



Bando n. 26453

Programma di scambio estivo INFN – NSF/LIGO per l'anno 2024

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 2024, 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 2024.

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

È 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 scelta della polizza assicurativa deve tenere conto delle condizioni poste dal Laboratorio estero ospitante e, in taluni casi, dovrà essere stipulata presso lo stesso 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 e del tutor statunitense, 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 14 marzo 2024 entro le ore 23:59:59 CET 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.

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.

La commissione si riserva, altresì, la facoltà di attribuire a ciascun candidato presente in graduatoria un progetto diverso da quelli selezionati tenendo comunque conto degli interessi manifestati.

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

Direzione Risorse Umane



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, 23 febbraio 2024

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: Support detector improvements and R&D for the Advanced LIGO detector

Abstract: The LIGO Instrument Science and Engineering Group at Caltech is seeking a motivated student to join our group for the summer of 2024, to work with our scientist and engineers at the design, development and construction of detector improvements for the Advanced LIGO gravitational-wave interferometers, ranging from optical laser systems to mechanical system such as seismic isolation systems and suspensions. The successful candidate will contribute to support experimental work such as assembly, commissioning and characterization of optical and mechanical systems, including evaluation of the system performance and comparison with what expected from models.

Tutor: Gabriele Vajente

Location: California Institute of Technology

P2: Cryogenic measurement of birefringence in crystalline silicon

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. Birefringence present in the substrate or the coatings of silicon optics can reduce the power build up in the cavities and introduce noise. This project will develop an optical cavity-based measurement of the birefringence of silicon optics at 2 micron laser wavelength. The cavity will first be operated at room temperature to verify its operation. Then it will be implemented in a cryogenic testbed. This project will involve high vacuum, lasers, cryogenics, experimental control with LabView and experimental data analysis.

Tutor: Joshua Smith, Kevin Kimes

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

P3: Improving the performance of Advanced LIGO with Machine Learning

Abstract: The LIGO and Virgo detectors have detected gravitational wave signals from over one hundred stellar-mass binary black hole and neutron star mergers. The second half of the fourth LIGO-Virgo-KAGRA observing run (O4b) will begin at the end of March 2024. 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. This project will provide an essential contribution to the LIGO and Virgo projects while offering the student the opportunity to participate in a unique scientific endeavor. The Missouri University of Science and Technology is home to the Institute of Multi-messenger Astrophysics and Cosmology (IMAC) and an institutional member of the LIGO Scientific Collaboration. IMAC researchers are involved in a variety of experimental and theoretical gravity, astrophysics, and cosmology projects. Current faculty members include Professor Marco Cavaglia and Assistant Professor Shun Saito, three post-doctoral researchers, four graduate students, and several undergraduate students. Missouri S&T is one of the nation's leading research universities with 99 degree programs in 40 areas of study such as computer science, business, engineering, humanities, and liberal arts. It is located in Rolla, about 100 miles west of St. Louis, Missouri, in the middle of the scenic Ozarks region.

Tutor: Marco Cavaglia

Location: Missouri University of Science and Technology (USA)

(Project available starting from August, better in the second half)



P4: Cross-correlating gravitational-wave detections with the universe's large-scale structure

The LIGO and Virgo detectors have detected gravitational wave signals from about one hundred stellar-mass binary black hole and neutron star mergers. The second half of the fourth LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) observing run (O4b) will begin at the end of March 2024. It will be characterized by a detection rate of astrophysical gravitational-wave sources as high as several per week. This large number of detections enables scientists to begin examining potential links between gravitational-wave source populations and their environment and other extra-galactic astrophysics populations in a new way. The INFN exchange student will participate in the LVK data analysis efforts as a member of the Missouri University of Science and Technology LIGO group. The project will focus on building robust algorithms to cross-correlate binary black hole merger gravitational-wave detections with galaxy surveys, as well as investigating deviations from the gravitational-wave foreground isotropy. Previous investigations have used the power spectrum and correlation function of gravitational wave detections from the third LVK observing operation (O3) to constrain source isotropy. The goal of this study is to expand existing investigations to include the fourth LVK observing run and other techniques. The Missouri University of Science and Technology is home to the Institute of Multi-messenger Astrophysics and Cosmology (IMAC) and is an institutional member of the LIGO Scientific Collaboration. IMAC researchers are involved in a variety of experimental and theoretical gravity, astrophysics, and cosmology projects. Current faculty members include Professor Marco Cavaglia and Assistant Professor Shun Saito, three post-doctoral researchers, four graduate students, and several undergraduate students. Missouri S&T is one of the nation's leading research universities with 99 degree programs in 40 areas of study such as computer science, business, engineering, humanities, and liberal arts. It is located in Rolla, about 100 miles west of St. Louis, Missouri, in the middle of the scenic Ozarks region.

Tutor: Marco Cavaglia

Location: Missouri University of Science and Technology (USA)

(Project available starting from August, better in the second half)

P5: Higher-order Hermite-Gauss Modes on Segmented Mirrors

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 [1,2,3]. This benefit may be even bigger once we consider their application to future GW detector designs, which rely on the use of crystalline silicon test masses. Making test masses large enough with high purity silicon may only be possible by bonding together several smaller segments. This raises concerns over light probing the bond lines, which can lead to excess optical loss. HG modes, however, can be arranged such that the light intensity probing the bond lines is very small, as reported in Ref. [4]. This project aims to perform an experimental confirmation of the lower optical losses in a high finesse cavity with segmented mirrors when operated with the use of higher-order HG modes, relative to operation with the fundamental HG00 mode. Should time allow, the student will also investigate the dependence of the losses on the alignment of the cavity eigenmode on the segmented mirror. The attached figure shows a simplified layout for the proposed experiment.

Tutor: Paul Fulda

Location: University of Florida, Gainesville (Florida)

[1] "Higher-order Hermite-Gauss modes as a robust flat beam in interferometric gravitational wave detectors", Liu Tao, Anna Green, Paul Fulda, Phys. Rev. D 102, 122002 (2020). DOI

[2] "Misalignment and mode mismatch error signals for higher-order Hermite-Gauss modes from two sensing schemes", Liu Tao, Anna Green, Paul Fulda, Phys. Rev. D 108, 062001 (2023), DOI

[3] "Experimental demonstrations of alignment and mode matching in optical cavities with higher-order Hermite-Gauss modes", Liu Tao, Paul Fulda, eprint arXiv:2310.14902 (2023), DOI

[4] "Beam displacement tolerances on a segmented mirror for higher-order Hermite-Gauss modes", Liu Tao, Nina Brown, Paul Fulda, J. Opt. 26 015603 (2024). DOI



P6: When is a cavity not a cavity?

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?".

Tutor: Paul Fulda

Location: University of Florida, Gainesville (Florida)

P7: Calibrating Kilonovae using methods applied to Type Ia Supernovae

Abstract: Type Ia Supernovae (SNe Ia) are among the brightest standardizable candles of our universe. Their lightcurves are calibrated using nearby SNe Ia whose distances have been found by an independent means. The same procedure can be applied to kilonovae, although not for as large distances as SNe Ia. In the case of kilonovae, distances will be calibrated using inferences from the gravitational-wave measurements. There are indications that in future electromagnetic surveys, we will observe multiple kilonovae observations which will not be accompanied by GW observations. In such a scenario, our standardization procedure will be a useful tool for distance measurement of these events. As a short-term undergraduate project, this work will require learning and using tools developed for SNe Ia (<https://sncosmo.readthedocs.io/en/stable/>) and applying it to kilonovae. The student will start from a given kilonovae light curve model and a sample of SNe Ia light curve to learn the SNCOSMO model. Python and basic astronomical methods related to light curve and spectra will be useful but required.

Tutor: Bangalore Sathyaprakash, Rahul Kashyap

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

P8: Extracting binary black hole parameters from the ringdown spectrum

Abstract: The merger of two black holes in a binary configuration can be divided into three regimes- the inspiral (where black holes orbit around their common center of mass and proceed to merger by losing energy through gravitational waves), merger (a highly dynamical regime where the two black holes are close enough for the formation of a common horizon), and ringdown (the regime where the final black hole, after merger, radiates away the perturbations to settle to a Kerr black hole). While the inspiral regime can be analytically modeled, the full nonlinear treatment of the merger and early-ringdown often requires numerical relativity simulations. However, it has been shown that analytical expressions that are parameterized by inspiral parameters can be constructed and are good fits to the gravitational-wave strain from these dynamical regimes. This work aims to develop a waveform that utilizes these analytical expressions and can be used to infer inspiral parameters by using just the merger/ringdown signal. This will be particularly relevant for signals like GW190521, which are dominated by the merger-ringdown part and only contain a few cycles ($O(1)$) in the inspiral. Such a waveform can also be used to test general relativity.

Tutor: Bangalore Sathyaprakash, Ish Gupta

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