

Dottorato di Ricerca in Fisica e Astrofisica XXVII ciclo - A.A. 2012-2015

Dottorando: Andrea Vittino

Relatore: Nicolao Fornengo

Cotutela: Université de Paris Diderot (Paris VII)

Supervisore in cotutela: Marco Cirelli (IPT - CNRS & CEA/Saclay, France)

Progetto Europeo: International Doctorate on AstroParticle Physics (IDAPP)

Titolo della Tesi: *Dark matter searches with charged cosmic rays*

CORSI DI DOTTORATO

- *Basics of supersymmetry in four dimensions* [I. Pesando]
- *Introduction to polymer physics* [M. Cosentino Lagomarsino]
- *Quantum field theory at finite temperature* [M. Nardi e C. Ratti]
- *Lectures on neutrino physics* [C. Giunti]
- *Gravitational waves* [A. Nagar]
- *The infrared and collinear structure of gauge theory amplitudes* [L. Magnea]
- *Effective field theories for heavy quark physics* [P. Gambino e S. Uccirati]
- *Inference and analysis of information flow in complex systems* [M. Caselle]
- *Non-perturbative methods for quark-gluon plasma physics* [M. Nardi e C. Ratti]
- *Non-perturbative solutions in field theory: solitons and instantons* [M. Billò]

CONFERENZE E WORKSHOP

- *IDAPP Two-days meeting*, October 29-31, 2012, Ferrara, Italy
Talk: Indirect dark matter detection with antideuterons
- *RICAP-13 Roma International Conference on AstroParticle physics*, May 22-24, 2013, Roma, Italy
Talk: Perspectives of dark matter searches with antideuterons
- *14th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics and Detectors for Physics Applications*, September 23-27, 2013, Como, Italy
Talk: The role of antiprotons and antideuterons in dark matter indirect detection
- *New perspectives in dark matter*, October 22-25, 2013, Lyon, France
Talk: The role of antiprotons and antideuterons in dark matter indirect detection
- *3rd Amsterdam Paris Stockholm meeting*, December 16-18, 2013, Paris, France
Talk: The role of antiprotons and antideuterons in dark matter indirect detection
- *Progress on Old and New Themes in Cosmology (PONT) 2014*, April 14-18, 2014, Avignon, France
Talk: Anti-nuclei from Dark Matter
- *PLANCK 2014: From the Planck Scale to the Electroweak Scale*, May 26-30, 2014, Paris, France
Talk: Anti-nuclei from Dark Matter
- *GDR Terascale@Palaiseau*, *Talk: Indirect dark matter detection with antideuterons*
- *Astroparticle Physics 2014: a joint TeVPA/IDM Conference*, June 23-28, 2014, Amsterdam, Netherlands
Invited talk: Anti-nuclei from Dark Matter

SCUOLE DI DOTTORATO INTERNAZIONALI

- *ISAPP 2012: Multi-Messenger Approach in High Energy Astrophysics*, July 2-13, 2012, Paris, France

- UNILHC 2012: *2nd ITN School on Unification in the era of LHC* August 27- September 5, 2012, Valencia, Spain
- ISAPP 2013 *Dark Matter Composition and Detection* July 29-August 06, 2013, Djuronaset (Stockholm), Sweden
- ISAPP 2014: *Multi-wavelength and multi-messenger investigation of the visible and dark Universe*, July 21-30 2014, Belgirate, Italy
- CASPAR 2014: *Codes in Astroparticle Research*, September 15-19 2014, Hamburg, Germany

ATTIVITÀ DI RICERCA

Il Dr. Vittino ha svolto un lavoro di ricerca in Fisica Astroparticellare, concentrandosi in particolare sullo studio dei raggi cosmici carichi come canale di ricerca indiretta di materia oscura. Nell'ambito di tale indagine, sono stati presi in considerazione svariati segnali: antiprotoni, positroni e anti-nuclei leggeri (anti-deuterio e anti-elio).

Partendo dai segnali di tipo adronico, l'attività di ricerca del Dr. Vittino ha riguardato principalmente i meccanismi di formazione degli anti-nuclei leggeri in processi di coalescenza di anti-nucleoni. Tale tematica presenta numerose incertezze legate soprattutto alla scarsità di misurazioni sperimentali negli intervalli energetici d'interesse per la costruzione di modelli teorici. Il risultato principale di questa attività di ricerca è stato l'implementazione numerica di un modello di coalescenza "*evento per evento*" basato sul generatore di eventi PYTHIA. Le predizioni fornite da questo modello sono state poi ampiamente confrontate con quelle date dai modelli alternativi presenti in letteratura con una particolare attenzione all'impatto che queste diverse descrizioni hanno sull'incertezza che caratterizza lo spettro di anti-nuclei prodotto sia in processi di annichilazione di materia oscura che in reazioni di spallazione di raggi cosmici sul mezzo interstellare (reazioni queste che costituiscono un irriducibile background astrofisico alle ricerche di materia oscura). Le prospettive che gli esperimenti attuali e futuri hanno di osservare un segnale di anti-nuclei riconducibile a un'annichilazione di materia oscura sono poi state investigate in una grande varietà di configurazioni dei parametri legati alla propagazione degli anti-nuclei nel mezzo interstellare e nell'eliosfera e per vari canali di annichilazione. Come prevedibile, tali prospettive dipendono fortemente dai vincoli che è possibile imporre nello spazio dei parametri della materia oscura tramite osservazioni in altri canali:

in particolare, le limitazioni maggiori risultano essere quelle derivabili dalle misurazioni del flusso di antiprotoni cosmici. Tali limiti, già esplorati da un gran numero di autori in passato, sono stati ricalcolati dal Dr. Vittino nel quadro di un accurata modellizzazione dei processi legati alla modulazione solare degli spettri: in particolare, è stata condotta una dettagliata indagine dell'impatto che i parametri legati alle caratteristiche del campo magnetico solare hanno sui vincoli che possono essere imposti sulle sezioni d'urto di annichilazione della materia oscura.

Passando ai canali leptonic, l'attività di ricerca svolta dal Dr. Vittino ha avuto come principale obiettivo la caratterizzazione del segnale di positroni emesso da sorgenti astrofisiche primarie (come Pulsar Wind Nebulæ e Supernova Remnants) e secondarie. A tale scopo, è stato realizzato un dettagliato studio delle osservabili leptoniche recentemente misurate dall'esperimento AMS-02 allo scopo di determinare se un'interpretazione esclusivamente astrofisica di tali dati sperimentali sia da considerarsi ragionevole. La principale conclusione di tale studio è stata che l'eccesso di positroni ad alte energie misurato per la prima volta dall'esperimento PAMELA è perfettamente compatibile con le caratteristiche dello spettro astrofisico e quindi non può essere considerato come un'evidenza di materia oscura.

Il lavoro del Dr. Vittino non è stato esclusivamente limitato al campo dei raggi cosmici carichi. Infatti, recentemente, i suoi interessi di ricerca hanno abbracciato anche l'astronomia gamma e la ricerca di materia oscura nel canale dei neutrini solari. Per quanto riguarda il primo ambito, il Dr. Vittino è attualmente impegnato in un progetto finalizzato a caratterizzare la distribuzione delle sorgenti gamma in funzione del loro flusso attraverso uno studio statistico dei conteggi delle mappe prodotte dal satellite FERMI. Per quanto riguarda, invece, il secondo punto, l'investigazione condotta dal Dr. Vittino ha come scopo la determinazione del flusso di neutrini prodotto dalla collisione di raggi cosmici primari sulla corona solare: tale flusso rappresenta un background irriducibile per la ricerca di segnali prodotti dall'annichilazione di materia oscura nel Sole.

In conclusione, l'attività svolta dal Dr. Vittino è stata di ottimo livello, molto accurata, di notevole originalità e di rilevante impatto scientifico internazionale. I contributi portati dal Dr. Vittino nello sviluppo delle ricerche in cui è stato coinvolto sono stati fondamentali. Con il suo lavoro ha posto le basi per una prosecuzione di una attività di ricerca che si sta ponendo come riferimento per lo studio dei segnali di materia oscura nel canale dei raggi cosmici, in particolare dell'antideuterio, canale in cui si stanno cominciando a sviluppare concrete proposte di misura sperimentale, per le quali il lavoro del Dr. Vittino rappresenta attualmente un punto di riferimento.

PUBBLICAZIONI

- N. Fornengo, L. Maccione, A. Vittino *Dark matter searches with cosmic antideuterons: status and perspectives* JCAP 9 (2013) 031, arXiv:1306.4171
- N. Fornengo, L. Maccione, A. Vittino *Constraints on particle dark matter from cosmic-ray antiprotons* JCAP 4 (2014) 003, arXiv:1312.3579
- M. Cirelli, N. Fornengo, M. Taoso, A. Vittino *Anti-helium from dark matter annihilations* JHEP 8 (2014) 009, arXiv:1401.4017
- M. Di Mauro, F. Donato, N. Fornengo, R. Lineros, A. Vittino *Interpretation of AMS-02 electrons and positrons data* JCAP 4 (2014) 006, arXiv:1402.0321

PROCEEDINGS

- A. Vittino, N. Fornengo, L. Maccione, *Perspectives of dark matter searches with antideuterons*, Proceedings of RICAP - 2013, Roma, Italy, 22 - 24 May 2013 Nucl.Instrum.Meth. A742 (2014) 145-148, arXiv:1308.4848
- A. Vittino, N. Fornengo, L. Maccione, *The role of antiprotons and antideuterons in dark matter indirect detection*, Proceedings of the 14th ICATPP Conference, Como, Italy, 23-27 September 2013, Astroparticle, Particle, Space Physics and Detectors for Physics Applications, 225-229 (Ed. World Scientific)