

Marco Romoli, Stefania Salvadori

# Le attività di Astrofisica al Garbasso

*Astrophysics at the Garbasso*

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze

**Riassunto.** L'edificio Garbasso ha ospitato per circa 10 anni a partire dal 2002 il Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio e ospita tuttora ricercatori e docenti del gruppo astrofisico del Dipartimento di Fisica e Astrofisica che lavorano in vari settori di ricerca dal Sole agli esopianeti, dai plasmi astrofisici alla cosmologia.

**Parole chiave.** Astrofisica, sole, plasma, galassie, cosmologia, esopianeti.

## Il Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio (DASS)

Il Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio è uno dei dipartimenti dell'Università di Firenze che nasce nel 1988 dal vecchio Istituto di Astronomia sotto la direzione del Prof. Giancarlo Noci a cui succedono, prima il Prof. Massimo Landini e poi il Prof. Claudio Chiuderi. È proprio sotto la guida di Chiuderi che nell'estate del 2002 un nucleo consistente di personale universitario si trasferisce presso il Garbasso (3 professori ordinari, 5 associati, 7 ricercatori e 6 tra personale tecnico e amministrativo), insieme al laboratorio XUVLab e a borsisti, dottorandi e studenti, negli uffici e nei locali lasciati liberi dal Dipartimento di Fisica trasferitosi presso il Polo scientifico di Sesto F.no (Mazzoni, 2014).

**Abstract.** The Garbasso building was home to the Department of Astronomy and Space Science for about 10 years, from 2002, and still hosts researchers and lecturers from the astrophysics group of the Department of Physics and Astrophysics who work in various areas of research, from the Sun to exoplanets, from astrophysical plasma to cosmology.

**Keywords.** Astrophysics, sun, plasma, galaxies, cosmology, exoplanets.

## The Department of Astronomy and Space Science (DASS)

The Department of Astronomy and Space Science is one of the departments of the University of Florence. It was created in 1988 as successor to the old Astronomy Institute under the direction of Professor Giancarlo Noci, who was succeeded first by Professor Massimo Landini and then by Professor Claudio Chiuderi. It was under Chiuderi's leadership that, in



Con la riforma dei dipartimenti dell'ateneo fiorentino, il DASS non ha la numerosità necessaria per costituire un dipartimento e si fonde dal 1 gennaio 2010 con il Dipartimento di Fisica formando il nuovo dipartimento di Fisica e Astronomia. Ciononostante, esso mantiene un'autonomia di tipo geografico ed è per questo che viene costituita la sezione di Astronomia e Scienza dello Spazio, sotto la responsabilità del Prof. Egidio Landi Degl'Innocenti.

A causa della lenta ma costante riduzione del numero di "astronomi" del dipartimento, la sezione di astronomia non è più giustificata e la sede del Garbasso resta semplicemente una sede "distaccata".

Negli ultimi anni, tuttavia, il numero dei ricercatori astrofisici è di nuovo aumentato fino a 11 unità con numerosi post-doc e assegnisti come è testimoniato dal grafico di Figura 1 che mostra la numerosità del gruppo astrofisico in cinque momenti chiave della sua storia.

Nel corso di questi quasi 20 anni di presenza al Garbasso sono state portate avanti diverse linee di ricerca di ambito astrofisico sia in collaborazione con l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, sia attraverso numerose collaborazioni nazionali e internazionali.

Tra le ricerche non più in corso sono da ricordare la collaborazione all'esperimento sulle onde gravitazionali VIRGO dell'INFN e l'astrobiologia, campo nel quale il Garbasso ospita tuttora il laboratorio di astrobiologia dell'Osservatorio di Arcetri.

the summer of 2002, a substantial group of university staff moved to the Garbasso (three full professors, five associates, seven researchers and six technical and administrative staff), together with the XUVLab and scholarship holders, PhD and other students, to the offices and premises vacated by the Department of Physics, which had moved to the Polo Scientifico in Sesto F.no (Mazzoni, 2014).

With the reform of the departments of the University of Florence, the DASS was not big enough to be considered as a department, so it merged with the Department of Physics on 1 January 2010 to form the new Department of Physics and Astronomy. Nevertheless, it retained geographical autonomy, which is why the Astronomy and Space Science section was set up under the responsibility of Professor Egidio Landi Degl'Innocenti.

Due to the slow but steady reduction in the number of "astronomers" in the department, the astronomy section was no longer justifiable and the Garbasso seat remained merely a "detached" section.

In recent years, however, the number of astrophysics researchers has risen again to eleven, with numerous post-docs and research fellows, as can be seen from the graph in Figure 1 which shows the numerosity of the astrophysics group at five key moments in its history.

Over the almost twenty years at the Garbasso, several different lines of astrophysical research have been carried out both in collaboration with the Astrophysics Observatory in Arcetri, and through numerous national and international collaborations.

Research that is no longer ongoing includes the collaboration on the INFN's VIRGO gravi-



Figura 1. Astrofisica all'Università di Firenze.  
Figure 1. Astrophysics at the University of Florence.

## Fisica solare dallo spazio e sviluppi tecnologici

La fisica solare è stata per molti decenni il settore più importante della ricerca astrofisica di Arcetri, lo dimostrano ancora la ricerca svolta dal dipartimento

tational wave experiment and astrobiology, a field in which Garbasso still hosts the Arcetri Observatory's astrobiology laboratory.

### Solar physics from space and technological developments

Solar physics has been the most important field of astrophysical research at Arcetri for many decades. This is still proven by the department's research in both the observation of the Sun from space and the study of astrophysical plasma.

The development of instrumentation for solar physics from space is rooted in the research conducted by Professor Noci since the 1970s on the techniques and spectroscopic diagnostics of the solar corona, which led to his active participation in the development of the ultraviolet coronagraph spectrometer (UVCS), launched in 1995 on board the ESA SOHO probe<sup>1</sup>, which operated until 2012. An experimental group was formed in the wake of this success, and over time it has participated in the definition of several space missions, two of which deserve particular mention: the HERSCHEL and Solar Orbiter missions. The SCORE coronagraph<sup>2</sup> used in the NASA HERSCHEL suborbital mission, launched for the first time in 2009 and with another flight scheduled for spring 2022, was born as a prototype of the Metis coronagraph on board the Solar Orbiter with the aim of taking pictures of the extended solar corona, up to three solar radii, in the Lyman- $\alpha$  lines of neutral hydrogen (121.6 nm) and of helium, once ionised (30.4 nm), and in linearly polarized light in the visible, to

sia nel settore dell'osservazione del Sole dallo spazio sia in quello dello studio dei plasmi astrofisici.

Lo sviluppo di strumentazione per la fisica solare dallo spazio ha le sue radici nella ricerca condotta dal Prof. Noci sin dagli anni settanta sulle tecniche e la diagnostica spettroscopica della corona solare che ha portato alla partecipazione attiva nello sviluppo del coronografo spettrometro ultravioletto UVCS lanciato a bordo della sonda ESA SOHO<sup>1</sup> nel 1995 e che ha operato fino al 2012. Sull'onda di questo successo si è formato un gruppo sperimentale che nel corso del tempo ha partecipato alla definizione di diverse missioni spaziali, di cui vale la pena ricordare due missioni HERSCHEL e Solar Orbiter. Il coronografo SCORE<sup>2</sup> della missione suborbitale NASA HERSCHEL, lanciato per la prima volta nel 2009 e con un altro volo in programma nella primavera del 2022, è nato come prototipo del coronografo Metis a bordo di Solar Orbiter con lo scopo di effettuare immagini della corona solare estesa, fino a 3 raggi solari, nelle righe Lyman- $\alpha$  dell'idrogeno neutro (121.6 nm) e dell'elio una volta ionizzato (30.4 nm) e in luce polarizzata linearmente nel visibile, per catturare l'emissione dei tre principali componenti della corona solare: elettroni, idrogeno e elio (Moses, 2020).

Per la missione Solar Orbiter, un consorzio di istituti scientifici che include, oltre all'Università di Firenze, l'INAF, il CNR e altri atenei, in collaborazione con l'industria italiana (OHB Milano e Thales Alenia Space Torino), con il finanziamento dell'Agenzia Spaziale Italiana (PI: Romoli), ha sviluppato e costruito il coronografo Metis (Figura 2), uno strumento che fornisce immagini della corona solare estesa nelle due maggiori componenti: idrogeno e elettroni, allo scopo

capture the emission of the three main components of the solar corona: electrons, hydrogen and helium (Moses, 2020).

The Metis coronagraph (Figure 2) for the Solar Orbiter mission was developed and built by a consortium of scientific institutes including, in addition to the University of Florence, the INAF, CNR and other universities, in collaboration with Italian industry (OHB Milano and Thales Alenia Space Torino), and funded by the Italian Space Agency (PI: Romoli). The instrument delivers pictures of the emission of the two main components of the extended solar corona: hydrogen and electrons, in order to determine the physical parameters and morphology of the corona, including the solar wind speed (Romoli 2021). The Solar Orbiter mission carried out by ESA in collaboration with NASA aims at studying the Sun and its interconnections with the heliospheric environment that pervades the entire solar system. Solar Orbiter was launched in February 2020 and, after cruising for almost two years, has been injected into an orbit around the Sun that will bring it as close as 0.28 ua. For the first time, after a series of gravitational encounters with Venus, Solar Orbiter will observe the region of the solar poles to study the solar dynamo mechanism.

During this time, the XUVLab has developed and characterised sensors in the UV and in the visible light for space and polarimeters in UV light.

di ricavare i parametri fisici e la morfologia della corona, inclusa la velocità del vento solare (Romoli, 2021). La missione Solar Orbiter realizzata da ESA in collaborazione con la NASA ha lo scopo di studiare il Sole e le sue interconnessioni con l'ambiente eliosferico che pervade tutto il sistema solare. Solar Orbiter è stato lanciato a febbraio del 2020 e dopo quasi due anni di crociera è stato inserito in un'orbita attorno al Sole che lo porterà ad avvicinarsi fino a 0.28 ua e, per la prima volta, dopo una serie di incontri gravitazionali con Venere, a osservare la regione dei poli solari per studiare il meccanismo della dinamo solare.

Nel corso di questo periodo il laboratorio XUVLab ha sviluppato e caratterizzato sensori nell'UV e nel visibile per lo spazio e polarimetri nell'UV.

### Plasmi Astrofisici

Uno dei gruppi di ricerca che da sempre ha popolato l'edificio del Garbasso è quello dei Plasmi Astrofisici (ASAP: Arcetri Space and Astrophysical Plasma<sup>3</sup>). Questo gruppo studia la Fisica del Plasma attraverso lo sviluppo di dettagliate simulazioni numeriche magneto-idrodinamiche ed il confronto con le osservazioni. Le applicazioni di questi studi sono molteplici e si distinguono tra quelle relative a plasmi relativistici e non-.

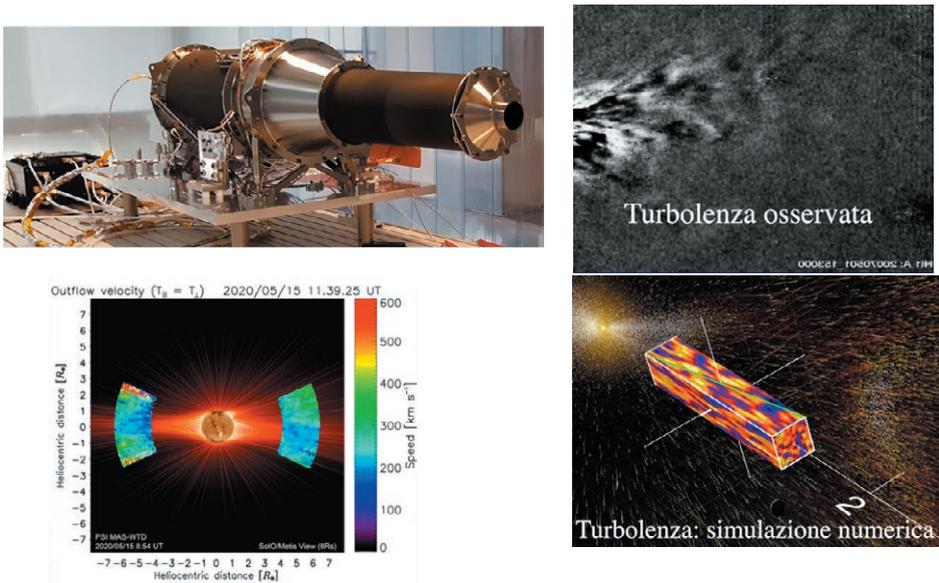


Figura 2. Sinistra: il coronografo Metis durante la fase di calibrazione in laboratorio prima dell'integrazione sulla sonda (in alto) e in basso la prima mappa di velocità del vento solare ottenuta dalle immagini di prima luce (Romoli, 2021). Destra: la turbolenza nel vento solare osservata (riquadro in alto) e simulata (destra in basso).

Figure 2. Left: the Metis coronagraph during the calibration phase in the laboratory before integration onto the probe (top) and below the first solar wind speed map obtained from first light images (Romoli 2021). Right: the turbulence in the solar wind observed (top panel) and simulated (bottom right).

*Plasmi non-relativistici:* riguardano principalmente lo studio del nostro Sole, la stella più vicina e meglio osservata, ma per la quale esistono ancora molti problemi fondamentali irrisolti. Degli esempi sono il problema del riscaldamento della corona (lo strato più esterno dell'atmosfera solare), la produzione del vento solare e l'instaurarsi della turbolenza (Figura 2).

*Plasmi relativistici:* riguardano lo studio di oggetti compatti e più "esotici", come le stelle di neutroni, le pulsar e i buchi neri. Simulazioni di plasmi relativistici vengono usate per studiare la coalescenza tra questi oggetti compatti, che dà luogo alla creazione di onde gravitazionali.

Al Garbasso, da oltre 15 anni, il gruppo di Plasmi Astrofisici organizza una conferenza annuale che richiama esperti internazionali ed è diventato un appuntamento di riferimento per il settore.

Cosmologia: dalle prime stelle ai nuclei galattici attivi

Il gruppo di ricerca in astrofisica più numeroso presso l'Università di Firenze è quello che si occupa di Cosmologia: lo studio della formazione e dell'evoluzione del nostro Universo. Lo schema in Fig. 3 riassume le nostre conoscenze attuali: dal Big Bang l'Universo si è espanso raffreddandosi per oltre 13.7 miliardi di anni. Qualche centinaio di anni dopo il Big Bang, da un Universo costituito da solo

### Astrophysical Plasma

One of the research groups that has always worked in the Garbasso building is ASAP (Arcetri Space and Astrophysical Plasma<sup>3</sup>). This group studies the physics of plasma through the development of detailed magneto-hydrodynamic numerical simulations and comparison with observations. The applications of these studies are manifold and distinguish between those related to relativistic and non-relativistic plasmas.

*Non-relativistic plasmas:* they mainly concern the study of our Sun, the closest and best-observed star, but for which there are still many unsolved radical problems. Examples are the problem of the heating of the corona (the outermost layer of the solar atmosphere), the production of solar wind and the establishment of turbulence (Figure 2).

*Relativistic plasmas:* they concern the study of compact and more "exotic" objects, such as neutron stars, pulsars and black holes. Simulations of relativistic plasmas are used to study the coalescence between these compact objects, which gives rise to the creation of gravitational waves.

The Astrophysical Plasma group has been organising an annual conference at the Garbasso for over 15 years. The conference attracts international experts and has become a reference event in the field.

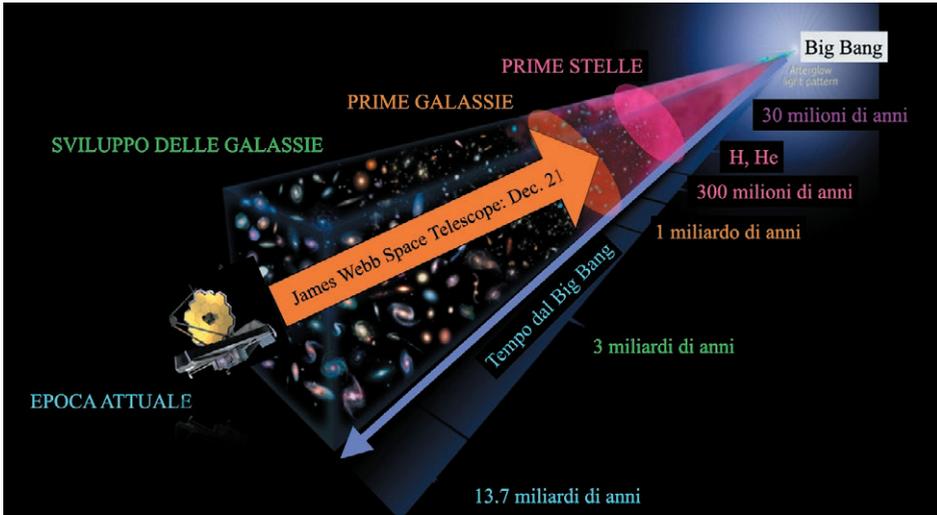


Figura 3. Schema dell'evoluzione dell'Universo: dal Big Bang fino ai giorni nostri.

Figure 3. Diagram of the evolution of the Universe: from the Big Bang to the present day.

idrogeno ed elio, si formarono le *prime stelle*. Gli elementi chimici più pesanti, come il carbonio e l'ossigeno, furono forgiati all'interno di queste prime sorgenti e dispersi nell'ambiente dalle prime esplosioni di supernovae. Le prime stelle produssero anche i fotoni che iniziarono il processo di "reionizzazione" dell'Universo. La formazione delle prime galassie, circa un miliardo di anni dopo il Big

### Cosmology: from the first stars to active galactic nuclei

The largest astrophysics research group at the University of Florence studies Cosmology: the formation and evolution of our Universe. Fig. 3 summarises our current knowledge: since the Big Bang, the Universe has expanded and cooled for more than 13.7 billion years. A few hundred years after the Big Bang, a Universe consisting only of hydrogen and helium gave birth to the first stars. Heavier chemical elements, such as carbon and oxygen, were forged inside these early sources and released into the environment by the first supernova explosions. The first stars also produced the photons that began the process of "reionising" the Universe. The formation of the first galaxies, about a billion years after the Big Bang (Figure 3), was greatly influenced by the properties of the first stars, and it can be said that these stars determined the initial conditions for the subsequent development of all galaxies today (e.g.: Salvadori, 2019). So, understanding the properties of the first stars is of fundamental importance.

But how can we observe the Universe during its first few billion years? We exploit the fact that light travels at a finite speed: observing remote galaxies means "seeing" the Universe in the past. As far as we currently know, the most distant galaxies date back more than thirteen billion years. Using today's telescopes, however, we can only observe the brightest galaxies in the remote Universe, those that are most massive, rare and evolved. The JWST<sup>4</sup> infrared space telescope was successfully launched on 25 December 2021. The JWST is going to rev-

Bang (Figura 3), venne notevolmente influenzata dalle proprietà delle prime stelle e si può dire che quest'ultime determinarono le condizioni iniziali per lo sviluppo successivo di tutte le galassie odierne (e.g. Salvadori, 2019). Capire le proprietà delle prime stelle è quindi un problema fondamentale.

Ma come possiamo osservare l'Universo durante i suoi primi miliardi di vita? Sfruttiamo il fatto che la luce viaggia ad una velocità finita: osservare le galassie lontane significa "vedere" l'Universo nel passato. Ad oggi le galassie più distanti risalgono ad oltre 13 miliardi di anni fa. Con i telescopi attuali, tuttavia, riusciamo ad osservare nel lontano Universo soltanto le galassie più brillanti ovvero quelle più massicce, rare ed evolute. Il 25 dicembre 2021 è stato lanciato con successo il telescopio spaziale infrarosso JWST<sup>4</sup> che rivoluzionerà le nostre conoscenze attuali, catturando anche la luce delle galassie lontane deboli (e.g. Gelli & Salvadori, 2021).

Tuttavia, anche le distanti galassie più brillanti e rare che abbiamo già osservato hanno rivelato delle proprietà inattese, che hanno aperto nuovi interrogativi. Molte delle galassie risalenti al primo miliardo di vita dell'Universo (*redshift* > 6) sono infatti dei *nuclei galattici attivi*: sono galassie che ospitano buchi neri super-massicci, fino ad un miliardo di volte il sole, che "mangiano" rapidamente il gas circostante emettendo radiazione a lunghezze d'onda diverse (e.g. Marconi, 2019). Capire come si siano potuti formare questi enormi buchi neri in meno di un miliardo di anni è uno dei problemi irrisolti della Cosmologia.

In questo contesto si inserisce la ricerca dei due gruppi di Cosmologia all'Università di Firenze:

olutionise our current knowledge by capturing light from weak remote galaxies (e.g.: Gelli & Salvadori, 2021).

However, even the brightest and rarest remote galaxies we have already observed have revealed unexpected properties that have opened up new questions. Many of the galaxies dating back to the first billion years of the Universe (*redshift* > 6) are actually *active galactic nuclei*, galaxies that host super-massive black holes, up to a billion times the size of the sun, that rapidly "eat" the surrounding gas, emitting radiation at different wavelengths (e.g.: Marconi 2019). Understanding how these massive black holes could have formed in less than a billion years is one of the unsolved problems of Cosmology.

It is in this context that the research of the two Cosmology groups at the University of Florence takes place:

#### *Observational cosmology and remote galaxies: active galactic nuclei*

By analysing spectroscopic observations at different wavelengths, this group studies the properties of active galactic nuclei (AGN) in different cosmic epochs. For example, they study how the masses of the black hole and the host galaxy evolve and how they influence each other (feedback). AGNs are also used to construct Hubble diagrams and study the expansion rate of the Universe (e.g.: Risaliti & Lusso, 2015).

*Cosmologia osservativa e galassie lontane: nuclei galattici attivi*

Tramite l'analisi di osservazioni spettroscopiche a lunghezze d'onda diverse questo gruppo studia quali sono, nelle diverse epoche cosmiche, le proprietà dei nuclei galattici attivi (AGN). Si studia ad esempio come evolve la massa del buco nero e della galassia ospite e come essi si influenzino reciprocamente (*feedback*). Gli AGN vengono anche usati per costruire diagrammi di Hubble e studiare il tasso di espansione dell'Universo (e.g. Risaliti & Lusso 2015).

*Cosmologia di campo vicino: prime stelle e prime galassie*

Il gruppo NEFERTITI<sup>5</sup> studia le proprietà delle prime stelle andando a caccia di *fossili stellari*. Queste stelle antiche, formate da gas arricchito dai prodotti nucleo sintetici delle prime stelle, sono così longeve da sopravvivere fino ad oggi: possiamo quindi osservarle e determinare le loro abbondanze chimiche con spettroscopia ad alta risoluzione. Per trovare questi rari fossili stellari, ed inferire dalle loro proprietà le caratteristiche delle prime stelle, è necessaria una forte sinergia tra teoria ed osservazioni. Per questo motivi il gruppo NEFERTITI, che da un anno popola il Garbasso, è costituito sia da astrofisici teorici che osservativi.

## La ricerca degli esopianeti e l'Osservatorio Polifunzionale del Chianti (OPC)

Un'altra attività condotta presso il Garbasso riguarda la ricerca e la caratterizzazione dei pianeti extrasolari.

*Near-field cosmology: first stars and galaxies*

The NEFERTITI group<sup>5</sup> studies the properties of the first stars, hunting for *stellar fossils*. These ancient stars, made up of gas enriched by the nucleosynthetic products of the first stars, are able to live for so long that they have survived until today. This means that we can observe them and determine their chemical abundances with high-resolution spectroscopy. A strong synergy between theory and observations is needed to find these rare stellar fossils, and to deduce the characteristics of the first stars from their properties. For these reasons, the members of the NEFERTITI group, which has worked at the Garbasso for the last year, are theoretical and observational astrophysicists.

## The search for exoplanets and the Polyfunctional Observatory of Chianti (OPC)

Another activity carried out at the Garbasso concerns the research and characterisation of extrasolar planets.

The department plays an active part in the definition of the ESA ARIEL mission<sup>6</sup>, a telescope designed to reveal the chemical composition of exoplanet atmospheres, by observing the infrared spectra produced by the planet's atmosphere during the transit over its parent star.

The search for exoplanets is supported by the Polyfunctional Observatory of Chianti, a facility owned by the municipality of Barberino Tavarnelle (FI), where scientific activity is managed by the University of Florence through the Department of Physics and Astronomy (headed

Il dipartimento svolge una parte attiva nella definizione della missione ESA ARIEL<sup>6</sup>, un telescopio progettato per rivelare la composizione chimica delle atmosfere degli esopianeti, tramite l'osservazione degli spettri infrarossi prodotti dall'atmosfera del pianeta nel corso del transito sulla stella parente.

A supporto nella ricerca degli esopianeti opera l'Osservatorio Polifunzionale del Chianti, una struttura di proprietà del comune di Barberino Tavarnelle (FI), in cui l'attività scientifica è gestita dall'Università di Firenze attraverso il Dipartimento di Fisica e Astronomia (resp. Emanuele Pace), in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra, Laboratorio di Geofisica Sperimentale e il LaMMA.

L'OPC possiede una strumentazione all'avanguardia, fra la quale spicca il telescopio Marcon da 80 cm di diametro, il più grande della Toscana col quale si effettuano osservazioni fotometriche *follow up* di transiti di pianeti extrasolari individuati da osservatori terrestri e spaziali, ma anche di oggetti del sistema solare e di stelle variabili. L'OPC fa inoltre parte del progetto PRISMA<sup>7</sup>, la prima rete nazionale di monitoraggio dei bolidi tramite camera all-sky e per la valutazione del rischio impatto da asteroidi e oggetti cosmici.

L'OPC non è solo una struttura scientifica dedicata alla ricerca, ma si dedica anche alla didattica, alla divulgazione e alla promozione della "terza cultura", ovvero all'integrazione tra cultura scientifica e umanistica.

by Emanuele Pace), in collaboration with the Department of Earth Sciences, Laboratory of Experimental Geophysics and LaMMA.

The OPC has state-of-the-art instrumentation, including the 80 cm diameter Marcon telescope, the largest in Tuscany, which is used to carry out photometric follow-up observations of the transits of extrasolar planets identified by ground and space-based observatories, as well as objects in the solar system and variable stars. The OPC is also part of the PRISMA project<sup>7</sup>, the first national network for all-sky camera monitoring and for assessing the risk of impact from asteroids and cosmic objects.

The OPC is not only a scientific structure dedicated to research, but also to teaching, outreach and the promotion of "third culture", i.e.: the integration of scientific and humanistic culture.

## Notes

<sup>1</sup> SOHO: Solar Heliospheric Observatory is a mission of the European Space Agency for the study of the Sun, launched in 1995 and positioned in Lagrange point L1 between the Earth and the Sun. The observatory is still operational.

<sup>2</sup> SCORE: Sounding CORonagraph Experiment is one of the instruments of the HERSCHEL suborbital mission: HELium Resonant Scattering in the Corona and HELiosphere

## Note

<sup>1</sup> SOHO: Solar Heliospheric Observatory, è una missione dell’Agenzia Spaziale Europea per lo studio del Sole lanciata nel 1995 e posta nel punto langrangiano L1 tra la Terra e il Sole. L’osservatorio è ancora operativo.

<sup>2</sup> SCORE: Sounding CORonagraph Experiment è uno degli strumenti della missione suborbitale HERSCHEL: HELium Resonant Scattering in the Corona and HELiosphere.

<sup>3</sup> <http://astro.fisica.unifi.it/asap/>

<sup>4</sup> <https://www.stsci.edu/jwst/>

<sup>5</sup> Il progetto NEFERTITI (Near-FiEld cosmology: Re-Tracing Invisible Times) è stato finanziato dall’European Research Council con un ERC-Starting grant (PI: Salvadori, [https://stefaniasalvadori.com/?page\\_id=363](https://stefaniasalvadori.com/?page_id=363)).

<sup>6</sup> ARIEL: Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large survey (Program manager italiano: Pace) il cui lancio è programmato nel 2028.

<sup>7</sup> PRISMA: Prima Rete per la Sorveglianza sistematica di Meteore e Atmosfera.

## Bibliografia

Gelli & Salvadori 2021, *A caccia di galassie nane all'alba dell'Universo*, Il Colle di Galileo, 10(2), 61-66

Mazzoni 2014, *Breve storia dell'anomalo Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio*, Il Colle di Galileo, 3 (2), 7-20

Marconi 2019, *I buchi neri*, Il Mulino, ISBN: 9788815283252

Moses et al. 2020, *Global helium abundance measurements in the solar corona*, Nature Astronomy, 4, 1134–1139

## Notes

Gelli & Salvadori 2021, *A caccia di galassie nane all'alba dell'Universo*, Il Colle di Galileo, 10(2), 61-66

Mazzoni 2014, *Breve storia dell'anomalo Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio*, Il Colle di Galileo, 3 (2), 7-20

Marconi 2019, *I buchi neri*, Il Mulino, ISBN: 9788815283252

Moses et al. 2020, *Global helium abundance measurements in the solar corona*, Nature Astronomy, 4, 1134–1139

Risaliti & Lusso 2015, *A Hubble diagram for quasars*, ApJ, 815, 1

Romoli et al. 2021, *First light observations of the solar wind in the outer corona with the Metis coronagraph*, Astronomy & Astrophysics, 656, 32

Salvadori 2019, *Le prime stelle*, vol. 17 from the *Viaggio nell'Universo* series, edited by Ferrara. Corriere della Sera, Rcs Mediagroup Spa - Quot.tm, ISSN 977182456927190017.

Marco Romoli is Associate Professor of Physics and Astrophysics at the University of Florence, where he arrived as a researcher in 1998. He is Principal Investigator of the Metis coronagraph, funded by ASI for the ESA/NASA Solar Orbiter mission launched in 2020. He coordinates the solar coronagraphy group at the University of Florence.

Risaliti & Lusso 2015, *A Hubble diagram for quasars*, ApJ, 815, 1

Romoli et al. 2021, *First light observations of the solar wind in the outer corona with the Metis coronagraph*, Astronomy & Astrophysics, 656, 32

Salvadori 2019, *Le prime stelle*, vol. 17 della collana *Viaggio nell'Universo*, curatore Ferrara. Corriere della Sera, Rcs Mediagroup Spa - Quot.tm, ISSN 977182456927190017.

*Marco Romoli* è Professore Associato di Fisica e Astrofisica presso l'Università di Firenze, nella quale è entrato come Ricercatore nel 1998. È *Principal Investigator* del coronografo Metis, finanziato da ASI per la missione solare ESA/NASA Solar Orbiter lanciata nel 2020. Coordina il gruppo di coronografia solare dell'Università di Firenze.

*Stefania Salvadori* è Professore Associato di Fisica e Astrofisica presso l'Università di Firenze dove è rientrata nel 2017 con una borsa Rita Levi Montalcini. Dal 2018 ha iniziato a formare il suo gruppo di ricerca grazie al progetto NEFERTITI finanziato dalla Comunità Europea con un "ERC-starting". Nel 2019 le è stato conferito il Fiorino d'oro dalla città di Firenze.

*Stefania Salvadori* is Associate Professor of Physics and Astrophysics at the University of Florence where she returned in 2017 with a Rita Levi Montalcini grant. She began forming her research group in 2018, thanks to the NEFERTITI project, funded by the European Community with an "ERC-starting" grant. She was awarded the Fiorino d'oro by the city of Florence in 2019.