisica teorica computazionale e della struttura della meteria, e riguarda lo studio di nuovi materiali bidimensionali costituiti da singoli strati atomici impilati: un campo della scienza dei materiali molto importante che si è sviluppato a partire dalla scoperta del grafene nel 2004. L'obiettivo del lavoro di tesi è stato il calcolo tramite Teoria del Funzionale Densità delle proprietà strutturali, elettroniche ed ottiche di un materiale 2D multilayer formato da due strati di nitruro di boro esagonale interni incapsulati tra due strati di grafene.

DOTTORESSA MAGISTRALE

ANNA PAOLA PANUNZI

Dipartimento di Fisica — Scienza e Tecnologia dei Materiali

FABRICATION OF STRETCHABLE AND TRANSPARENT ELECTRODES BASED ON SILVER NANOWIRES AND THEIR APPLICATION AS BOTTOM CONTACTS FOR PEROVSKITE SOLAR CELLS

Il lavoro di tesi riguarda la fabbricazione di elettrodi stretchable per applicazioni fotovoltaiche, ambito in forte espansione e di notevole interesse per la scienza dei materiali. Il lavoro si basa sull'ottimizzazione dal punto di vista meccanico ed optoelettronico di elettrodi costituiti da nanofili d'argento in una matrice di poliuretano, al fine di valutarne il funzionamento e le prestazioni in base a sollecitazioni meccaniche esterne. Gli elettrodi sono stati utilizzati come substrato per celle solari a perovskite, valutandone le performance sia sperimentalmente che a livello teorico.

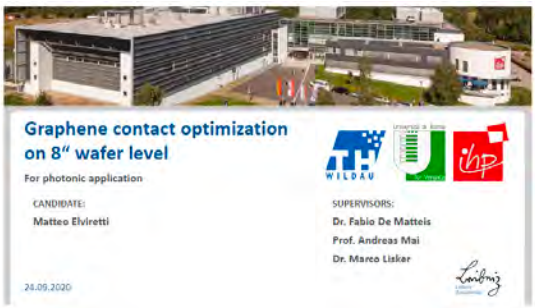
DOTTORE MAGISTRALE

MATTEO ELVIRETTI

Dipartimento di Fisica

Double Degree TH - Wildau

OTTIMIZZAZIONE DEL CONTATTO GRAFENE/METALLO



Questo lavoro è stato eseguito in una pilot-line per wafer da 200 mm al fine di integrare il grafene in un ambiente compatibile con le tecnologie CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor) e BiCMOS (bipolar CMOS). Gli approcci presentati consentono la formazione di contatti con Ni aventi resistenza di contatto di 75Ω (resistività di 450$\Omega \cdot \mu m$). I dati sono stati analizzati in funzione dell'area e del perimetro di contatto, il che ha portato alla formulazione di un modello che descrive la dipendenza della resistenza di contatto dai parametri geometrici dello stesso.

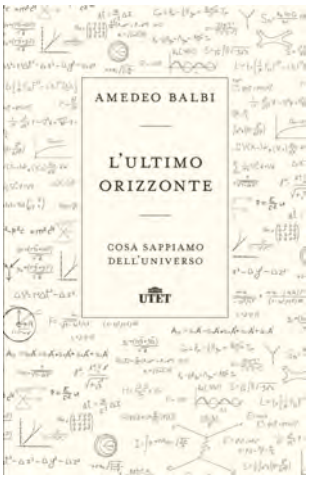
TERZA MISSIONE

Le attività di Terza Missione del Dipartimento di Fisica si concentrano soprattutto nell'area del Public Engagement con un'intensa attività di formazione rivolta agli insegnanti della scuola secondaria di I e II grado - ad esempio nell'ambito del Piano Lauree Scientifiche (PLS) - e di divulgazione scientifica

TERZA MISSIONE

PREMIO ASIMOV

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Il Prof. Amedeo Balbi del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" è stato selezionato con il suo libro L'ultimo orizzonte come uno dei cinque finalisti della quinta edizione del Premio Asimov, che ha lo scopo primario di promuovere la cultura scientifica nelle giovani generazioni proponendo la lettura critica di libri di divulgazione scientifica, pubblicati o tradotti in italiano negli ultimi due anni.

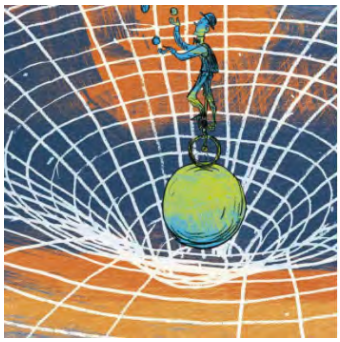
RIVISTA ANNUALE DEL DIPARTIMENTO DI FISICA - 2019

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

È stata pubblicata, da EA Edizioni Anicia, la Rivista Annuale del Dipartimento di Fisica (anno 2019) curata dai Dott. Alice Aldi, Giordano Amicucci, Laura Calconi e Liù M. Catena. “Le attività didattiche, di ricerca e di terza missione del Dipartimento di Fisica dell’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”, raccolte nella Rivista 2019, evidenziano un ambiente dinamico, innovativo, internazionale e interdisciplinare che quotidianamente accetta sfide e si dedica alla piena comprensione della gran varietà di fenomeni naturali che la natura porge, con lo sguardo sempre rivolto alla scoperta”. Questi i saluti del Direttore del Dipartimento di Fisica, Prof. Pasquale Mazzotta. Il pdf della Rivista è scaricabile dal sito del Dipartimento.

BUCHI NERI E ALTRI MOSTRI GRAVITAZIONALI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



La Prof.ssa Viviana Fafone del Dipartimento di Fisica tiene un lezione online per studenti di scuole primarie e secondarie di primo grado dal titolo Buchi neri e altri mostri gravitazionali, all'interno dello spazio Universo e Spazio - FISICAxKIDS del National Geographic Festival delle Scienze. Che cosa succede quando due buchi neri si incontrano? Una vera e propria catastrofe cosmica: uno scontro che scuote tutto l’universo stiracchiandolo da un lato e schiacciandolo dall’altro. L’eco della catastrofe viaggia nell’universo e investe la Terra come un’onda silenziosa ma potentissima. Sono le onde gravitazionali che genialmente Einstein aveva previsto già 100 anni fa scrivendo la Teoria della Relatività. Oggi siamo in grado di rivelare anche le onde gravitazionali

emesse dallo scontro tra due stelle di neutroni: si tratta di oggetti celesti non meno interessanti dei buchi neri, senza i quali, tra l'altro, non ci sarebbe oro sulla Terra.

THE ANSWER, MY FRIEND, IS BLOWIN' IN THE WIND...

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Prof. Luca Biferale e il Dott. Michele Buzzicotti del Dipartimento di Fisica tengono un seminario su teoria del caos, difficoltà nel fare previsioni, machine learning: uno sguardo alla fisica e alla matematica dei sistemi complessi.

CAPIRE IL CLIMA DEL PASSATO REMOTO PARTENDO DAL PASSATO PROSSIMO

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Le caratteristiche climatiche della Terra hanno subito variazioni importanti nel corso della storia del pianeta e anche oggi ne stiamo provando alcune, per la prima volta generate dall'intervento umano. Ma come si può stabilire quale fosse la temperatura terreste mille, diecimila, centomila anni fa o prima ancora? Come poter dedurre informazioni sulla temperatura dell'intero pianeta da misure che coinvolgono necessariamente solo alcune regioni? A queste domande cercano di rispondere i matematici che si occupano di problemi inversi. Naturalmente, è necessario avere un modello climatologico ben formulato e capire quali sono le misure giuste da raccogliere, per poterne trarre informazioni. Il Prof. Piermarco Cannarsa del Dipartimento di Matematica tiene un seminario su cosa si può sperare di ricostruire a partire dai modelli di bilancio energetico.

BUCHI NERI E GALASSIE: UNA DIFFICILE "CONVIVENZA"

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

I buchi neri sono tra gli oggetti più misteriosi della natura. Inizialmente considerati come fantasiosi, gli astrofisici hanno però iniziato ad "osservarli" grazie alla enorme quantità di radiazione emessa dal gas pochi attimi prima di essere risucchiato al loro interno. Non solo i buchi neri esistono, ma ce ne sono moltissimi nell'universo. Ogni galassia ha al suo centro un buco nero supermassiccio. Come si sono formati? C'è una connessione tra i buchi neri supermassicci e le galassie? I buchi neri possono influenzare la nascita e morte delle stelle e dei pianeti? Recenti studi nei raggi X con osservatori spaziali ci hanno mostrato che dai buchi neri al centro dei quasar hanno origine dei "venti" potentissimi, addirittura in grado di spazzare intere galassie e limitare la nascita di nuove stelle. Il Prof. Francesco Tombesi del Dipartimento di Fisica tiene un seminario in cui spiega come galassie e buchi neri supermassicci sono legati da una difficile "convivenza", e come senza di essi le galassie non sarebbero come noi le conosciamo.

CATACLISMI COSMICI E SUSSURRI GRAVITAZIONALI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Cosa accade quando due buchi neri si scontrano? E quando si fondono due stelle di neutroni? Dei veri e propri cataclismi cosmici che producono segnali che solo da alcuni anni siamo in grado di misurare. Si tratta delle onde gravitazionali, nuovi messaggeri che portano con sé informazioni preziose e uniche sulle sorgenti che li hanno generati. Per rivelarle sono stati costruiti strumenti complessi ed

estremamente sensibili. Quando l'onda arriva sulla terra, dopo aver viaggiato per milioni o miliardi di anni nell'universo, dell'iniziale cataclisma resta infatti un sussurro, un piccolissimo effetto che finalmente sappiamo captare, grazie a decenni di ricerche e sviluppi tecnologici. La Prof.ssa Viviana Fafone del Dipartimento di Fisica tiene un seminario in cui illustra le tappe più salienti di questa avventura e quali sono i principali risultati ottenuti finora nello studio dell'universo per mezzo delle onde gravitazionali.

STUDIARE IL SOLE PER CAPIRE IL CLIMA SULLA TERRA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Sole, la stella centrale del nostro sistema planetario, ci appare stabile ed immutabile nel tempo, almeno sulla scala temporale della storia dell'uomo. Grazie al Sole è possibile mantenere il nostro pianeta abbastanza caldo da permetterci di sopravvivere assieme alle forme di vita complessa che conosciamo. Per questo motivo il Sole ha sempre avuto un ruolo centrale nello sviluppo delle civiltà umane ed una importanza riconosciuta nel clima della Terra. Ma quale è stato e quale sarà il ruolo del Sole nel clima della Terra? Per quanto tempo il Sole permetterà alla vita, come noi la conosciamo, di vivere sul nostro pianeta? La variabilità della nostra stella può arrecarci danni? Il Prof. Francesco Berrilli del Dipartimento di Fisica tiene un seminario in cui illustra, dopo una breve introduzione alla storia del clima della Terra e alla vita del Sole, il futuro della nostra stella e il futuro che aspetta il nostro pianeta.

I SISTEMI DI CONTROLLO NEGLI IMPIANTI PER LA FUSIONE NUCLEARE

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Dr. Daniele Carnevale del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria informatica tiene un seminario sui vari progetti che coinvolgono l'Università di

Roma "Tor Vergata" sugli impianti per la fusione nucleare.

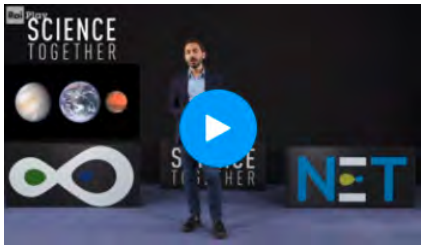
STORIE DI RICERCATORI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il Dott. Luca Giovannelli del Dipartimento di Fisica si racconta nell'iniziativa "Storie di Ricercatori": 10 ricercatori e ricercatrici del progetto NET racontano i loro sogni, le curiosità e le speranze di ciascuno di loro fin da bambini. Le storie, raccontate direttamente dalla viva voce dei ricercatori, rispondono alle tante domande che spesso giungono, per mail come negli eventi dal vivo, su quale sia la vita del ricercatore, quale il percorso – di studi e lavorativo – per arrivarvi… come si diventi scienziati. Rivolte direttamente a giovani e giovanissimi, le 10 puntate sono storie di ragazzi che hanno deciso di intraprendere una professione affascinante e piena di sfide.

CERCANDO UN'ALTRA TERRA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it



Il Prof. Amedeo Balbi del Dipartimento di Fisica, ospite con il suo intervento su RaiPlay, racconta perché, al di là di sogni e progetti di traslochi avventurosi in altri pianeti, ora la nostra terra è l'unico posto dove possiamo vivere, e perché dobbiamo proteggerla lavorando tutti insieme.

GIOCHIAMO CON LA FISICA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

All'interno del Progetto SHARPER-SHAring Researchers' Passions for Evidences and Resilience, legato alla Notte Europea dei Ricercatori, il Dott. Vincenzo Caracciolo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" tiene, insieme ai Dott. Chiara Vignoli e Nicola Rossi dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, il laboratorio on-line Giochiamo con la Fisica, nel quale i tre ricercatori coinvolgeranno i più piccoli a giocare con semplici oggetti facilmente reperibili in casa, per scoprire affascinanti proprietà della fisica.

SCIENZIMPRESA PER LA NOTTE DELLA RICERCA 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica ha realizzato, in occasione della "Notte della Ricerca 2020" tre video di divulgazione scientifica:

•I Falsi Miti sull'Inquinamento Climatico (https://www.youtube.com/watch?v=8SUfX7FIEy8)

•Il Cielo della Notte dei Ricercatori (https://www.youtube.com/watch?v=AOclK1n_aHM)

- La Storia dell'Esplorazione Spaziale in 10 Citazioni (https://www.youtube.com/watch?v=qTCkJG7UkCc)

SCIENTIFIC PARK VII: SCIENZIATI FANTASTICI E DOVE TROVARLI

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica, con il contributo della Regione Lazio ed il patrocinio del Parco Regionale dell'Appia Antica, presenta il 24 e 25 Ottobre 2020, nella splendida Sede Centrale del Parco Regionale dell'Appia Antica (Ex Cartiera Latina - Via Appia Antica, 42 - Roma) un evento dedicato a cinque grandi scienziati del passato: Galileo Galilei, Isaac Newton, Nikola Tesla, Marie Curie e Rosalind Franklin. Cinque personaggi, distanti geograficamente e storicamente, che hanno dedicato la loro esistenza alla conoscenza. Cinque postazioni diverse in ciascuna delle quali sono presenti giovani ricercatori e divulgatori scientifici che raccontano brevemente le fasi salienti della vita dei protagonisti, spesso tormentata e difficile, e affrontano le tematiche fondamentali del loro lavoro, il tutto con il supporto di esperimenti ed exhibit.

SETTIMANA DI FORMAZIONE PROGETTO SEED SCIENCE

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Dopo la prima edizione che ha avuto un notevole successo il progetto Seed Science, che si occupa di formare insegnanti di scienze in alcuni Paesi africani, torna a Roma "Tor Vergata". I docenti di 3 paesi africani (Ghana, Uganda e Tanzania) discutono con studenti e docenti dell'Ateneo di tematiche scientifiche e culturali con un particolare focus sull'igiene e le malattie sessualmente trasmissibili. Una parte importante e nuova riguarderà anche la formazione dal punto di vista economico di progetti sostenibili realizzata in collaborazione con il team MARIS

del nostro ateneo. Coordinatori del progetto sono il Dott. Michele Raggio e la Prof.ssa Anna Sgarlata del Dipartimento di Fisica.

NOTTI DI SCIENZA - TALENTI PER LA SCIENZA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il 18 settembre 2020, nell'ambito del progetto NET-H2020-MSCA-NIGHT-2020, il cui responsabile per l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" è il Prof. Amedeo Balbi (del Dipartimento di Fisica), si tiene a Parco Talenti di Roma l'evento "Notti di Scienza. Il Pianeta dopo il COVID", una serata per riflettere sull'importanza della scienza e della sua corretta comunicazione. Il 25 e 26 settembre 2020, sempre nell'ambito del progetto NET, si tiene a Parco Talenti di Roma l'evento "Talenti per la Scienza", un week-end di laboratori per i più piccoli, talk scientifici e conferenze.

SCIENCE PARTY!

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Il 26 settembre 2020, nel corso di "Science Party!" (festa della scienza organizzata dall'Associazione Frascati Scienza con il contributo della Regione Lazio nell'ambito del programma Eventi delle Meraviglie), l'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" accompagna i visitatori in un viaggio alla scoperta dell'esplorazione dello Spazio e della vita a bordo della Stazione Spaziale Internazionale, con il laboratorio che prende proprio il nome dalla missione Nasa, Mars 2020.

AL VIA DA FINE LUGLIO IL "PROGETTO NET" PER LA NOTTE EUROPEA DEI RICERCATORI 2020

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

La Notte Europea dei Ricercatori da quest'anno si arricchisce di un nuovo progetto. Si chiama "NET" e il suo obiettivo è quello di creare una rete attiva fra scienza, cultura e società. Al progetto NET (finanziato dalla Commissione Europea nel'ambito del Programma H2020) aderiscono, oltre al Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" (responsabile il Prof. Amedeo Balbi) importanti Enti pubblici di ricerca ed Università del nostro Paese: CNR (che ne è anche il capofila), ENEA, INAF, INGV, ISPRA, CINECA, Sapienza Università di Roma, Università degli Studi della Tuscia, Università Telematica Internazionale UNINETTUNO. La Notte 2020 di NET sarà anticipata da una serie di proposte estive, da fine luglio a settembre, che vedranno impegnati i nostri ricercatori su "Trekking scientifici" urbani e naturalistici e "Aperitivi scientifici", "Notti di scienza" al Cinevillage di Parco Talenti, e proseguirà in autunno fino ad arrivare al 27 Novembre 2020, con una "Notte digitale" e non solo, dove spiegheremo e mostreremo i luoghi della scienza attraverso virtual tour, giochi, caccia al tesoro ed esperimenti, laboratori, conferenze e attività interattive.

SCIENZIMPRESA AL PARCO REGIONALE DELL'APPIA ANTICA

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

Nell'ambito del programma di visite guidate ed eventi gratuiti per l'Estate 2020 della Regione Lazio, in collaborazione con il Parco Regionale dell'Appia Antica, l'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" propone a Luglio due eventi: un pomeriggio

dedicato alla costruzione e al lancio di razzi ad acqua ed una serata dedicata allo spettacolo offerto dalla volta celeste per un viaggio tra le costellazioni estive, con osservazioni al telescopio della Luna, Giove e Saturno. Entrambi gli eventi vengono ripetuti nel mese di Settembre.

"LA GRANDE STORIA DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE" CONTINUA!

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" continua, sul suo canale ufficiale di YouTube, la serie di divulgazione scientifica dal titolo La Grande Storia dell'Esplorazione Spaziale con l'obiettivo raccontare tutti i piccoli passi che hanno portato l'umanità all'esplorazione dello spazio. La serie a scopo divulgativo conta già ben 8 episodi, l'ultimo dei quali racconta del programma spaziale "Gemini".

LA GRANDE STORIA DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE

www.newsletter-fisica-tor-vergata.it

L'Associazione ScienzImpresa del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha avviato sul suo canale ufficiale di YouTube la prima stagione della serie di divulgazione scientifica dal titolo La Grande Storia dell'Esplorazione Spaziale. L'obiettivo è quello di raccontare tutti i piccoli passi che hanno portato l'umanità a realizzare uno dei suoi sogni più antichi e più moderni: esplorare lo spazio.

PERSONALE

Alla data di pubblicazione della presente Rivista (giugno 2021), il Dipartimento di Fisica è composto da: 16 Professori Ordinari, 1 Professore Emerito, 2 Professori Onorari, 4 Professori Turris Vergatae, 26 Professori Associati, 27 Ricercatori, 23 TAB, , 1 Social Media Manager, 7 Rappresentanti Studenti nel Consiglio di Dipartimento.

PERSONALE

Professori Ordinari:

Carla ANDREANI, FIS/03

Roberto BENZI, FIS/02

Francesco BERRILLI, FIS/06

Massimo BIANCHI, FIS/02

Luca BIFERALE, FIS/02

Giuseppe BONO, FIS/05

Lucio CERRITO, FIS/01

Matteo CIRILLO, FIS/03

Annalisa D'ANGELO, FIS/04

Maurizio DE CRESCENZI, FIS/03

Anna DI CIACCIO, FIS/01

Viviana FAFONE, FIS/01

Rossana MARRA, MAT/07

Pasquale MAZZOTTA, FIS/05

Silvia MORANTE, FIS/07

Nicola VITTORIO, FIS/05

Piergiorgio PICOZZA (Professore Emerito), FIS/01

Giancarlo ROSSI (Professore Onorario), FIS/02

Rinaldo SANTONICO (Professore Onorario), FIS/01

Roberto BUONANNO (Professore Turris Vergatae), FIS/05

Rita BERNABEI (Professore Turris Vergatae), FIS/04

Ivan DAVOLI (Professore Turrris Vergatae), FIS/01

Emanuele PACE (Professore Turris Vergatae), FIS/04

Professori Associati:

Fabrizio ARCIPRETE, FIS/03

Amedeo BALBI, FIS/05

Massimo BASSAN, FIS/01

PERSONALE

Paolo CAMARRI, FIS/01

Paola CASTRUCCI, FIS/03

Alessandro CIANCHI, FIS/01

Massimo FANFONI, FIS/03

Roberto FREZZOTTI, FIS/02

Claudio GOLETTI, FIS/03

Massimiliano LUCCI, FIS/03

Luigi MANCINI, FIS/05

Cristina MORONE, FIS/07

Livio NARICI, FIS/01

Maurizia PALUMMO, FIS/03

Gianfranco PRADISI, FIS/02

Olivia PULCI, FIS/03

Emanuele SANTOVETTI, FIS/01

Raffaele SAVELLI, FIS/02

Mauro SBRAGAGLIA, FIS/02

Manuela Angela SCARSELLI, FIS/03

Roberto SENESI, FIS/07

Anna SGARLATA, FIS/03

Roberta SPARVOLI, FIS/01

Gianluca STEFANUCCI, FIS/03

Nazario TANTALO, FIS/02

Francesco TOMBESI, FIS/05

Ricercatori:

Giulio AIELLI, FIS/01

Beatrice BONANNI, FIS/03

Hervé BOURDIN, RTDb), FIS/05

Michele BUZZICOTTI, RTDa), FIS/02

Luca CAMILLI, RTDb), FIS/03

Vincenzo CARACCIOLO, RTDb), FIS/04

Giulio CIMINI, RTDb), FIS/02

Giulia Maria DE DIVITIIS, FIS/02

Giancarlo DE GASPERIS, FIS/05

Umberto DE SANCTIS, RTDb), FIS/01

Dario DEL MORO, FIS/05

Luca DI FINO, FIS/07

Alessia FANTINI, FIS/04

Alessandra FILABOZZI, FIS/01

Saverio LOFFREDO RTDa), FIS/01

Matteo LORENZINI, RTDa), FIS/01

Matteo MARTUCCI, RTDa), FIS/04

Vittorio MERLO, FIS/03

Marina MIGLIACCIO RTDb), FIS/05

Velia MINICOZZI, FIS/07

Arturo MOLETI, FIS/01

Enrico PERFETTO, RTDb), FIS/03

Giuseppe PUCACCO, FIS/05

Matteo SALVATO, FIS/03

Alberto SALVIO RTDb), FIS/02

Alessandro SOTGIU, RTDa), FIS/01

Francesco STELLATO, RTDb), FIS/07

Personale Tecnico Amministrativo

Liu Maria CATENA - *Segretario Amministrativo*

Stefano BATTAGLIONE

Laura CALCONI

Lucia CORI

Antonella LIJOI

Maurizio MARZIALI

Amedeo PESCE

Antonella TRAVERSI

Giordano AMICUCCI

Giovanni CASINI

Arianna CECI

Roberto CELI

Vincenzo CHIOSTRI

Luigi DI STANTE

Renata KWATERA

Roberto LULLI

Daniele PECCHI

Giuseppe POMPEI

Enzo REALI

Carlo ROSA

Marco TRAVAGLINI

Enrico TUSI

Gianni VITALI

Social Media Manager

Alice ALDI

Rappresentanti degli Studenti nel Consiglio di Dipartimento

Giorgia BRUNETTI

Chiara CALASCIBETTA

Thomas GUERRA

Lorenza LUCAFERRI

Nicolò MANCINI

Christian PETRUCCI

Luca TORLAI

Il Dipartimento di Fisica ospita inoltre la Sezione INFN di Roma "Tor Vergata" (https://www.roma2.infn.it/)

Finito di stampare
nel mese di giugno 2021
per i tipi dell'Editoriale Anicia S.r.l.

“La vocazione dell’uomo di scienza è di spostare in avanti le frontiere della nostra conoscenza in tutte le direzioni, non solo in quelle che promettono più immediati compensi o applausi”.

(Enrico Fermi)

Le attività didattiche, di ricerca e di terza missione del dipartimento di Fisica dell’Università degli studi di Roma “Tor Vergata”, raccolte in questo volume, evidenziano un ambiente dinamico, innovativo, internazionale e interdisciplinare che quotidianamente accetta sfide e si dedica alla piena comprensione della gran varietà di fenomeni naturali che la natura porge, con lo sguardo sempre rivolto alla scoperta.

ISBN: 978-88-6709-582-7

9 788867 095827