

## ALLEGATO A alla scheda D.2

In questo allegato vengono brevemente descritti, seguendo lo schema impostato nel testo, i principali esperimenti, missioni e strumenti di osservazione che vedono una significativa partecipazione dei ricercatori dell'area padovana.

- a) la ricerca diretta e indiretta di candidati particellari per la "materia oscura" e la ricerca di prove sperimentalni per le varie teorie modificate che superino l'attuale "Modello Standard" delle particelle elementari; nell'ambito della fisica fondamentale e nella ricerca di nuovi segnali agli acceleratori, assieme a un importante apporto teorico, Padova da diversi anni fornisce un solido contributo agli esperimenti al collisore LHC del CERN, dove la ricerca diretta di possibili candidati di materia oscura rappresenta uno dei temi d'indagine di maggior rilievo. Il contributo riguarda in particolare gli esperimenti CMS (Compact Muon Solenoid), dedicato allo studio dei processi di interazione protone-protone ad altissima energia per la ricerca di nuovi costituenti della materia, LHCb (Large Hadron Collider Beauty experiment), dedicato allo studio delle proprietà dei quark pesanti ed ALICE (A Large Ion Collider Experiment), dedicato alle collisioni tra ioni pesanti ad altissima energia e allo studio del quark-gluon plasma. La ricerca di candidati assionici di materia oscura viene inoltre affrontata anche dagli esperimenti presso i LNL, QUAX (QUery for AXions), ed Axioma (Axion Matter search)
- b) lo studio dei modelli fisici per l'inflazione nell'Universo primordiale e l'indagine sulla natura della misteriosa componente di "energia oscura" che contribuisce per circa il 70% al budget energetico attuale del cosmo. Le osservazioni in ambito cosmologico forniscono un laboratorio privilegiato capace di fornire informazioni su scale di energia inaccessibili ai laboratori terrestri e consentono misure di estrema precisione di alcuni parametri di fisici. La comunità padovana contribuisce in maniera sostanziale alle più rilevanti imprese a livello internazionale nel settore del Cosmic Microwave Background attraverso lo studio dei dati del satellite Planck (ESA), e nell'indagine sulla natura della componente cosmica oscura con la futura missione Euclid (ESA), un osservatorio che esplorera la relazione tra redshift e distanza di galassie e di cluster di galassie;
- c) lo sviluppo dell'astronomia con osservazioni "multi-banda": da quelle dei i raggi gamma a quelle nelle bande infrarosse, ottica e dei raggi X. Per quanto riguarda le prime, la partecipazione padovana si concretizza in molteplici contributi ai più importanti esperimenti e missioni spaziali in attività, quali il satellite per l'osservazione della radiazione gamma Fermi-GLAST (Gamma-ray Large Area Space Telescope; NASA) e MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov telescope) sistema di telescopi Cherenkov per la misura della radiazione gamma di più alta energia, o in fase di realizzazione come CTA (Cherenkov Telescope Array), e la missione e-Astrogam (Enhanced Gamma-ray Astronomy satellite; ESA) in fase di valutazione. L'esperimento CALET (CALorimetric Electron Telescope), installato sulla International Space Station,

oltre alle radiazioni gamma osserva anche la componente carica dei raggi cosmici. A più basse energie tali attività sono svolte da sempre in collaborazione con enti a livello internazionale come ASI, ESA, NASA e ESO e con partecipazioni alle più importanti missioni in corso, quali Herschel (nella regione del lontano infrarosso; ESA), XMM-Newton (X-ray Multi-Mirror; ESA), Chandra (NASA), Swift (NASA), INTEGRAL (INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory; ESA-NASA) nella banda dei raggi X e gamma soffici, e a quelle in fase di progetto come ATHENA (Advanced Telescope for High Energy Astrophysics; ESA) nella regione X, e i polarimetri XIPE (X-ray Imaging Polarimetry Explorer; ESA) e IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer; NASA). Queste vedono coinvolti, con ruoli di rilievo, personale del DFA, dell'INAF e dell'INFN in ambito sia sperimentale che teorico-interpretativo;

- d) gli studi sulla fisica dei neutrini, il cui ruolo è di estremo rilievo in ambito astroparticellare anche in relazione all'astrofisica multi-messenger. Gruppi di ricerca padovani partecipano alle più importanti collaborazioni internazionali che vanno dall'osservazione di neutrini astrofisici utilizzando grandi apparati sotterranei, sottomarini o nei ghiacci antartici, quali SuperK (Super Kamioka Nucleon Decay Experiment), Km3Net (Cubic Kilometer Neutrino Telescope), Icecube, a Neutrino Observatory at the south Pole, HyperK (Hyper Kamioka Nucleon Decay Experiment), agli esperimenti dedicati allo studio delle proprietà del neutrino quali CUORE (Cryogenic Underground Laboratory for Rare Events), GERDA (GERmanium Detector Array), JUNO (Jiangmen Underground Neutrino Observatory), T2K (Tokai to Kamioka), ICARUS (Imaging Cosmic And Rare Underground Signals) e DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment), in taluni casi in connessione con acceleratori o reattori nucleari.

La gravitazione entra a vari livelli nell'ambito della astrofisica multi-messenger: dall'astrofisica relativistica delle alte energie e degli oggetti compatti (stelle di neutroni e buchi neri), ai test delle teorie alternative della gravità su un ampio intervallo di scale dimensionali e alla fisica delle onde gravitazionali, per quanto riguarda i meccanismi di emissione in ambito astrofisico e cosmologico, la loro rivelazione diretta e indiretta, compresa la realizzazione di strumentazione dedicata. L'area padovana è molto attiva nello studio delle onde gravitazionali, ed è coinvolta nella progettazione, costruzione, messa in opera e analisi dei dati dei maggiori interferometri, terrestri, quali l'osservatorio VIRGO, elemento della collaborazione LIGO-VIRGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), e la futura missione spaziale LISA (Laser Interferometer Space Antenna; NASA-ESA). In questo quadro si inseriscono anche le osservazioni congiunte per la ricerca di controparti elettromagnetiche di segnali di onde gravitazionali;

- e) le attività rivolte allo studio delle reazioni nucleari e ai processi di nucleosintesi di interesse astrofisico e cosmologico, sia con esperimenti già in atto come LUNA (Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics - LNGS), disegnato per riprodurre in laboratorio le reazioni nucleari che generano l'energia prodotta dalle stelle, sia con esperimenti in fase di progettazione presso il nuovo

ciclotrone SPES (Selective Production of Exotic Species) dei Laboratori Nazionali di Legnaro;

f-h) le numerose attività a carattere astrofisico presenti con forza a Padova, per quanto attiene lo studio del sistema solare, la ricerca di pianeti extra-solari, lo studio della struttura e dell'evoluzione stellare, delle galassie e delle strutture dell'universo. Queste ricerche si realizzano sia in ambito spaziale partecipando alle più rilevanti missioni, quali Rosetta (ESA-NASA), dedicata all'indagine sui corpi minori del sistema solare, Bepi-Colombo (ESA-JAXA), per lo studio di Mercurio, JUICE (JUpiter ICY moons Explorer; ESA), CHEOPS (CHaracterising ExOPlanet Satellite; ESA), PLATO (Planetary Transits and Oscillations of stars; ESA) e TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite; NASA), dedicati alla ricerca e alla caratterizzazione di pianeti extrasolari, che attraverso i più grandi telescopi ottici terrestri, quali il Telescopio Nazionale Galileo TNG, il Very Large Telescope VLT, il Large Binocular Telescope LBT, il Large Synoptic Survey Telescope LSST in fase di costruzione assieme all'Extremely Large Telescope ELT che sarà il più grande telescopio ottico al mondo; significativo è il contributo padovano alla costruzione di strumentazione dedicata per questi telescopi. Forte è il coinvolgimento dei ricercatori del DFA nell'utilizzo di Hubble Space Telescope HST (NASA) e del James Webb Space Telescope JWST (NASA).