



Allegato 2 - Documento di progettazione iniziale e in itinere

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI DOTTORATO	
Denominazione in inglese	Physics and Astrophysics
Coordinatore	Sergio Luigi Cacciatori
Dipartimento sede amministrativa	Dipartimento di Scienza ed Alta Tecnologia - DiSAT
Sito web	https://www.uninsubria.it/formazione/offerta-formativa/fisica-e-astrofisica-x1
Area scientifica	02- Scienze fisiche
Settori scientifico-disciplinari	FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, FIS/05, FIS/07
Tematiche	Le tematiche trattate riguardano diversi settori di interesse attuale, tra i quali: le teorie di campo, la gravità quantistica, la fisica statistica, i sistemi non-lineari e complessi, le tecnologie quantistiche, il trasporto e la termodinamica quantistica, la fisica della materia condensata, l'ottica non-lineare ultraveloce, la diffusione di luce da nanoparticelle e l'ottica quantistica, la biofisica, la fisica delle particelle elementari, i fotorivelatori e le loro applicazioni, la fisica medica, la data science, gli esopianeti, l'astrofisica extragalattica, la cosmologia, le onde gravitazionali, i metodi numerici per la simulazione di sistemi astrofisici, lo studio di fenomeni astrofisici variabili nel tempo, lo studio dei big data in astrofisica mediante tecniche di machine learning e intelligenza artificiale.
Curricula	No
Lingua principale di erogazione	Inglese
Durata	3 anni
Convenzioni per doppio titolo/congiunto ecc	No
Tipologia	non associato
Data di approvazione del Consiglio di Dipartimento	

1 – Progettazione

Lo scopo del corso è quello di sviluppare le competenze, l'autonomia operativa e la capacità di analisi critica che sono fondamento della Ricerca di base e applicata. Il Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, all'interno del quale operano i gruppi di Ricerca proponenti, dispone di laboratori moderni, specializzati e ben attrezzati, nei quali vengono condotte ricerche d'avanguardia. Le indagini sperimentali sono supportate da gruppi teorici di grande rilevanza. Gli studenti del Corso di Dottorato hanno l'opportunità di partecipare a progetti di ricerca di alto livello, inserendosi in un contesto internazionale e altamente competitivo. Allo stesso tempo, possono sviluppare competenze da 'ricercatori industriali' collaborando con aziende partner di grande prestigio. A tale scopo, le attività formative prevedono la frequenza di corsi specifici per i dottorandi in Fisica e Astrofisica, che coprono varie aree di ricerca di interesse attuale, quali l'intelligenza artificiale, le tecnologie quantistiche e la relatività



generale. Le attività di ricerca verranno sviluppate in collaborazione con i tutors scelti all'interno del collegio docenti ma anche stimolando la collaborazione con scienziati di atenei ed istituti scientifici nazionali ed internazionali. Verranno inoltre organizzati seminari, sia a scopo puramente istruttivo che per favorire collaborazioni e interazioni di carattere interdisciplinare, su temi quali i big data, il machine learning e la biofisica, oltre a corsi legati al perfezionamento della lingua inglese e della comunicazione scientifica, scritta e orale, alla proprietà intellettuale e alla valorizzazione dei risultati della ricerca tramite pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali e l'esposizione in conferenze specialistiche o di divulgazione. Verrà inoltre richiesta la frequenza di almeno una scuola internazionale (quali, a puro titolo esemplificativo, la locale Lake Como School, la scuola E. Fermi di Varenna, e le scuole organizzate da ICTP e CECAM). Per il perfezionamento informatico, essendo diverse le competenze richieste dai vari ambiti di ricerca, si ritiene più idoneo proporre la partecipazione degli allievi a scuole tematiche, quali ad esempio la CERN School of Computing o corsi del CINECA. La scelta dei corsi specifici e delle altre attività formative sono soggette all'approvazione dal Collegio dei docenti, che terrà conto delle necessità formative dei singoli allievi, in relazione anche al loro progetto di tesi.

2 – Consultazioni con le parti interessate

La consultazione dei portatori di interesse relativi ai Corsi di Dottorato è ispirata al continuo aggiornamento dei percorsi di dottorato ai profili scientifici e di alta formazione espressi dal mercato del lavoro con un forte stimolo per le innovazioni. A tale scopo è stato costituito un Comitato Consultivo, che coinvolge persone di competenze all'interno dell'ambito accademico, degli enti di ricerca, scolastico, industriale e lavorativo, così composto:

Sergio Luigi Cacciatori, Coordinatore del Dottorato di Ricerca in Fisica e Astrofisica

Alessia Allevi, Presidente dei Corsi di Laurea Triennale e Magistrale in Fisica

Roberto Della Ceca, Direttore di INAF - Osservatorio Astronomico di Brera

Monica Bollani, Ricercatrice CNR - Istituto di Fotonica e Nanotecnologie

Daniele Faccio, Professore presso l'Università di Glasgow

Valentina Riva, Head of Strategists presso Mercuria Energy Trading, Ginevra

Riccardo Bosisio, Strategy and Corporate Development Director presso Candriam, Parigi

Elonora Rubino, Product & Process Change Manager presso Quanta System SpA, Samarate

Gueorgui Mihaylov, Principal Data Scientist presso Haleon Group, Londra

Martino Brambati, in rappresentanza dei dottorandi del XXXVIII ciclo

Giosuè Saibene, in rappresentanza dei dottorandi del XXXIX ciclo

Fabrizio Favale, in rappresentanza degli insegnanti di scuola secondaria di secondo grado

Antonella Pugliese, in rappresentanza degli insegnanti di secondaria di secondo grado

3 – Collegio docenti

n.	Cognome	Nome	Ateneo	Dipartimento/Struttura	Ruolo	Qualifica	Settore concorsuale	Area CUN	SSD
1.	ALLEVI	Alessia	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/B1	02	FIS/01
2.	BENENTI	Giuliano	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/B2	02	FIS/03
3.	CACCIA	Massimo Luigi Maria	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Ordinario	02/A1	02	FIS/01



4.	CACCIATORI	Sergio Luigi	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	Coordinatore	Professore Associato (L. 240/10)	02/A2	02	FIS/02
5.	CASPANI	Lucia	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/B1	02	FIS/03
6.	CLERICI	Matteo	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/B1	02	FIS/03
7.	GINELLI	Francesco Giulio	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/A2	02	FIS/02
8.	HAARDT	Francesco	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/C1	02	FIS/05
9.	LAMPERTI	Marco	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b, L. 240/10)	02/D1	02	FIS/07
10.	LUPI	Alessandro	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b, L. 240/10)	02/C1	02	FIS/05
11.	NARDO	Luca	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/D1	02	FIS/07
12.	PAROLA	Alberto	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Ordinario	02/B2	02	FIS/03
13.	PIATTELLA	Oliver Fabio	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/A2	02	FIS/02
14.	PRATI	Franco	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/B2	02	FIS/03
15.	PREST	Michela	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Ordinario (L. 240/10)	02/A1	02	FIS/04
16.	SANTORO	Romualdo	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato (L. 240/10)	02/A1	02	FIS/01
17.	SORMANI	Mattia Carlo	INSUBRIA	Scienza e Alta Tecnologia	COMPONENTE	Professore Associato confermato	02/C1	02	FIS/05

n.	Cognome	Nome	Tipo di ente:	Ateneo/Ente di appartenenza	Paese	Qualifica	SSD	Settore Concorsuale	Area CUN
1.	BONDANI	Maria	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Italia	Primo Ricercatore	FIS/01	02/B1	02
2.	CACCIANIGA	Alessandro	Ente di ricerca (VQR)	Istituto Nazionale di Astrofisica	Italia	Primo Ricercatore	FIS/05	02/C1	02
3.	COVINO	Stefano	Ente di ricerca (VQR)	Istituto Nazionale di Astrofisica	Italia	Dirigente di Ricerca	FIS/05	02/C1	02
4.	JEDRKIEWICZ	Ottavia	Ente di ricerca (VQR)	Consiglio Nazionale delle Ricerche	Italia	Primo Ricercatore	FIS/03	02/B1	02
5.	LANDONI	Marco	Ente di ricerca (VQR)	Istituto Nazionale di Astrofisica	Italia	Ricercatore	FIS/05	02/C1	02
6.	NAVA	Lara	Ente di ricerca (VQR)	Istituto Nazionale di Astrofisica	Italia	Primo Ricercatore	FIS/05	02/C1	02
7.	SCODEGGIO	Marco	Ente di ricerca (VQR)	Istituto Nazionale di Astrofisica	Italia	Primo Ricercatore	FIS/05	02/C1	02

4 – Descrizione del progetto formativo e di ricerca

L'Area di riferimento riguarda le Scienze Fisiche che vengono suddivise nei curricula di Fisica ed Astrofisica.

Per quanto riguarda il curriculum di Fisica, le attività didattiche e di ricerca riguardano diversi settori di interesse attuale, tra i quali le teorie di campo, la gravità quantistica, la fisica statistica, i sistemi non-lineari e complessi, le tecnologie quantistiche, il trasporto e la termodinamica quantistica, la fisica della materia condensata, l'ottica non-lineare ultraveloce, la diffusione di luce da nanoparticelle e l'ottica quantistica, la biofisica, la



fisica delle particelle elementari, i foto-rivelatori e le loro applicazioni, la fisica medica, la data science.

Per quanto riguarda il curriculum di Astrofisica, le attività didattiche e di ricerca, svolte in stretta collaborazione con l'Istituto Nazionale di Astrofisica, riguardano diversi settori di interesse attuale, tra i quali gli esopianeti, l'astrofisica extragalattica, la cosmologia, le onde gravitazionali, i metodi numerici per la simulazione di sistemi astrofisici, lo studio di fenomeni astrofisici variabili nel tempo, lo studio dei big data in astrofisica mediante tecniche di machine learning e intelligenza artificiale.

Obiettivo Formativo

L'obiettivo primario del Dottorato è lo sviluppo delle competenze, dell'autonomia operativa e della capacità di analisi critica che sono fondamento della Ricerca di base e applicata. Il Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, all'interno del quale operano i gruppi di Ricerca proponenti, dispone di laboratori moderni, specializzati e ben attrezzati, nei quali vengono condotte ricerche d'avanguardia. Le indagini sperimentali sono coadiuvate da gruppi teorici di assoluto rilievo. Gli allievi del Corso di Dottorato possono quindi inserirsi in attività di alto profilo in un contesto internazionale e competitivo. Nello stesso tempo, possono sviluppare un profilo di "ricercatore industriale", in sinergia con aziende partner di alto profilo. Le persone che arrivano a conseguire il Dottorato di Ricerca in Fisica sono caratterizzate da una forte autonomia operativa e di pensiero, dalla consuetudine alla ricerca collaborativa in contesti internazionali ad alta competitività e dall'aver sviluppato un approccio sistematico alla risoluzione di problemi. Dipendentemente dal contesto di Ricerca, queste caratteristiche generali sono associate ad una avanzata competenza nell'analisi quantitativa di grandi moli di dati, alla conoscenza delle tecnologie di punta e/o di metodi di matematica avanzata. Di conseguenza, se la Ricerca accademica e industriale rimane il contesto professionalizzante primario, le persone qualificate da un Dottorato in Fisica possono ambire a percorsi di carriera in molteplici e diversi settori quali, a titolo di esempio, istituzioni finanziarie, società di consulenza strategica, informatica e tecnologica, aziende ad alto contenuto tecnologico. Va infine sottolineato come importante sbocco occupazionale l'insegnamento nelle scuole.

Attività formative caratterizzanti

Il percorso di formazione prevede innanzitutto l'acquisizione di 60 ore di crediti formativi da scegliere all'interno dei seguenti corsi interni, ciascuno di 20 ore, all'interno dell'offerta formativa, secondo un piano didattico approvato dal Collegio dei Docenti.

Advanced topics in astrophysics

Search for periodicity in astrophysical time-series Part I

Search for periodicity in astrophysical time-series Part II

Structure and Physics of the Milky Way Part I

Structure and Physics of the Milky Way Part II

Multiscale simulations: incorporating unresolved physical processes in advanced numerical simulations Part I

Multiscale simulations: incorporating unresolved physical processes in advanced numerical simulations Part II

Physics of the reionization era Part I

Physics of the reionization era Part II

Feynman path integrals



This short lecture series provides a very brief introduction to the Feynman Path Integral approach to quantisation, which represents a completely original and alternative axiomatic basis for quantum theories. While developed within the framework of non-relativistic quantum mechanics, the method is of particular importance (for its clarity and simplicity) in second or field quantisation. However, it finds useful applications in many other areas, as diverse as statistical mechanics and even, for example, financial analysis. Being limited to eight hours of front-on lectures, little attention is paid to mathematical rigour. In other words, a description of the physical basis and significance will be provided, together with some of the interesting applications of the technique of relevance to physics.

Quantum technologies

The second quantum revolution is unfolding now, exploiting the enormous advancements in our ability to detect and manipulate single quantum objects and triggering the development of the different quantum technologies. The course, after a preliminary introduction to the principles of quantum information, is intended to give an introduction to the different quantum technologies for computing, simulation, communication, metrology, and machine learning, including quantum optics laboratory demonstration of quantum information protocols.

Introduction to non equilibrium statistical physics

Classical statistical mechanics describes system at thermodynamic equilibrium. However, a wide range of natural systems, ranging from climate to virtually all living matter, are kept out of equilibrium by external driving and/or fluxes of energy which is constantly absorbed and dissipated through the system.

This course introduces some of the concepts employed in the study of macroscopic systems away from their state of thermodynamic equilibrium, mainly covering kinetic theory, stochastic processes and linear response. These constitute the principles to describe systems slightly perturbed out of equilibrium. Other selected topics may include active matter, pattern formation and systems with absorbing states.

Non-Newtonian aspects of general relativity

This is a 20-hour course, where some specific aspects of the general relativistic dynamics will be discussed, compared to the analogous mechanisms in Newtonian gravity, when allowed. The main arguments included in the course are:

- Einstein equations and their comparison with Newtonian gravity: time dependence, non-harmonicity tensorial character, non-linearity.
- Gravitational waves: generation and detection; weak and strong gravitational waves, effective one body formalism.
- Dragging effects and weak and strong gravitomagnetism, with applications to the motion of massive bodies and galaxies

However, modifications on the program can be considered on demand, to adapt the details of the lessons to the specific needs of the students.

Complements of theoretical physics

This is a 20-hour course, with the aim of presenting some advanced topics in theoretical physics, related with the physics of the standard model and/or general aspects of theoretical physics. The main arguments proposed by the course are:

- Symmetries in quantum field theory: Lie groups, spontaneous symmetry breaking of global symmetries and local symmetries, symmetries in path integral formalism, anomalies.
- Feynman integrals in classical and quantum theories. Methods of computation of the Feynman integrals and related twisted cohomology.



-The geometry of the Standard Model of Particles and possible extensions to grand unification models.

According to the interests of the participating students, it is possible to consider a short introduction to all such arguments, or to develop more deeply one of them if needed.

Fluorescence Methods in molecular biophysics

Biophysics is a subject intrinsically at the interface between hard sciences and life sciences and constitutes an ideal bridge within these two fascinating universes. In this teaching module the biophysical approach will be outlined, evidencing its specificities and originality with respect to classical biological subjects. The basics of molecular biology will be sketched in "pills". In so doing, the students will be led to mature a deep comprehension of the intimate relationship between biomolecules structures and their biological function. Subsequently, some considerations will be driven about the peculiar thermodynamics of metabolic reactions. Binding reactions will be modelled in detail evidencing their crucial role in metabolic regulation. The main concepts underlying the electronic state transition spectroscopy of molecules in solution will be recalled. The advantages of fluorescence will be discussed, and several advanced fluorescence techniques will be presented and applied to the elucidation of binding equilibria. Particularly, we will focus on time-resolved and fluctuation analyses methods. Further, we will correlate the conformational dynamics of biomolecules with benchmark spectral features, introducing fluorescence resonance energy transfer, both applied on molecular ensembles and at the single molecule level, as a powerful tool to characterize biomolecular structures and interactions. All the above topics will be tackled by relying both on examples extracted from the research experience of the teacher and on critical examination of seminal papers from the historical literature. At the end of the course, the students will inherit a comprehensive panorama of time-correlated single photon counting, fluorescence correlation spectroscopy and single-molecule fluorescence resonance energy transfer. Moreover, they will gain some insight on the molecular mechanisms governing life and on the physical laws on which they are based.

Fundamentals of machine learning

The course will cover the state-of-the art algorithms and knowledge about the supervised learning techniques

In particular, those topics will be covered:

- i) Introduction to classifications problems and methods. Definition of Training Set, Test Set, Validation and metrics to assess the performances of classifiers
- ii) Classification based on parametric model
- iii) Classification based on non-parametric model. Decision Trees, Random Forests and linear classified will be presented with the necessary mathematical background and application in physics/astrophysics
- iv) Classification with Support Vector Machine and Neural Networks
- v) Introduction to Deep Learning techniques and architectures of deep neural networks for

image classifications

In order to fully exploit the lessons and the concepts given in the course plan, an introduction to data preparation, features selections and transformation (e.g. principal component analysis) will also be part of the lectures

Numerical methods for astrophysics

The course "Numerical methods for astrophysics" is meant to introduce state-of-the-art numerical modelling techniques employed in astrophysics and will cover 20 hours. In detail, the following topics will be covered:

- Newtonian dynamics and the N-body problem (grid-based vs particle-based methods)



- Advanced techniques for computational hydrodynamics: adaptive mesh refinement vs moving-mesh vs mesh-free methods, advantages and limitations
- High performance computing: code development and optimization

Time series analysis for astrophysicists

Time series are ubiquitous in astrophysics. This course is aimed at providing PhD students the main capabilities to extract physical information with state-of-the-art statistical inferences from the available datasets. We will refer to real science cases developed in the astrophysical literature, yet the discussed methodologies could be of definite interest to anyone involved in quantitative analysis of data in a temporal (or spatial) sequence in any field of modern physics, economy, engineering and social sciences.

At the end of the course students will be able to:

- carry out analysis of any statistical problem in a full Bayesian framework
- properly model time series to derive meaningful statistical inferences about stationarity,
- short and long-term memory behavior;
- deal with data irregular spaced and/or affected by correlated noise
- apply big-data techniques to carry out the analyses of typical large datasets obtained by modern astrophysical facilities.

More specifically the main topics of the course are:

- Time (and spatial) variability in astrophysics
- Time- domain analysis and auto-regressive processes
- Irregular sampling, Lomb Scargle periodograms
- Case studies: ANG variability
- Advanced topics: non-parametric analysis
- Matching filter
- Case study: LIGO/Virgo gravitational wave signals
- Big-data machine learning and intelligent systems for time- series analysis
- Case studies: spatial variability (CMB, large scale structure)

QFT on curved spacetimes

The course is intended as a short introduction to Quantum Field Theory on curved spacetimes. In doing this I will also discuss some topics in General Quantum Field Theory that are not always taught in standard QFT courses. Topics that will be covered are:

- 1) Quantization. CCR and CAR algebras. Representations of the commutation rules. The Stone-Von Neumann theorem and its failure.
- 2) Quantization of fields. Canonical quantization of the Klein Gordon field in Minkowski spacetime. Commutators. Propagators. Two-point functions. Quantum fields as distributions. N-point functions. Reconstruction theorem.
- 3) The spectral condition and its consequences.
- 4) KMS equilibrium states. Bogoliubov transformations. Generalized Bogoliubov transformations. The Unruh effect
- 5) Canonical Quantization of fields in curved spacetimes. General formalism. The Local Hadamard condition. The microlocal spectrum condition. Renormalization. The Casimir effect.
- 6) Examples. Expanding universes. Bogoliubov transformations. Particle creation by expansion.
- 7) Thermal equilibrium states. The Hawking effect.
- 8) Quantum field theory on the de Sitter spacetime. De Sitter invariant vacua. Preferred vacuum. The thermal interpretation. Massless Fields. Applications. Instabilities.



- 9) Quantum field theory on the anti de Sitter spacetime. The AdS-CFT correspondence.

Textbooks

- N.D. Birrell, P. C. W. Davies. *Quantum Fields Curved Space*. Cambridge University Press (1982)
S. A. Fulling. *Aspects of quantum field theory in curved space-time*. Cambridge University Press (1989)
R.M. Wald. *Quantum field theory in curved space-time and black hole thermodynamics*. Chicago U. (1995)

Experimental violation of Bell's inequalities

- Numero di ore totali sull'intero ciclo: 20
- Distribuzione durante il ciclo di dottorato: primo anno/secondo anno
- Descrizione del corso: The course offers an in-depth exploration of one of the most profound discoveries in quantum mechanics: the incompatibility of local realism with quantum predictions. The course will provide a theoretical foundation in Bell's theorem, covering key concepts such as entanglement, hidden variable theories, and nonlocal correlations. It will then examine the historical and modern experimental tests of Bell's inequalities, including photon polarization experiments, loophole-free tests, and their implications for quantum information science. A key component of the course is a hands-on laboratory experiment, where students will perform a real-world test of Bell's inequalities using entangled photons, analyze their own data, and compare results with theoretical predictions. Students will also engage with primary literature and discuss the role of Bell's results in quantum technologies, such as quantum cryptography and quantum computing.
- Eventuale Curriculum di riferimento: FISICA
- Verifica finale: SI

Altre attività didattiche

Seminari

Sono previsti seminari da parte di visitatori del Dipartimento di Scienze a Alta Tecnologia su varie tematiche di interesse attuale, quali la data science, i big data, il machine learning, l'intelligenza artificiale, le tecnologie quantistiche, la biofisica. Il programma dettagliato dei seminari verrà stabilito durante le riunioni del Collegio dei Docenti e sfrutterà la possibilità di attrarre visitatori mediante la programmazione per visiting professors del nostro Ateneo o tramite altri fondi resisi disponibili.

Corso su "The exploitation way: from curiosity driven research to the market"

Research is essentially curiosity driven and aimed to extend our knowledge of natural and social phenomena. However, quite often research results, together with the technology and know-how developed to achieve them, do have a value for society at large with a potential impact that can be disruptive. But exploitation is not an easy game: the industrial and research communities are driven by different principles and targets, speak a different language and yet today there is a soft reciprocal mistrust, often preventing to establish links that can lead to win-win situations.

Through the lectures, advantages of respectful collaborations will be analyzed, together with schemes ranging from contract to collaborative research to end up with company creation. The question of intellectual property protection will also be addressed, comparing patenting, full unbound disclosure, open software and open hardware



approaches.

Corso su "Scientific Communication: Written and Oral"

Correctly communicating one's own result is an essential skill that every young scientist needs to learn. This may range from writing a PhD dissertation or a paper for peer-review to giving a talk at a conference.

In this brief soft skills course, we will review the essential of written and oral communications from a practicing physicist standpoint. In particular, we will discuss how to frame your results in the wider context of existing research, how to describe correctly your results and/or present your data, how to adapt your talk to the kind of audience you are facing and related issues. The course consists in frontal lectures, talks exercises and assignments.

Corso di lingua inglese riservato ai dottorandi

Il corso è facoltativo e riservato a tutti i dottorandi che intendono frequentarlo.

Il corso mirerà a un miglioramento e consolidamento delle 4 abilità fondamentali della lingua (listening, reading, speaking, writing) e fornirà ai frequentanti alcune strategie utili ad affrontare un possibile esame di Certificazione (B2 FIRST – Cambridge Assessment English, Livello B2 del Quadro Comune Europeo di Riferimento per la Conoscenza delle Lingue, QCER).

Le lezioni saranno integrate da un percorso di apprendimento misto della lingua inglese tramite la piattaforma software MacMillan English Campus (MEC), che prevede esercizi di listening e reading comprehension, pronuncia e grammatica ritagliati sul livello dei singoli dottorandi e utili all'acquisizione graduale di competenze necessarie a raggiungere il livello B2 richiesto per una possibile certificazione.

Si prevede l'esonero dall'esame di certificazione, per i dottorandi italiani o stranieri, i quali:

- abbiano frequentato, per l'intera durata del corso di Laurea, almeno un anno di college in Paesi in cui l'inglese sia lingua di istruzione;
- abbiano svolto almeno un anno di mobilità durante il corso di Laurea svolgendo gli studi in lingua inglese;
- abbiano trascorso almeno sei mesi all'estero durante il dottorato in Paesi in cui la lingua ufficiale non sia l'italiano;
- abbiano conseguito un titolo universitario, in Italia o all'estero, al termine di un corso di studi tenuto interamente in lingua inglese di II livello;
- abbiano conseguito:
 - una laurea dell'ordinamento ante D.M. 509/1999 in Lingue e letterature straniere, Lingue e letterature straniere moderne, Traduttori, per interpreti, traduzione e interpretazione limitatamente alla lingua Inglese seguita in corsi almeno triennali;
 - una laurea dell'ordinamento ex D.M. 509/1999 nelle classi 11 Lingue e culture moderne o 3 Scienze della mediazione linguistica, il cui piano di studio abbia compreso un corso di Lingua Inglese di durata triennale;
 - una laurea dell'ordinamento ex D.M. 270/2004 nelle classi L-11 Lingue e culture moderne e L-12 Mediazione Linguistica, il cui piano di studio abbia compreso un corso di Lingua Inglese di durata triennale.

l'autocertificazione o la verifica dei casi di esonero è accertata dal collegio del corso di dottorato. La segreteria della Scuola recepisce la valutazione positiva o negativa dei casi di esonero ai fini dell'aggiornamento della carriera su Esse3.



Verrà inoltre richiesta la frequenza di almeno una scuola internazionale (quali, a puro titolo esemplificativo, la locale Lake Como School, la scuola E. Fermi di Varenna, e le scuole organizzate da ICTP e CECAM).

Corso informatico

Per il perfezionamento informatico, essendo diverse le competenze richieste dai vari ambiti di ricerca, si ritiene più idoneo proporre la partecipazione degli allievi a scuole tematiche, quali ad esempio la CERN School of Computing o corsi del CINECA. La scelta dei corsi specifici e delle altre attività formative sono soggette all'approvazione dal Collegio dei docenti, che terrà conto delle necessità formative dei singoli allievi, in relazione anche al loro progetto di tesi.

Attività formative per la ricerca

Per quanto riguarda l'attività di ricerca si prevede che oltre alla eventuale collaborazione nelle attività di ricerca dei tutors, gli allievi della scuola verranno stimolati alla partecipazione di scuole, workshop e congressi internazionali, sia con lo scopo esperienziale di esporre la propria attività di ricerca, sia con quello di instaurare approcci collaborativi con ricercatori e colleghi di istituzioni esterne a quella del proprio Ateneo, sia nazionale che internazionale.

Inoltre, verranno organizzati momenti di incontro con le aziende potenzialmente interessate ad assumere fisici e astrofisici, atti a favorire sia un'eventuale collaborazione durante il percorso di dottorato sia un possibile sbocco professionale al termine dello stesso.

Saranno stimolate visite ad Istituti esteri per una permanenza complessiva di almeno due mesi nel triennio, la visita di altri laboratori, il coinvolgimento in attività di ricerca in ambito industriale e applicativo con eventuale co-tutela di personale aziendale.

Interdisciplinarità, multidisciplinarietà e transdisciplinarietà

Agli allievi della scuola di dottorato verrà chiesto di includere oltre al piano formativo didattico, accanto alle scelte specifiche attinenti al proprio progetto di ricerca, una parte di percorso multidisciplinare che potrà consistere nella scelta di uno tra i corsi formativi che non sia direttamente del proprio ambito specifico, e/o l'aggiunta di corsi seguiti in altri atenei o scuole internazionali, su argomenti complementari alla propria attività, a seguito dell'approvazione e riconoscimento da parte del collegio docenti.

Allo stesso scopo, verranno organizzati seminari e minicorsi tenuti da docenti esterni su invito, su argomenti di carattere interdisciplinare e argomenti di interesse universale (come Intelligenza Artificiale, Machine Learning, Big Data), anche stimolando la partecipazione di corsi periodicamente organizzati dal Teaching and Learning Center. Tematiche quali Machine Learning e Sistemi complessi sono facilmente trasferibili e possono facilitare l'interazione con l'industria e lo sviluppo di progetti comuni di ricerca in collaborazione e co-supervisione da parte esperti di aziende nazionali e internazionali interessate.

Verranno altresì organizzati periodici cicli di seminari tenuti dagli allievi della scuola, rivolti alla divulgazione della propria attività di ricerca alle altre aree e, viceversa, alla possibilità di apprendere la possibilità di applicazione della propria esperienza di ricerca ad altri campi. Tra questi saranno inclusi i cosiddetti seminari trasversali, in cui sarà richiesto ai dottorandi di illustrare ai colleghi, in maniera a tutti comprensibile, argomenti di ricerca trasversali rispetto al proprio, possibilmente scelto in modo da poter illustrare l'applicabilità delle proprie competenze in altri campi. Quando possibili, verranno anche incoraggiate collaborazioni con colleghi e ricercatori di altre aree scientifiche.

Criteri di individuazione dei supervisori accademici e co-supervisori aziendali

L'individuazione dei supervisori deve essere necessariamente adattata all'attività di



ricerca di ciascun allievo del corso di dottorato. Per tale motivo, l'attività di ricerca del progetto individuale viene dapprima valutata dai membri del collegio docenti, individuando tra di essi, eventualmente tramite colloquio diretto con l'allievo interessato, quello maggiormente esperto al relativo campo di ricerca. Il supervisore individuato potrà successivamente avvalersi delle proprie conoscenze per individuare, eventualmente, un co-supervisore nello stesso ateneo o in una qualunque istituzione nazionale o internazionale riconosciuta o azienda, scelto tra i massimi esperti a disposizione. La scelta finale dei supervisori verrà infine sottoposta all'approvazione del Collegio dei Docenti di Dottorato.

Il progetto formativo verrà esposto in una apposita sezione del sito di Ateneo.

5 – Risorse

Il Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, all'interno del quale operano i gruppi di Ricerca proponenti, dispone di laboratori moderni, specializzati e ben attrezzati, nei quali vengono condotte ricerche d'avanguardia. Le indagini sperimentali sono coadiuvate da gruppi teorici di assoluto rilievo, come testimoniato dall'alta produttività scientifica e dalle intense attività di collaborazione internazionale. Gli allievi del Corso di Dottorato possono quindi inserirsi in attività di alto profilo in un contesto internazionale e competitivo. Nello stesso tempo, possono sviluppare un profilo di "ricercatore industriale", in sinergia con aziende partner di alto profilo.