

### Sezione 3 – Astrofisica

**Presidente: Nicola Vittorio (Università di Roma Tor Vergata)**

La Sezione 3 del 104° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica è dedicata all'Astrofisica ed è stata strutturata in modo da sottolinearne la natura fortemente interdisciplinare. Proprio per questo, i metatemi scelti sono: Cosmologia, Onde Gravitazionali, Astronomia multi-messaggera, Fisica del neutrino, Evidenze/ricerca di Materia Oscura. Com'è evidente, non si tratta di metatemi disgiunti, ma piuttosto di prospettive diverse con cui attaccare lo stesso problema fisico: onde gravitazionali e astronomia multi-messaggera, la massa del neutrino dai laboratori alla cosmologia; la ricerca di materia oscura e la formazione della struttura su grande scala dell'universo, giusto per citare alcune keywords. L'obiettivo della Sezione è quindi quello di presentare e discutere lo stato dell'arte in ciascuno di questi settori, con uno sguardo al futuro sia in termini di missioni e di esperimenti sia in termini di sviluppi teorici e di nuova fisica.

*Cosmologia:* Gli interventi ad invito hanno come obiettivo quello di presentare la Legacy dell'esperimento ESA/Planck, così come quello di mostrare le attività post-Planck, nazionali ed internazionali, sia dal punto di vista teorico che da quello sperimentale. Planck ha fornito dati definitivi sulla distribuzione angolare di temperatura della radiazione cosmica di fondo, una stima estremamente accurata dei parametri cosmologici, un supporto sperimentale al cosiddetto Concordance Model della cosmologia moderna e una serie di osservazioni di oggetti astrofisici che vanno dagli ammassi di galassie alle radiosorgenti. La Cosmologia di precisione fornita da Planck consente di studiare lo scostamento delle misure dalle previsioni teoriche, sia in termini di anomalie che in termini di tensione con i risultati di altri esperimenti. Verrà, anche per questo, discusso l'impatto delle recenti osservazioni fornite dal satellite Gaia sulla scala delle distanze e sulle stime della costante di Hubble e dell'età dell'Universo.

*Onde gravitazionali:* La scoperta delle onde gravitazionali ha aperto una nuova finestra sull'osservazione dei fenomeni transienti più energetici dell'Universo. La cosiddetta astrofisica multi-messaggera ha l'obiettivo di rilevare segnali elettromagnetici provenienti dalle sorgenti di onde gravitazionali a tutte le lunghezze d'onda. Questo ha portato alla scoperta della controparte ottica/infrarossa del merging di stelle di neutroni e porterà, per esempio, a definire la funzione di massa dei black-hole a diversi redshift. Lo sforzo sperimentale in questo settore è stato e sarà impressionante, sia da terra (Advanced Virgo e, in prospettiva, l'Einstein Telescope) sia dallo spazio (partendo da Lisa Pathfinder per arrivare a LISA).

*Astronomia multi-messaggera:* L'astrofisica moderna utilizza le tecniche di astronomia da terra e dallo spazio per esplorare tematiche di interesse per la fisica fondamentale. L'Extremely Large Telescope (ELT) è un progetto dell'ESO per la realizzazione di un telescopio ottico-infrarosso di 39 m in grado di fare misure di avanguardia sia nel campo dell'imaging che in quello della spettroscopia, con un razionale scientifico che va dai pianeti extrasolari ai black-hole super-massicci, alla caratterizzazione della materia oscura e dell'energia oscura. Il satellite ESA/Euclid è una missione europea che ha come obiettivo scientifico quello di studiare l'origine dell'espansione accelerata dell'universo, così come la distribuzione spaziale della Massa Oscura tramite misure di lensing gravitazionale. In prospettiva ci sono anche il Cherenkov Telescope Array-CTA e Square Kilometer Array-SKA. Il primo sarà il più sensibile osservatorio per l'astronomia a raggi gamma ad alte energie ed opererà tra 20GeV-300 TeV. CTA sarà fondamentale per osservazioni multi-messaggero e per evidenziare possibili signature di emissione dovute alla presenza di materia oscura nell'alone galattico e nelle galassie nane sferoidali. SKA sarà il più grande radiotelescopio al mondo e

consentirà di studiare la formazione e l'evoluzione delle prime stelle e galassie dopo il Big Bang, la natura della gravità e la possibilità di vita al di fuori della Terra. Da ultimi, ma non per importanza, vanno menzionati MAGIC, con i suoi risultati a livello di sorgenti galattiche ed extra-galattiche, e la missione Imaging X-Ray Polarimeter Explorer-IXPE, selezionata dalla NASA con l'obiettivo di misurare grado e angolo di polarizzazione lineare dell'emissione X di sorgenti astrofisiche.

*La fisica del neutrino:* Alcune delle caratteristiche fondamentali della fisica dei neutrini sono ancora sconosciute, sia per quanto riguarda la loro massa sia per il loro essere particelle di Majorana o di Dirac. Quest'ultimo aspetto può essere studiato attraverso il doppio decadimento beta. Tra gli esperimenti più competitivi ci sono CUORE e GERDA, entrambi in presa dati ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Per quanto riguarda il primo aspetto, quello delle masse, la scoperta delle oscillazioni dei neutrini solari ha portato allo sviluppo di tutta una serie di esperimenti. Borexino (insieme a Superkamiokande) è attualmente in presa dati, ed è in grado di coprire tutta la regione energetica della catena pp delle reazioni nucleari stellari. I rivelatori più recenti (Daya Bay, Reno e Double Chooz) sfruttano neutrini da reattore e hanno permesso misure di precisione delle oscillazioni del neutrino. Il Jiangmen Underground Neutrino Observatory-JUNO, attualmente in fase di costruzione, è stato proposto specificatamente per determinare la gerarchia di massa dei neutrini. JUNO sarà in grado di osservare anche neutrini/antineutrini da sorgenti extraterrestri, quali neutrini atmosferici, neutrini solari e neutrini da supernova. L'astronomia con neutrini di alta energia da parte di IceCube e, in prospettiva, dai telescopi sottomarini di nuova generazione, KM3Net e Baikal-GVD, aggiungono un importante contributo all'astronomia multi-messaggera.

*Evidenza/ricerca di Materia Oscura:* L'astronomia, l'astrofisica e la cosmologia hanno fornito evidenze per l'esistenza di materia oscura (le curve di rotazione delle galassie, l'alta velocità delle galassie negli ammassi di galassie, i vincoli sull'abbondanza di materia barionica posti dalla nucleosintesi primordiale e dalle anisotropie della radiazione cosmica di fondo). Ciononostante, la materia oscura rimane ancora solo un paradigma. Dal punto di vista teorico, rimane da capire se il ruolo della materia oscura possa essere giocato per esempio da assioni stabili leggeri o da particelle debolmente interagenti di massa sub-GeV. Dal punto di vista sperimentale, la ricerca di materia oscura ha utilizzato tecniche dirette o tecniche indirette. Per le prime, l'esperimento XENON1T dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso rappresenta al momento il rivelatore più grande e sensibile al mondo per la ricerca diretta di materia oscura. Le ricerche indirette di materia oscura si basano sull'ipotesi che le collisioni di WIMPS possano produrre fotoni, particelle ed anti-particelle "ordinarie". Nelle ricerche indirette, si cercano possibili tracce dei prodotti di queste collisioni, rilevabili come eccessi nei flussi delle componenti più rare dei raggi cosmici rispetto a quanto atteso da sorgenti astrofisiche ordinarie. L'esperimento DArk Matter Particle Explorer-DAMPE, è stato progettato per la ricerca e lo studio delle sorgenti di elettroni e positroni ad energie del TeV proprio per capire se siano di origine astrofisica o se la loro presenza sia dovuta alla materia oscura.