

Stefania De Curtis

Il “Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics” di Arcetri

The Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics in Arcetri

INFN Sezione di Firenze e Centro Nazionale di Studi Avanzati GGI

Riassunto. Sulla collina di Arcetri nasce nel 2005 il “Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics” (GGI), il primo Istituto Europeo dedicato a programmi di formazione e ricerca su argomenti di punta della fisica teorica. Ospitato nei locali dell’edificio “Garbasso”, ex-sede storica dell’Istituto di Fisica di Firenze, il GGI è un punto di riferimento per la comunità scientifica internazionale.

Parole chiave. Fisica teorica, attività di ricerca e formazione, scuole internazionali di dottorato.

Il GGI (*Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics*), nasce del 2005 da un accordo tra INFN e Università degli Studi di Firenze come primo Istituto Europeo dedicato a programmi di ricerca (*workshop*) di lunga durata su argomenti di punta della fisica teorica, ed è ospitato nello storico edificio “Garbasso” dell’Università degli Studi di Firenze, ex-sede dell’Istituto di Fisica, sulla collina di Arcetri (Fig. 1).

La nascita del GGI è dovuta alla volontà del gruppo teorico fiorentino, affiancato da grandi scienziati a livello internazionale, e all’impegno dell’INFN.

Il primo *workshop* su “New Directions Beyond the Standard Model in Field and String Theories” (2 Maggio - 30 Giugno 2006) ha mostrato fino da subito il ruolo internazionale del GGI che si è consolidato nel tempo.

Abstract. The “Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics” (GGI), the first European Institute dedicated to training and research in leading topics in theoretical physics, was founded on Arcetri hill in 2005. Housed in the “Garbasso” building, the former headquarters of the Institute of Physics in Florence, the GGI is a point of reference for the international scientific community.

Keywords. Theoretical physics, research and training activities, international PhD schools.

The GGI (*Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics*), was established in 2005 on the basis of an agreement between the INFN and the University of Florence as the first European Institute dedicated to long-term research programmes (workshops) on leading topics in theoretical physics, and is housed in the “Garbasso” building of the University of Florence, formerly the headquarters of the Institute of Physics, on Arcetri hill (Fig. 1).



Oltre alla presenza di competenze ed alla sinergia tra le strutture di ricerca e formazione coinvolte, il successo del GGI, si deve al particolare formato dei programmi di ricerca, che lascia ampio spazio alle discussioni e alle collaborazioni tra i partecipanti, ed al contesto stimolante ed informale in cui i ricercatori si trovano immersi.

Tutto ciò richiama e mantiene in vita la tradizione del sito storico dove l'Istituto è ubicato, più volte richiamata nei contributi a questo numero della Rivista, nota come "spirito di Arcetri".

Ad oggi si sono tenuti 44 *workshop* al GGI con un numero sempre crescente di partecipanti fino a superare i 500 negli ultimi anni (Fig. 2). Le aree di ricerca su cui si concentra l'attività del GGI spaziano su tutta la fisica teorica di interesse INFN; dalla teoria di stringa alla fenomenologia delle interazioni fondamentali, dalle teorie cosmologiche alla meccanica statistica, favorendo le interconnessioni tra i vari temi e quindi l'interazione scientifica di ricercatori con competenze diverse. Particolarmente incoraggiati sono poi i contatti con la ricerca sperimentale associata all'argomento del programma. Vengono infatti organizzate sessioni dedicate allo scambio di informazioni e di idee favorendo la sinergia tra la comunità teorica e sperimentale e molti *workshop* hanno avuto teorici e sperimentali affiancati nella organizzazione.

Il GGI è il luogo ideale per la "contaminazione" tra le varie aree di ricerca. Basta consultare l'elenco dei programmi per averne una prova (<https://www.ggi.infn.it/workshops.html>). Un esempio è dato dal futuro *workshop* su *Machine Learning*, un importante strumento per la fisica teorica e sperimentale che permette appli-

The GGI was established thanks to the efforts of the Florentine theoretical group, supported by leading international scientists, and to the commitment of the INFN.

The first workshop on "New Directions Beyond the Standard Model in Field and String Theories" (2 May - 30 June 2006) immediately demonstrated the international role of the GGI, which has been consolidated over time.

In addition to the presence of expertise and the synergy between the research and training structures involved, the success of the GGI is due to the particular format of the research programmes, which leaves ample room for discussion and collaboration among the participants, and to the stimulating and informal context in which the researchers find themselves.

All this evokes and upholds the tradition of the historical site where the Institute is located, which is repeatedly referred to in the contributions to this issue of the Journal, known as the "spirit of Arcetri".

To date, forty-four workshops have been held at the GGI, with an ever-increasing number of participants, reaching over five hundred in recent years (Fig. 2). The research on which the GGI concentrates covers all the areas of theoretical physics that are of interest to the INFN; from string theory to the phenomenology of fundamental interactions, from cosmological theories to statistical mechanics, encouraging links between the various topics and consequently the scientific interaction of researchers with different skills. Contacts with experimental research associated with the subject of the programme are particularly encouraged. Sessions dedicated to the exchange of information and ideas are organised, fostering the synergy between the



Figura 1. Il GGI è ospitato in una parte dell'edificio "Garbasso", attuale sede distaccata del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze.

Figure 1. The GGI is housed in part of the "Garbasso" building, currently a detached section of the Department of Physics and Astronomy of the University of Florence.

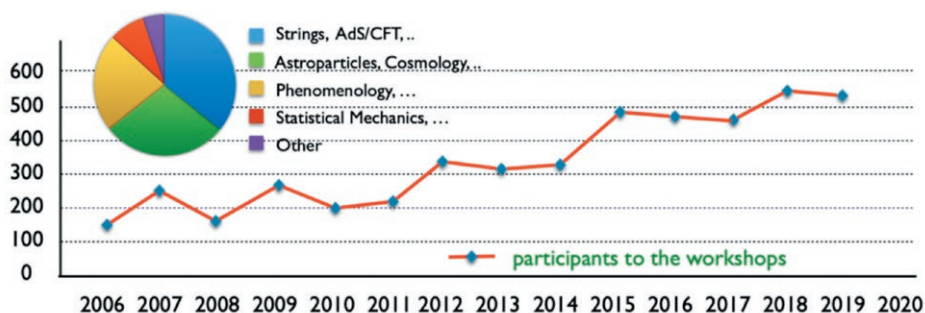


Figura 2. Numero di partecipanti per anno ai programmi GGI e aree di ricerca.

Figure 2. Number of participants per year in GGI programmes and research areas.

theoretical and experimental communities, and numerous workshops have been jointly organised by theorists and experimentalists.

The GGI is the ideal place for "contamination" between the various areas of research. You only have to look at the list of programmes to see (<https://www.ggi.infn.it/workshops.html>). One example is the forthcoming workshop on Machine Learning, a valuable tool for theoretical and experimental physics that allows application to a wide variety of topics and is successfully used in high energy physics, astrophysics, cosmology, condensed matter and statistical physics.

Since 2014, this research activity has been complemented by higher education. The GGI organises five international schools for PhD students every year. These include advanced lectures in field and string theory, fundamental interaction theory, statistical field theory, nuclear and hadronic physics and astro-particle physics. With the participation of about three hundred students a year from all over the world, the GGI in Florence is a reference point for the training of future researchers in theoretical physics. Anyone who has served on a committee for the selection of post-doctoral positions, in Italy and abroad, has found that attendance of one or more GGI schools is a recurring element in applicants' CVs.

Roughly sixty students are selected for each school (approximately 40% foreigners). This is the optimum number to allow active participation in lectures and discussions. The schools are organised over 2-3 weeks of full immersion. In addition to lectures at the blackboard, guided and spontaneous discussions are stimulated in the various areas offered by the GGI. Lunch is another opportunity for exchange. The atmosphere is very relaxed, with

cazioni su una grande varietà di argomenti e viene utilizzato con successo in fisica delle alte energie, astrofisica, cosmologia, materia condensata e fisica statistica.

A questa attività di ricerca, a partire dal 2014, viene affiancata quella di alta formazione. Il GGI organizza infatti ogni anno 5 scuole di livello internazionale per studenti di dottorato. Queste comprendono lezioni avanzate di teoria dei campi e di stringa, teoria delle interazioni fondamentali, teoria statistica dei campi, fisica nucleare e adronica e fisica astro-particellare. Con la partecipazione circa 300 studenti ogni anno, provenienti da tutto il mondo, il GGI di Firenze è un punto di riferimento per la formazione dei futuri ricercatori in fisica teorica. Chiunque abbia fatto parte di una commissione per la selezione di posizioni post-dottorato, in Italia e all'estero, ha potuto riscontrare che la partecipazione ad una o più scuole del GGI è un dato ricorrente nei curricula dei candidati.

Vengono selezionati circa 60 studenti per ogni scuola (circa il 40% stranieri), questo è il numero ottimale che consente una partecipazione attiva alle lezioni e alle discussioni. Le scuole sono organizzate su 2-3 settimane di immersione totale. Oltre alle lezioni alla lavagna, vengono infatti stimulate discussioni, sia guidate che spontanee, nelle varie aree disponibili al GGI. Anche il pranzo è occasione di scambio. L'ambiente è infatti molto informale; lo scienziato famoso a livello internazionale è seduto accanto agli studenti e condivide con loro la propria esperienza alimentando i loro interessi e stimolando le loro curiosità. Da non sottovalutare poi lo scambio culturale e scientifico tra studenti che provengono da Università e paesi diversi, che viene reso possibile al GGI e che spesso rappresenta una fonte di contatti per la loro futura carriera.

internationally acclaimed scientists sitting next to the students and sharing their experiences with them, fuelling their interests and stimulating their curiosity. Cultural and scientific exchange between students from different universities and countries is made possible at GGI and often represents a source of contacts for their future careers and this is something not to be underestimated.

A fundamentally important aspect of the schools at GGI is the video-recording of lectures. The GGI has a dedicated channel on YouTube, where videos of all the lectures of the five schools have been collected since their foundation. An archive of absolute value, not only for young researchers, but for all those who want to approach a new subject and be guided by pedagogical lectures delivered by leading experts in the field.

The role and success of the GGI as a training and research institute have been recognised by the INFN, which promoted it to the status of National Centre for Advanced Studies in 2018.

In addition, as further proof of its value, the GGI was assigned the prestigious SIMONS Foundation grant to support attendance of the programmes by eminent scientists. The high level of research is also backed up by the substantial number of scientific publications generated at the GGI from ideas and discussions and by the valuable collaboration between communities of physicists from different backgrounds.

At the same time that the GGI – National Centre for Advanced Studies was set up, the INFN created the “Galileo Galilei Medal”, an award in honour of the founding father of the scientific method and of modern physics. This prestigious medal is awarded every two years

Un aspetto di fondamentale importanza delle scuole al GGI è dato dalla video-registrazione delle lezioni. Il GGI ha un canale dedicato su YouTube dove sono collezionati i video di tutte le lezioni delle 5 scuole fino dalla loro nascita. Un archivio di assoluto valore, non solo per i giovani ricercatori, ma per tutti coloro che vogliono avvicinarsi ad un nuovo argomento ed essere guidati da lezioni pedagogiche tenute dai massimi esperti del settore.

Il ruolo ed il successo del GGI come istituto di formazione e ricerca sono stati riconosciuti dall'INFN che lo ha promosso a Centro Nazionale di Studi Avanzati nel 2018.

Inoltre, ad ulteriore testimonianza del suo valore, il GGI è risultato vincitore del prestigioso *grant* della *SIMONS Foundation* per supportare la partecipazione ai programmi di eminenti scienziati. L'alto livello della ricerca è poi testimoniato dal grande numero di pubblicazioni scientifiche nate al GGI da idee e discussioni e dalla preziosa collaborazione tra comunità di fisici con *background* diversi.

Contestualmente alla formazione del Centro Nazionale di Studi Avanzati – GGI, l'INFN ha istituito un premio, la "Galileo Galilei Medal", in onore del padre fondatore del metodo scientifico e della fisica moderna. Tale prestigioso premio viene consegnato ogni due anni a fisici che hanno dato, nei precedenti 25 anni, contributi rilevanti nel campo della fisica teorica.

La prima Medaglia Galileo Galilei è stata assegnata nel 2019 a Juan Martin Maldacena per le sue idee innovative in fisica teorica, in particolare per la scoperta della dualità tra gravità e teoria dei campi con implicazioni di vasta portata. La Cerimonia di premiazione si è tenuta il 2 Maggio 2019 alla Villa Galileo in Arce-

to physicists who have made significant contributions to the field of theoretical physics over the previous 25 years.

The first Galileo Galilei Medal was awarded in 2019 to Juan Martin Maldacena, for his innovative ideas in theoretical physics, particularly for the discovery of the duality between gravity and field theory, with far-reaching implications. The Award Ceremony was held on 2 May 2019 at Villa Galileo in Arcetri, Galileo's home in the last years of his life, so a very evocative setting, in the presence of the highest authorities of both the UNIFI and the INFN.

The 2021 edition was won by Alessandra Buonanno, Thibault Damour and Frans Pretorius for their fundamental understanding of gravitational radiation sources through analytical and numerical techniques. They provided complementary theoretical predictions used for the analysis of experimental data, which, in 2015, led the LIGO and VIRGO scientific collaborations to observe the first gravitational waves emitted by the collision of two black holes, contributing to the birth of a new era, that of gravitational astronomy (Fig. 3).

The COVID-19 pandemic has had severe consequences on the programming of the GGI. The workshops scheduled for 2020 were rescheduled for 2021, and, due to the continuation of the emergency, took place mainly online. The five 2021 doctoral schools also had to use this new format (Fig. 4). Although this cannot replace face-to-face discussions in the classroom, which are particularly important for theoretical physicists, the organisers and teachers made a significant effort to uphold active participation and stimulate interaction.

tri, la dimora di Galileo negli ultimi anni della sua vita, in uno scenario quindi molto suggestivo, alla presenza delle massime autorità sia di UNIFI che di INFN.

L'edizione del 2021 ha visto vincitori Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius per la loro fondamentale comprensione di sorgenti di radiazione gravitazionale attraverso tecniche analitiche e numeriche. Queste, in modo complementare, hanno infatti fornito previsioni teoriche utilizzate per l'analisi dei dati sperimentali che, nel 2015, ha portato le collaborazioni scientifiche LIGO e VIRGO all'osservazione delle prime onde gravitazionali emesse dalla collisione di due buchi neri, contribuendo quindi alla nascita di una nuova era, quella dell'astronomia gravitazionale (Fig. 3).

La pandemia da COVID-19 ha avuto serie conseguenze sulla programmazione del GGI. Gli *workshop* previsti per il 2020 sono stati riprogrammati per il 2021, e,



Figura 3. I vincitori della Medaglia Galileo Galilei: Juan Martin Maldacena nel 2019; Alessandra Buonanno, Thibault Damour, Frans Pretorius nel 2021.

Figure 3. The winners of the Galileo Galilei Medal: Juan Martin Maldacena in 2019; Alessandra Buonanno, Thibault Damour, Frans Pretorius in 2021.



Figura 4. Scuola on-line durante la pandemia da COVID-19.

Figure 4. School on-line during the COVID-19 pandemic.

a causa del perdurare dell'emergenza, si sono svolti principalmente online. Anche le 5 scuole di dottorato del 2021 hanno dovuto sperimentare questo nuovo formato (Fig. 4). Sebbene ciò non possa sostituire le discussioni in presenza davanti alla lavagna, così importanti per i fisici teorici, gli organizzatori e gli insegnanti hanno fatto un grande sforzo per mantenere attiva la partecipazione e stimolare l'interazione ed hanno ottenuto un ottimo risultato, riuscendo comunque a fornire un prezioso contributo alla formazione.

In questo periodo di forzato isolamento è nata una nuova attività: una serie di seminari on-line, i "GGI Tea Breaks", che hanno visto la partecipazione di centinaia di ricercatori che regolarmente si sono collegati da tutto il mondo. Si tratta di seminari sulla fisica delle interazioni fondamentali che coprono un ampio spettro di argomenti di punta, trattati in modo pedagogico. Lo scopo è quello di offrire una introduzione non specialistica ai problemi "caldi" della fisica fondamentale. Il successo di questa serie di seminari è dovuto al fatto che GGI è conosciuto in tutto il mondo per la qualità del lavoro che ha svolto in tutti questi anni e per il fatto che riesce, con la propria attività, a coprire a 360° le varie aree di ricerca fondamentale.

Come più volte ribadito, e come risulta chiaro dagli altri contributi a questo numero della Rivista, il luogo dove il GGI svolge la propria attività ha una grande tradizione storica e scientifica. Nel breve periodo trascorso qui, Enrico Fermi scrisse uno dei lavori fondamentali sulla teoria quantistica del gas monoatomico, in cui, applicando la teoria di Pauli, dette origine alla statistica di Fermi-Dirac (Fig. 5). Il GGI lavora in modo che questo rappresenti un esempio, una guida, un

During this period of forced isolation, a new activity was born: a series of online seminars, the "GGI Tea Breaks", which were attended by hundreds of researchers who regularly logged on from all over the world. These are seminars on the physics of fundamental interactions, covering a broad spectrum of leading topics, treated pedagogically. The aim is to offer a non-specialist introduction to the "hot" issues of fundamental physics. The success of this series of seminars is due to the fact that the GGI is internationally renowned for the quality of the work it has carried out over all these years and for the fact that it succeeds, with its activity, in covering every aspect of the various areas of fundamental research.

As repeatedly stated, and as is clear from other contributions to this issue of the Journal, the place where the GGI carries out its activities has a great historical and scientific tradition. In the short time he spent here, Enrico Fermi wrote one of the fundamental works on the quantum theory of the monoatomic gas, in which, applying Pauli's theory, he generated the Fermi-Dirac statistics (Fig. 5). The GGI works to make this an example, a guide, a starting point for researchers who have shared their theories here and contributed to the advancement of knowledge.

The GGI website is available at this link: <https://www.ggi.infn.it>

Stefania De Curtis is Head of Research at the Florence Section of the INFN. She graduated in Physics from the University of Florence and obtained a PhD at the SISSA in Trieste. She carries out research in the physics of fundamental interactions and has spent several periods at the Theoretical Division of the University of Geneva and the CERN as a Visiting Scientist. She

punto di partenza per le ricercatrici ed i ricercatori che hanno condiviso qui le loro teorie contribuendo all'avanzamento della conoscenza.

Il sito web del GGI è disponibile a questo link: <https://www.ggi.infn.it>

Stefania De Curtis è Dirigente di Ricerca presso la Sezione INFN di Firenze. Si laurea in Fisica all'Università di Firenze e ottiene il PhD alla SISSA di Trieste. Svolge ricerche in fisica delle interazioni fondamentali. Trascorre vari periodi presso la Divisione Teorica dell'Università di Ginevra e del CERN come Visiting Scientist. È stata coordinatrice del gruppo teorico della Sezione di Firenze. Dal 2017 fa parte del Plenary European Committee for Future Accelerators (ECFA). Ha contribuito alla nascita del GGI e alla sua trasformazione in Centro Nazionale di Studi Avanzati di cui è Direttrice dal 2019. È autrice di più di 150 lavori pubblicati su riviste internazionali.

has been coordinator of the theoretical group of the Florence Section. Since 2017, she has been a member of the Plenary European Committee for Future Accelerators (ECFA). She contributed to the birth of the GGI and its transformation into the National Centre for Advanced Studies, of which she has been Director since 2019. She is the author of more than 150 papers published in international journals.



Figura 5. Passato e presente nel chiostro di Arcetri: a sinistra: Franco Rasetti, Nello Carrara, Enrico Fermi e Rita Brunetti (1925); a destra: partecipanti al Workshop “Next Frontiers in the Search for Dark Matter” (2019).
Figure 5. Past and present in the cloisters of Arcetri: left: Franco Rasetti, Nello Carrara, Enrico Fermi and Rita Brunetti (1925); right: participants in the workshop “Next Frontiers in the Search for Dark Matter” (2019)