



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Titoli dei progetti di ricerca
Dottorato di Ricerca in FISICA

Research Topics
PhD Programme in PHYSICS

TEMATICHE INNOVAZIONE

Referente scientifico/tutor	Titolo del progetto Requisiti	Descrizione sintetica
Stefano Camera	Fondamenti teorici del “deep learning” e applicazioni innovative alle missioni spaziali per cosmologia Theoretical foundations of deep learning and innovative applications to space missions for cosmology	Il progetto, in collaborazione con Thales Alenia Space, riguarda l’applicazione di tecniche avanzate di intelligenza artificiale per l’ottimizzazione di algoritmi nel contesto delle esplorazioni spaziali. Il caso-studio è il satellite ESA “Euclid”, una missione per lo studio della struttura su grande scala dell’universo direttamente dallo spazio, in cui l’Italia è fortemente coinvolta. Il progetto, nell’ambito R&S per l’innovazione e la diffusione delle tecnologie in sinergia tra università e imprese, comporterà analisi numeriche applicate a reti di deep learning in campo astrofisico e cosmologico, sulla base di correzioni statistiche da apportare a tali algoritmi per assicurarne l’affidabilità. Si

confronteranno metodi di intelligenza artificiale utilizzati in cosmologia, come per l'estrazione dell'ellitticità di galassie al fine di ricavarne il segnale di lente gravitazionale debole. È richiesta esperienza nel campo del machine learning e padronanza della lingua inglese. Conoscenze di base di cosmologia saranno valutate positivamente.

The project, in collaboration with Thales Alenia Space, concerns the application of advanced artificial intelligence techniques for the optimisation of algorithms in the context of space exploration. The case study is ESA's 'Euclid' satellite, a mission to study the large-scale structure of the universe directly from space, in which Italy is heavily involved. The project, in the context of R&D for innovation and dissemination of technologies in synergy between university and enterprise, will involve numerical analyses applied to deep learning networks for astrophysics and cosmology, based on statistical corrections to apply to such algorithms to ensure reliability. Artificial intelligence methods used in cosmology will be compared, such as for the extraction of the galaxy ellipticities to estimate the weak gravitational lensing signal. Experience in machine learning is required. Basic knowledge of cosmology will be appreciated.

Anna Vignati	<p>Rivelatori a stato solido per il monitoraggio di fasci FLASH</p> <p>Solid state detectors for monitoring FLASH beams</p>	<p>La promettente radioterapia FLASH, che consiste in un unico irraggiamento erogato in <200 ms a ratei di dose molto elevati (>50 Gy/s), pone grandi sfide tecnologiche al monitoraggio real-time del fascio.</p> <p>Si propone la caratterizzazione di rivelatori al Carburo di Silicio (SiC) e l'interconfronto con rivelatori al silicio ultrasottili e rivelatori al diamante per monitoraggio real-time in trasmissione di fasci di particelle (elettroni e protoni) ad alto rateo di dose, cui si affiancherà lo studio di elettronica di lettura. Tale progetto indagherà l'impatto delle diverse proprietà dei rivelatori considerati sulla capacità di monitorare i fasci in regimi FLASH, portando ad un avanzamento nella conoscenza delle tecnologie a stato solido più appropriate per il monitoraggio in radioterapia.</p> <p>Al/la candidato/a è richiesta esperienza di tecniche di misura e analisi dati di rivelatori utilizzati in fisica nucleare e astrofisica, buona padronanza di tecniche di laboratorio, padronanza dell'inglese.</p> <p>The emerging FLASH technique, consisting of a single irradiation delivered in <200 ms at very high dose rates (> 50 Gy/s), poses significant technological challenges to real-time beam monitoring. This project proposes the characterization of Silicon Carbide (SiC) detectors and the comparison with ultra-thin silicon detectors and diamond detectors for real-time monitoring of particle beams (electrons and protons) at high dose rate, together with the study of the proper readout electronics. This research activity will allow investigating the impact of detectors' different properties on the beam monitoring ability in FLASH regimes. The project has the potential to bring an advance in the knowledge of the most appropriate solid-state technologies for beam monitoring in radiotherapy. The candidate is required to be familiar with analysis and measurement techniques for detectors used in nuclear physics and astrophysics, to have laboratory experience, and to be fluent in English.</p>
--------------	---	--

TEMATICHE GREEN

Referente scientifico/tutor	Titolo del progetto Requisiti	Descrizione sintetica

<p>Paolo Gambino</p>	<p>Intelligenza Artificiale per la qualità dell'aria</p> <p>AI4AQ: Artificial Intelligence for Air Quality</p>	<p>Artificial Intelligence for Air Quality si propone di sviluppare algoritmi di Machine Learning (ML) per comprendere e controllare l'evoluzione di sistemi complessi multivariabili. I temi di analisi riguardano la qualità dell'aria nei luoghi di studio e di lavoro e l'efficienza energetica dei servizi volti al benessere degli occupanti al fine di migliorarne la sostenibilità ambientale. I risultati attesi includono la creazione di data lake e di database contenenti i dati raccolti da sensoristica installata negli edifici, l'analisi esplorativa dei dati raccolti, la definizione di best-practices in ambito di monitoraggio dati, lo sviluppo di algoritmi ML robusti per predire e identificare anomalie nell'ambito dei due temi di analisi. I/le candidati/e dovranno avere preferibilmente esperienza con ML e analisi di grandi dati, processamento di segnali, MATLAB, Python, calcolo distribuito, Database, GitHub.</p> <p>Artificial Intelligence for Air Quality aims at developing Machine Learning (ML) algorithms to understand and control the evolution of multivariable complex systems. It will cover two main topics: indoor air quality at work and in schools and universities, and energy efficiency of services aimed at occupants' wellbeing, trying to improve the overall environmental sustainability. The expected results include the creation of data lake and database storing data from sensors inside buildings, an exploratory analysis of the collected data, the identification of best practices in data monitoring, the development of robust ML algorithms to predict, categorize, cluster, and detect anomalies within the two main topics. Candidates should preferably have experience in ML, MATLAB or Python, big data analysis, distributed computing, database, GitHub.</p>
<p>Silvia Ferrarese</p>	<p>Studio e valutazione della dispersione di microplastiche in atmosfera mediante modellizzazione numerica</p> <p>Study and assessment of the dispersion of microplastics in the atmosphere through numerical modelling</p>	<p>L'inquinamento generato dalla plastica, e in particolare dalle microplastiche, è un problema ambientale emergente. La comunità scientifica evidenzia la necessità di approfondire lo studio dei processi di trasporto in atmosfera e di deposizione, identificando le traiettorie che portano le microplastiche dalle sorgenti ai pozzi. La modellistica numerica di dispersione gioca un ruolo chiave nella comprensione e nello studio di questi processi.</p> <p>Programma di ricerca: Sviluppo di moduli per trattare le microplastiche nei modelli di dispersione già sviluppati dal CNR-ISAC di Torino, MILORD e SPRAY;</p>

		<p>Test dei modelli su casi studio in letteratura; Applicazioni: Grande scala: MILORD verrà utilizzato in modalità 'backward', saranno possibili confronti con il sistema modellistico WRF-FLEXPART. Scala regionale e locale: SPRAY verrà utilizzato per studiare la dispersione delle microplastiche in siti urbani, in modalità 'forward'. Competenze richieste: Fisica dell'atmosfera ed esperienza di modellistica numerica</p> <p>The pollution due to plastic and microplastics is actually an emerging environmental problem. The scientific community recognizes the need to deepen the study of the atmospheric transport and deposition processes and to identify the trajectories that characterize the microplastics motions from sources to sinks. In this context, the numerical dispersion models play a key role in understanding and studying such processes.</p> <p>The PhD research program aims at: Development of proper modules to treat microplastics in the dispersion models developed at ISAC-CNR in Turin: MILORD (long range) and SPRAY (regional-local scale); Model testing for case-studies from literature; Applications: Long-range: MILORD model will be used in backward mode Comparisons with the WRF-FLEXPART system will be possible. Regional and local scale: SPRAY model will be used to study the dispersion of microplastics in urban sites, in forward-mode. Skill required: Atmospheric physics and experience in numerical modelling</p>
Mario Edoardo Bertaina	Misure, modellizzazione e analisi dati per il monitoraggio e la caratterizzazione della radiazione spaziale in supporto al volo umano spaziale verso la Luna e Marte	Il progetto fa parte della realizzazione in ALTEC dell' European Radiation Facility Network Data Hub il cui obiettivo è la gestione di dati sulla radiazione ottenuti dagli esperimenti del programma di Esplorazione Umana e Robotica dell'ESA, nonchè fungere da Expert Support Center per le attività di ricerca del programma lunare Gateway. Il progetto indirizzerà 3 problematiche: 1) le misure di radiazione, in preparazione all'utilizzo della strumentazione sul Gateway; 2) i modelli ed i sistemi di simulazione, quali il nuovo Risk

	<p>Measurements, modelling and data analysis for monitoring and characterization of space radiation in support of Human Spaceflight toward Moon and Mars</p>	<p>Radiation Model in sviluppo; 3) l'analisi e correlazione di dati di esperimenti in corso. Questi 3 elementi andranno integrati tra loro al fine di realizzare un sistema di <i>knowledge base</i> sulla radiazione, in grado di definire e validare nuovi esperimenti e soluzioni tecnologiche. Il candidato dovrà possedere conoscenze nel campo della fisica delle radiazioni e del loro impatto su strumentazione e corpo umano, e dovrà avere esperienza di programmazione. Si richiede dimestichezza con l'inglese.</p> <p>The project is part of the realization at ALTEC of the European Radiation Facility Network Data Hub. The primary objective of the center is the management of the radiation data collected by the experiments of the Robotic & Human Exploration program of ESA. It will also operate as the Expert Support Center for the coordination of the research activities of the lunar Gateway program. The project will address 3 problems: 1) radiation measurements for the utilization of the instrumentation used on board the Lunar Gateway; 2) simulation modeling and systems; 3) data analysis and correlation, by means of running experiments. These 3 elements will be integrated to obtain a <i>knowledge base system</i> on radiation, to define and validate new experiments and technological solutions. The candidate should have knowledge of space radiation and its impact on space equipment and the human body. Moreover (s)he should have experience in programming. Familiarity with English is required.</p>
Andrea Mignone	<p>Calcolo Ecosostenibile ad Alte Prestazioni per l'astrofisica.</p> <p>Energy-Efficient High-Performance-Computing in Astrophysics</p>	<p>L'impiego di unità di elaborazione grafica (Graphic Processor Units o GPU) nel calcolo ad alte prestazioni rappresenta una concreta possibilità di riduzione del consumo energetico, a condizione che gli attuali strumenti di simulazione vengano ristrutturati per sfruttare queste nuove risorse. L'obiettivo del progetto consiste nella migrazione degli attuali codici numerici per la fluidodinamica – sviluppati presso il dipartimento di Fisica di UniTo - dalle attuali architetture a multiprocessore (CPU) verso le nuove infrastrutture basate su GPU. I risultati attesi consistono nel raggiungimento di migliori prestazioni dei codici e nella loro eventuale distribuzione pubblica. Si prevede altresì lo studio di flussi turbolenti nel caso di getti ad alti numeri di Reynolds. Al candidato è richiesto di possedere una o più tra le seguenti competenze: familiarità con la programmazione in C (o C++) e Fortran / esperienza</p>

in ambito di programmazione su GPU (Cuda / OpenACC) / conoscenza di sistemi Linux / nozioni / conoscenza di calcolo parallelo distribuito.

The employment of Graphic Processor Units (GPUs) in high performance computing represents a concrete possibility of reducing energy consumption, provided that the current simulation tools are restructured to exploit these new resources. The goal of the project is to migrate the current numerical codes for fluid dynamics - developed at the UniTo Physics department - from the current multiprocessor (CPU) architectures to the new GPU-based infrastructures. The expected results consist in the achievement of better performances of the codes and in their public distribution. Besides, the study of turbulent flows is envisaged in the case of high Reynolds number jets. The candidate is required to possess one or more of the following skills: knowledge of C (or C++) e Fortran / experience in programming on GPU (Cuda / OpenACC) / knowledge of Linux systems / notions / knowledge of distributed parallel computing.

<p>Mario Edoardo Bertaina</p>	<p>Sviluppo della missione spaziale NUSES per l'osservazione in UV della Terra e per la rivelazione di impulsi elettrici di origine pre-sismica</p> <p>Development of the NUSES space mission to observe the Earth in UV and for the detection of the electric pulses of pre-seismic origin.</p>	<p>NUSES è un progetto di missione scientifica nello spazio e persegue finalizzata al monitoraggio delle variazioni del campo elettromagnetico e del flusso di particelle nella ionosfera e magnetosfera terrestre indotte da attività sismiche, e per il monitoraggio della Terra nel vicino UV con risoluzioni temporali eccezionali. Il progetto verterà sugli aspetti tecnico-scientifici della missione, in particolare per quel che concerne sia le performance scientifiche della missione sia in merito allo sviluppo dell'elettronica e della sensoristica di bordo. Durante il secondment in azienda il dottorando contribuirà allo sviluppo dell'architettura e test di un microprocessore di nuova generazione che controllerà la trasmissione dei dati scientifici a terra. Il candidato dovrà possedere conoscenze nel campo della fisica cosmica e della strumentazione scientifica in ambito astro-particellare, nonché familiarità con elettronica e software di programmazione. Si richiede dimestichezza con l'inglese.</p> <p>NUSES is a scientific space mission finalized to monitor the variation of the electromagnetic field and of the particle flux in the terrestrial ionosphere and magnetosphere induced by seismic activity, and to monitor the Earth in the near UV with exceptional time resolution. The PhD project will be oriented to the scientific and technical aspects of the mission, with particular focus on the scientific performance of the mission for what concerns the development of the electronics and on board sensors. During the secondment in the space company the candidate will contribute to the development of the architecture and test of a microprocessor of a new generation that will control the scientific transmission of the data to ground. Knowledge of the cosmic radiation and of the common scientific instrumentation employed on board of space missions, as well as familiarity with electronics and use of programming software, is required. Familiarity with English is needed.</p>
<p>Jacopo Forneris</p>	<p>Sviluppo di tecnologie quantistiche fotoniche sostenibili</p> <p>Development of sustainable photonic quantum technologies</p>	<p>L'impatto delle attività di comunicazione ed informazione sulle risorse del pianeta è tale che esse vengono attualmente stimate come responsabili del 10% delle emissioni di CO2 a livello planetario. In questo contesto, lo sviluppo delle tecnologie quantistiche è attualmente focalizzato sull'efficacia di determinate piattaforme tecnologiche ma non sulla valutazione del loro impatto ambientale. Le tecnologie quantistiche attualmente emergenti</p>

		<p>sono dispendiose dal punto di vista energetico e pertanto impattanti da un punto di vista ambientale. L'attività verterà sullo sviluppo di sorgenti di singolo fotone in materiali a elevata band-gap. L'obiettivo consiste nello sviluppo di dispositivi altamente efficienti attraverso l'ottimizzazione di componenti opto-elettronici a bassa dissipazione e di nuovi materiali green. Competenze richieste: fisica dello stato solido e dei semiconduttori, fotonica e ottica quantistica, interazione radiazione-materia.</p> <p>The impact of communication and information activities on the planetary resources is such that they are estimated to be the cause of 10% of the overall CO2 emissions. In this context, the development of quantum technologies is presently focused on the performances of several technological platforms rather than on the evaluation of their environmental impact. Currently emerging quantum technologies are highly energy consuming and thus strongly impacting from an environmental point of view. The activity will be focused on the development of single-photon sources in wide-bandgap materials. The goal is to develop highly efficient quantum devices by optimizing low-dissipation opto-electronic components and new green materials. Skills required: solid state physics and semiconductor physics, photonics and quantum optics, radiation-matter interaction.</p>
Raffaella Bonino	<p>Sviluppo di una missione su CubeSat per la rivelazione di detriti spaziali di piccole dimensioni</p> <p>Design of a Cubesat mission for the detection of small-dimension space debris</p>	<p>Il progetto di dottorato si inserisce nello sviluppo di una missione spaziale su CubeSat dedicata all'identificazione e tracciamento di detriti spaziali nella classe di dimensioni 1-10 cm. La finalità principale è di concepire un sistema che preservi la sicurezza spaziale ed in prospettiva dia luogo ad una bonifica dei detriti spaziali in orbita bassa. Si intende sfruttare tecniche di misura impiegate in fisica cosmica, ad es. nel progetto Mini-EUSO. Il progetto sarà volto a definire gli aspetti tecnico-scientifici della missione, in particolare per quel che concerne la progettazione del detector con la determinazione del rate di detriti identificabili e tracciabili. Verranno impiegate tecniche di machine learning ed intelligenza artificiale che siano implementabili come sistema di trigger a bordo del payload. Il candidato dovrà possedere conoscenze nel campo della fisica spaziale e della strumentazione scientifica in ambito astro-particellare, nonché familiarità con tecniche di machine learning ed intelligenza artificiale. Si richiede dimestichezza con l'inglese.</p>

		<p>The project is part of the development of a space mission for CubeSat devoted to the identification and tracking of space debris in the dimension range of 1-10 cm. The main objective is to conceive a system that preserves the space security and in perspective constitutes one of the essential elements of the remediation system for space debris in Low Earth Orbits. It is expected to employ detection techniques adopted in cosmic ray science, like in the Mini-EUSO telescope. The project aims at defining the technical and scientific aspects of the mission, with specific attention to what concerns the detector development and the estimation of the rate of detectable and trackable debris. The candidate should have knowledge of space physics and technology employed on board of space missions, as well as familiarity with machine learning techniques and artificial intelligence. Familiarity with English is required.</p>
<p>Vivina Barutello</p>	<p>Laura Strumenti matematici per un utilizzo sostenibile dello spazio Mathematical tools for a sustainable use of the space</p>	<p>Il progetto propone un'iniziativa sinergica per avanzare parallelamente nella ricerca di base in ambito matematico-teorico e sul fronte computazionale, lavorando su problemi attuali di Meccanica Celeste. Durante il periodo di dottorato, è prevista una collaborazione della durata complessiva di sei mesi con l'azienda Veos-digital, specializzata nell'implementare metodi dell'Intelligenza Artificiale basati su principi matematici rigorosi.</p> <p>I risultati attesi da questo progetto sono sia di natura teorica che computazionale e consistono nell'integrazione di un ampio spettro di conoscenze matematiche e informatiche sofisticate con la finalità di risolvere una selezione di temi spaziali, il cui filo conduttore è l'analisi ed il controllo delle traiettorie nello spazio.</p> <p>Le competenze richieste in ingresso sono una solida preparazione matematica-teorica. La parte modellistico-computazionale verrà sviluppata durante il progetto grazie anche alla collaborazione con l'azienda. E' richiesta una buona conoscenza della lingua inglese.</p> <p>The project proposes a synergistic initiative to advance in parallel both in the mathematical-theoretical field and on the computational front, working on challenging problems of Celestial Mechanics. During the PhD period, a six-month collaboration is envisaged with the Veos-digital company, which specializes in implementing Artificial Intelligence methods based on rigorous mathematical principles.</p>

The expected results from this project are both theoretical and computational in nature and consist in the integration of a wide spectrum of sophisticated mathematical and computer knowledge with the aim of solving a selection of spatial themes, whose common thread is analysis and control of trajectories in space.

The skills required at the entrance consist in a solid mathematical-theoretical preparation. The modeling-computational part will be developed during the project thanks to the collaboration with the company. A good English knowledge is required.