



Bando n. 25384

Programma di scambio estivo INFN – NSF/LIGO per l'anno 2023

tra

l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di seguito denominato INFN

e

la National Science Foundation statunitense di seguito denominata NSF

per studenti universitari interessati al campo della rivelazione delle Onde Gravitazionali. L'avviso prevede che l'INFN assegni borse di studio a 4 studenti universitari che si rechino negli Stati Uniti.

Per informazioni si prega di inviare un e-mail all'indirizzo di posta elettronica prot_ac@Inf.infn.it

DURATA E IMPORTO

Gli studenti universitari dovranno svolgere, nei **Laboratori del progetto LIGO** o della **LIGO Scientific Collaboration (LSC)**, attività di ricerca scientifica, per un periodo indicativo di 10 settimane, presumibilmente nel periodo compreso tra il 20 giugno e il 31 agosto 2023, sotto la supervisione di un referente-tutor italiano (ricercatore INFN o associato con l'INFN) e di un tutor statunitense.

L'importo di ciascuna borsa di studio è di € 6.000,00 su fondi iscritti al capitolo U.1.01.01.01.010 Assegni di Studio (Borse di Studio dell'Istituto) del Bilancio dell'INFN per l'esercizio finanziario 2023.

Tale importo è da intendersi al lordo d'imposta, e verrà corrisposto in una unica soluzione.

E' condizione necessaria, per fruire della borsa di studio che i 4 studenti universitari stipulino, a proprie spese, una polizza assicurativa che copra le spese mediche, le spese di assistenza, le spese di infortunio e per malattia, per il periodo di durata della borsa di studio. La polizza, tenendo conto delle condizioni più favorevoli, potrà essere stipulata anche presso il Laboratorio estero ospitante.

REQUISITI DI AMMISSIONE

Il programma di scambio estivo è destinato a studenti iscritti al corso di laurea in Fisica, o in Matematica, o in Informatica, o in Ingegneria o in Scienze dei Materiali.

I candidati devono essere immatricolati in una Università italiana e **devono avere accumulato, entro la data di scadenza per la presentazione delle domande, almeno 90 Crediti Formativi Universitari** in materie utili per il conseguimento della **Laurea in Fisica, o in Matematica, o in Informatica, o in Ingegneria o in Scienze dei Materiali.**



PROGRAMMI DI RICERCA

I programmi di ricerca, con l'indicazione della sede del Laboratorio estero, del tutor statunitense, di eventuali oneri e di specifiche richieste dai Laboratori esteri ospitanti, sono disponibili nell'allegato 1.

PRESENTAZIONE DELLE DOMANDE, TERMINI E MODALITA'

Ciascun candidato dovrà inviare la propria domanda di partecipazione, esclusivamente per via telematica, entro e non oltre 20 giorni dalla data di pubblicazione del bando di concorso.

Il termine ultimo di presentazione della domanda sarà il giorno 4 aprile 2023 entro le ore 11:59 a.m. CEST tramite il sito web <https://reclutamento.dsi.infn.it/>.

E' prevista l'esclusione dalla selezione delle domande inoltrate oltre il termine fissato.

Il modulo prevede, oltre alla compilazione dei campi relativi ai dati anagrafici:

1. curriculum vitae et studiorum che descriva l'esperienza di studi e di ricerca;
2. elenco degli esami sostenuti con indicazione dei voti e CFU;
3. fino a tre programmi di ricerca con il nome di un tutor statunitense e della sede di svolgimento;
4. espressione della motivazione ed interesse per la partecipazione al programma di ricerca (breve descrizione);
5. nome e cognome ed indirizzo mail di un referente-tutor italiano (ricercatore INFN o un ricercatore con associazione scientifica presso una struttura INFN);
6. Struttura INFN del referente-tutor italiano che supporterà lo studente universitario per le pratiche amministrative.

Gli studenti che hanno già conseguito la laurea triennale dovranno anche indicare il voto di laurea.

Le domande incomplete dei dati e degli allegati (files) non verranno prese in considerazione.

Per informazioni si prega di inviare un e-mail all'indirizzo di posta elettronica prot_ac@Inf.infn.it

In nessun caso i candidati dovranno contattare direttamente i tutor statunitensi.

COMMISSIONE ESAMINATRICE, PUNTEGGI E TITOLI

Le domande ricevute saranno valutate da un'apposita commissione esaminatrice, nominata con disposizione del presidente dell'INFN, che disporrà complessivamente di 200 punti. La Commissione valuterà i candidati, con criteri stabiliti prima di aver preso visione dei titoli e della relativa documentazione e basati sul *curriculum vitae et studiorum*, nonché tenendo conto degli interessi e delle motivazioni fornite dai candidati.

La commissione, sulla base della documentazione ricevuta, predisporrà una graduatoria di merito dei candidati.

Direzione Risorse Umane



Sono inclusi nella graduatoria, secondo l'ordine del punteggio a ciascuno attribuito, i soli candidati che hanno riportato un punteggio complessivo non inferiore a 140 punti su 200.

L'assegnazione delle borse sarà effettuata in modo da mantenere un equilibrio tra le borse assegnate su temi di ricerca di tipo teorico e quelle assegnate su temi di ricerca di tipo sperimentale.

Il risultato del concorso sarà pubblicato, in corrispondenza del bando di concorso, nella pagina web dell'INFN "Opportunità di lavoro – Dettaglio del concorso".

CONFERIMENTO DELLA BORSA, UTILIZZAZIONE DELLA GRADUATORIA

Ciascuna borsa di studio è conferita con disposizione del Presidente dell'INFN. Entro quindici giorni dalla data di ricevimento della lettera con la quale l'INFN dà comunicazione del conferimento della borsa, ciascun vincitore deve far pervenire la dichiarazione di accettazione della borsa alle condizioni indicate o l'eventuale rinuncia.

In caso di mancata comunicazione di accettazione entro i termini dovuti, il vincitore si considererà decaduto dal diritto di usufruire della borsa.

Nella comunicazione di accettazione l'assegnatario deve altresì dichiarare, sotto la propria responsabilità e a pena di decadenza dal diritto di usufruire della borsa, che, durante tutto il periodo di durata della borsa dell'INFN, non usufruirà di altre borse di studio, né di analoghi assegni o sovvenzioni, né riceverà stipendi o retribuzioni derivanti da rapporti d'impiego pubblico o privato.

La borsa che resti disponibile per rinuncia o decadenza del vincitore, può essere assegnata, entro il termine di dodici mesi dalla data di approvazione della graduatoria, con disposizione del Presidente dell'INFN ai successivi candidati risultati idonei secondo l'ordine della graduatoria stessa.

DECORRENZA DELLA BORSA, OBBLIGHI DEL BORSISTA

La data di decorrenza della borsa è stabilita insindacabilmente dall'INFN all'atto del conferimento.

Il borsista ha l'obbligo:

- di iniziare presso la sede indicata nella lettera di conferimento e alla data stabilita la propria attività;
- di continuare regolarmente ed ininterrottamente la propria attività per l'intero periodo di durata della borsa;
- di osservare tutte le norme interne del Laboratorio estero ospitante.

E' condizione necessaria, per partecipare al programma di scambio, essere in possesso di passaporto valido per l'ingresso negli Stati Uniti d'America e fare richiesta del visto J-1, la spesa per il rilascio del visto è a carico degli studenti universitari (ulteriori informazioni tramite il link <https://j1visa.state.gov/programs/short-term-scholar>).

TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI

In conformità a quanto disposto dall'art. 13 del Regolamento UE 2016/679, i dati personali richiesti saranno raccolti e trattati, anche con l'uso di strumenti informatici, esclusivamente per la gestione delle



attività concorsuali e nel rispetto della disciplina legislativa e regolamentare dettata per lo svolgimento di tali attività.

Il conferimento dei dati è necessario per valutare i requisiti di partecipazione ed il possesso dei titoli e la loro mancata indicazione può precludere tale valutazione.

I dati sono conservati per il periodo necessario all'espletamento della procedura selettiva e successivamente trattenuti ai soli fini di archiviazione.

L'INFN garantisce ad ogni interessato l'accesso ai dati personali che lo riguardano, nonché la rettifica la cancellazione e la limitazione degli stessi ed il diritto di opporsi al loro trattamento; garantisce altresì il diritto di proporre reclamo all'Autorità Garante del Trattamento dei dati personali circa il trattamento effettuato.

Titolare del Trattamento: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: email: presidenza@presid.infn.it

Responsabile della Protezione dei Dati: email: dpo@infn.it

Roma, 15 marzo 2023

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
II PRESIDENTE
(Prof. Antonio Zoccoli)¹

RC/ADV

¹ Documento informatico firmato digitalmente ai sensi della legge 241/90 art. 15 c 2, del testo unico D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445, del D.Lgs. 7 marzo 2005, n. 82, e norme collegate, il quale sostituisce il testo cartaceo e la firma autografa

P1: Understanding QCD Phase Transitions from Gravitational Wave Observations

Tutor: Bangalore Sathyaprakash

Location: Institute for Gravitation and the Cosmos, Department of Physics, The Pennsylvania State University, University Park (Pennsylvania)

Abstract: Gravitational waves from compact binary coalescences carry the signature of the tidal deformation caused in a neutron star by its companion black hole or neutron star. By measuring the tidal deformability, it will be possible to deduce the state of matter in neutron star cores where the densities can be several times greater than the nuclear saturation density. At these densities, we do not know if matter exists as hadrons (neutrons and protons) or if their composite particles, quarks and gluons, are deconfined to form a quark-gluon plasma. The goal of this project is to harness analytical modeling of the expected signal combined with Bayesian model selection to infer the nature of matter. In the course of this internship, you will learn about the exotic nature of neutron stars but also acquire new skills in the analysis data from the fourth observing run of LIGO and Virgo gravitational wave detectors (due to begin in May 2023 and last for 18 months). For more details about the research group please visit: sites.psu.edu/infinity.

P2: Scatter from Cryogenic Crystalline Silicon and Amorphous Silica

Tutor: Daniel Martinez, Joshua Smith

Location: The Nicholas and Lee Begovich Center for Gravitational-Wave Physics and Astronomy at California State University Fullerton, Fullerton (California)

Abstract: Crystalline Silicon cooled to cryogenic temperatures is a promising material for future gravitational-wave detector optics. Crystalline Silicon has excellent mechanical loss, and therefore provides low thermal noise at cryogenic temperatures. It also has zero coefficient of thermal expansion at 123K and 10K, which significantly reduces any thermal issues caused by laser absorption. Optical scattering can reduce the power buildup in optical cavities, degrade squeezed states of light, and lead to nonlinear noise. This project will investigate the optical scatter of crystalline silicon with and without optical coatings. We expect that there may be changes in scatter due to temperature caused by ice formation or other material property changes. This project will involve high vacuum, lasers, cryogenics, experimental control with LabView and experimental data analysis.

(*P3: Exploring yet-undetected gravitational-wave sources

Tutor: Marek Szczepanczyk, Sergey Klimenko

Location: University of Florida, Gainesville (Florida)

Abstract: Up to now, we have observed gravitational waves from compact binaries with black holes and neutron stars. However, it's a matter of time before we observe other gravitational-wave sources. In this research project, students will explore such sources as core-collapse supernovae, cosmic strings, neutron star glitches, or unique binary mergers. They will learn how to analyze gravitational waves, especially how to represent these signals in the time-frequency domain. They will study the details of signal evolution and the corresponding physical processes. The project's outcome will be a report exploring a yet-undetected gravitational-wave source.

(Preferable date: August and September.*

P4: Cryogenic performance of magneto-optical materials for applications to next-generation GW detectors

Tutor: Rodica Martin

Location: Montclair State University, Montclair (New Jersey)

Abstract: Improved Faraday Isolators (FI) are needed in various areas of the interferometer in current and future gravitational-wave detectors, as they are directly limiting the amount of scatter from creating phase noise. For much improved sensitivity, these future detectors are expected to operate at much higher optical



powers, and potentially at longer wavelength, among other considerations.

Longer operating wavelength poses severe complications on the magneto-optical (MO) materials of the FI, as their Verdet constant dramatically decreases with increasing the wavelength. This would require longer MO crystals to produce equivalent rotation of polarization in similar magnetic fields, meaning longer optical path for the laser to be absorbed, leading to an increase in thermal-related issues, such as thermal lensing, birefringence, or beam drift. One way to increase the Verdet constant and improve the effectiveness of the Faraday rotation, is by cooling the MO crystal. This project investigates Faraday rotation in several classes of MO materials under cryogenic temperatures, and at wavelengths in the range $\sim 1\text{-}2\ \mu\text{m}$ of interest for the future detectors. Other aspects that affect the performance of the MO material, such as beam distortion, scattering, transmission, will also be investigated.

P5: Characterization of commercial Faraday Isolators at 2 μm wavelength

Tutor: Rodica Martin

Location: Montclair State University, Montclair (New Jersey)

Abstract: Future upgrades of the GW detectors, such as Voyager, consider changing the operating wavelength to 2 μm , to benefit of the much improved coating noise of the test masses around this wavelength. Changing the operating wavelength requires all transmissive optics in the path of the beam to be reconsidered. Faraday isolators are key devices in determining the sensitivity of the GW detector and are strongly affected by the operating wavelength. Commercial isolators are available; however their published parameters seem underperforming for use in GW detector areas of high-power operation, or in the path of the squeezed beam where low- and ultra-low-loss isolators are needed. This project will characterize and tune one or two commercial devices, to understand their performance and limitations, and will use this exercise to develop a design for high-power, low-loss Faraday isolators suitable for use in future GW detector upgrades.

P6: Alignment Sensing with Higher-order Hermite-Gauss Modes

Tutor: Paul Fulda

Location: University of Florida, Gainesville (Florida)

Abstract: Thermal noise of the test masses is one of the fundamentally limiting noise sources in ground-based GW detectors. One way to reduce this noise is to use so-called “flat” beams, such as higher-order Hermite-Gauss (HG) modes. Many aspects of HG modes’ compatibility with standard GW detector technology have been successfully demonstrated in the last few years. There do remain however some hurdles to overcome, including demonstrating the use of interferometric alignment sensing techniques with HG modes. In this project the student will work with lasers, optical cavities, a spatial light modulator, custom electronics and actuators to demonstrate “wavefront sensing” of higher-order HG modes.

P7: When is a cavity not a cavity?

Tutor: Paul Fulda

Location: University of Florida, Gainesville (Florida)

Abstract: Ground-based GW detectors consist of many coupled optical cavities, which resonate the laser fields between their mirrors. These cavities provide the sensitivity boost needed to detect GW signals, but they also make the detector optical response highly non-linear and complicated to analyze. The complications only grow when the cavities aren’t perfectly mode matched to one another, i.e. they don’t resonate with the same spatial mode. There’s a commonly used “rule-of-thumb” when discussing mode-mismatched cavities; that the cavity with the highest “finesse” (c.f. strongest resonance) is the one whose spatial mode best describes the optical fields in the whole interferometer. In this project a student will use the state-of-the-art frequency domain interferometer simulation software Finesse 3 to explore this rule-of-thumb in more detail and provide a quantitative answer to the question “when is a cavity not a cavity?”.

() P8: Improving the performance of Advanced LIGO with Machine Learning**

Tutor: Marco Cavaglia

Location: Missouri University of Science and Technology, Rolla (Missouri)

Abstract: The LIGO and Virgo detectors have detected gravitational wave signals from about one hundred stellar-mass binary black hole and neutron star mergers. The fourth LIGO-Virgo-KAGRA observing run



(O4) will begin in May 2023. It will be characterized by a detection rate of astrophysical gravitational-wave sources as high as several per week. Therefore, it will become more and more critical to sustain a fast and accurate assessment of the detectors' data quality as well as develop new effective algorithms for the physical interpretation of gravitational-wave signals. The INFN exchange student will participate in the LIGO and Virgo detector characterization and data analysis efforts as a member of the Missouri University of Science and Technology LIGO group. The student will be involved in the detector characterization efforts of LIGO and Virgo during O4 and contribute to the development of new, machine learning-based algorithms aimed at reducing the instrumental and environmental noise of the LIGO interferometers and improving data quality.

*(**) Starting from August, better in the second half. Short-term scholars are charged a processing fee of \$200*

() P9: Developing methods to improve the output of LIGO and Virgo gravitational-wave searches**

Tutor: Marco Cavaglia

Location: Missouri University of Science and Technology, Rolla (Missouri)

Abstract: The LIGO and Virgo detectors have detected gravitational wave signals from about one hundred stellar-mass binary black hole and neutron star mergers. The fourth LIGO-Virgo-KAGRA observing run (O4) will begin in May 2023. It will be characterized by a detection rate of astrophysical gravitational-wave sources as high as several per week. In order to investigate in depth the nature of these objects and learn about their structure and origin, uncertainties in search pipelines must be minimized. Developing efficient methods for extracting all the physical information from the output of the searches is of paramount importance. The INFN exchange student will participate in the LIGO-Virgo-Kagra data analysis efforts as a member of the Missouri University of Science and Technology LIGO group. The project will consist of using machine-learning algorithms to better infer physical parameters from signals. Previous studies have shown that machine-learning-based classifiers may prove valuable to infer source properties of electromagnetically bright gravitational-wave transients. More powerful machine learning algorithms, such as artificial neural networks, could provide better and more reliable estimates of these properties. The aim of this project is to extend these studies to other classes of sources and models.

*(**) Starting from August, better in the second half. Short-term scholars are charged a processing fee of \$200*

P10: Phase camera testing

Tutor: Satoshi Tanioka

Location: Syracuse University, Syracuse (New York State)

Abstract: In view of the development of next generation gravitational wave interferometers, it will be necessary to improve the capability to assess the quality of each component of the detector. In particular, the sensing laser beam is affected by optical aberrations present in the interferometer mirrors. Phase cameras, monitoring the real-time status of the beam constitute a critical component of the system devoted to mitigating optical aberrations. These cameras measure the phases and amplitudes of the laser-light fields at the frequencies selected to control the interferometer.

The project will involve testing two types of CMOS solid-state phase cameras to optimize noise performance, one with a timing logic based on a microcontroller and Digital Synthesizer board, and one based on an FPGA implementation.