



<b>Publication Year</b>	2016
<b>Acceptance in OA</b>	2020-06-19T10:17:07Z
<b>Title</b>	Le origini dell'astrofisica a Firenze
<b>Authors</b>	BIANCHI, SIMONE, GALLI, Daniele, GASPERINI, Antonella
<b>Handle</b>	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/26140">http://hdl.handle.net/20.500.12386/26140</a>

## The origins of Astrophysics in Florence

Simone Bianchi, Daniele Galli, Antonella Gasperini

Around the middle of the 18<sup>th</sup> century, the study of astronomy in Tuscany experienced a new flourishing, thanks to the support given by the Grand Duke Pietro Leopoldo (1747-1792) to the diffusion of technical and scientific culture inspired by the Enlightenment values of public education and progress. In 1775 the Grand Duke founded the *Imperial Regio Museo di Fisica e Storia Naturale*, which was to include also an observatory, equipped with meteorological and astronomical instruments, able to compete with similar European institutions. The observatory was built between 1780 and 1789 on the tower (the *Specola*) of the ancient *Palazzo Torrigiani* in Via Romana, home of the Museum (MINIATI 1984).

In 1831 the Grand Duke Leopoldo II of Lorraine (1797-1870) appointed the modenese Giovan Battista Amici (1786-1863) as Director of the institute. Upon his arrival in Florence, Amici, an excellent optician, established in the Museum's ground floor a workshop for the construction of precision instruments, microscopes and astronomical objectives. Since 1852, Amici was assisted by a young apprentice graduated at the University of Pisa, Giovan Battista Donati (1826-1873), who in 1859 became his successor at the Direction of the Observatory (fig. 1). With Donati, astronomy in Florence took a new course in unprecedented directions.

In 1858 the name of Donati became worldwide famous following the discovery of one of the most spectacular comets of the 19<sup>th</sup> century, the great comet Donati, the third of the five discovered by him<sup>1</sup>. Thus, *from being a*

*comparatively obscure observer, Donati found himself suddenly the astronomical hero of the day, for his brilliant comet not only formed an interesting subject for intelligent study [...] but it also created for a time a lively taste for astronomy among all classes of the community* (DUNKIN 1874).

Donati gave a strong impetus to the development of astronomy in Florence, increasing the observations (quite neglected by Amici) and promoting the production of optical and mechanical instruments for astronomical use. In these years around 1860 new observational techniques and new directions of research begin to circulate in the astronomical community, marking the passage from classical astronomy, based on the determination of accurate stellar positions and calculations of orbital elements, to a "physical astronomy" aimed at understanding the physical constitution of the heavenly bodies.

In particular, in the years between 1857 and 1860, Donati performed some pioneering experiences of stellar spectroscopy with an instrument assembled adapting a burning lens from 1690, from the Museum's collections, to a single prism spectroscope built in collaboration with Amici (fig. 2; Fi. 01). The results of this research were described in a memoir dated August 30, 1860 and published in 1862 (DONATI, 1862a; 1862b)<sup>2</sup>. The interest of Donati for spectral analysis originated from problems still rooted into classical astronomy, and in particular from the possibility offered by spectroscopy to obtain a better accuracy in the measurements of stellar positions (see CHINNICI 2000; CHINNICI, GASPERINI 2012). In Donati's words: *It seems to*

## Le origini dell'astrofisica a Firenze

Simone Bianchi, Daniele Galli, Antonella Gasperini

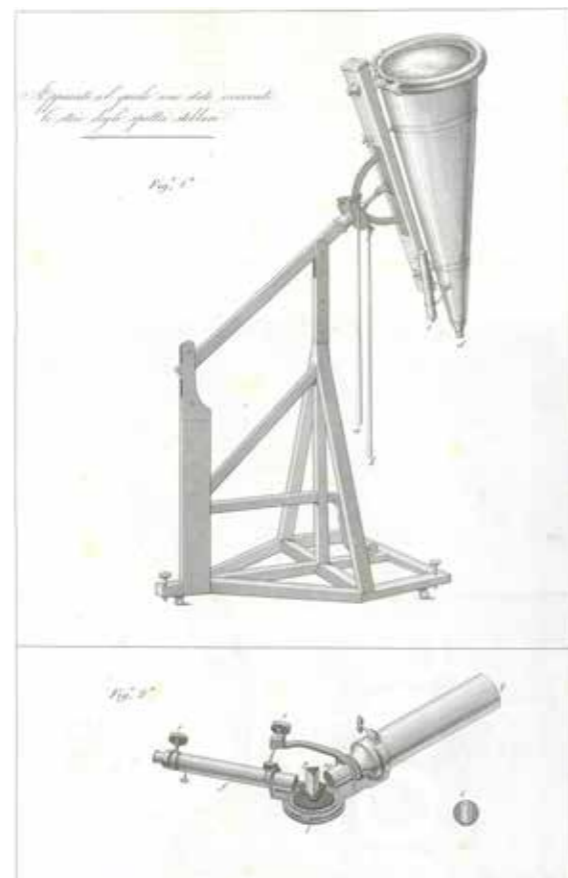
Intorno alla metà del Settecento, gli studi di astronomia in Toscana conobbero una nuova fioritura grazie soprattutto all'opera di promozione della cultura tecnico-scientifica del granduca Pietro Leopoldo (1747-1792), ispirata ai valori illuministici di educazione pubblica e progresso. Nel 1775 il granduca fondò a Firenze l'Imperial Regio Museo di Fisica e Storia Naturale che doveva comprendere anche un osservatorio fornito di strumenti astronomici e meteorologici in grado di competere con le analoghe istituzioni europee. L'osservatorio fu costruito tra il 1780 e il 1789 sulla torre (la *Specola*) dell'antico Palazzo Torrigiani in via Romana, sede del Museo (MINIATI 1984).

Nel 1831 il granduca Leopoldo II di Lorena (1797-1870) chiamò il modenese Giovan Battista Amici (1786-1863) a dirigere l'osservatorio fiorentino. Amici era soprattutto un eccellente ottico e, al suo arrivo a Firenze, fece predisporre alcuni ambienti del piano terreno del Museo adattandoli ad officina per la costruzione di strumenti di precisione, microscopi ed obbiettivi astronomici. Dal 1852 Amici fu affiancato da un giovane apprendista, il pisano Giovan Battista Donati (1826-1873), che nel 1859 ne divenne il successore alla direzione della Specola (fig. 1). È con Donati che l'astronomia fiorentina si sviluppa pienamente e in direzioni originali.

Il nome dell'astronomo pisano divenne improvvisamente famoso in tutto il mondo nel 1858 grazie alla scoperta di una delle più spettacolari comete del XIX secolo, la grande cometa Donati, terza delle cinque da lui scoperte<sup>1</sup>. Così, *da essere un osservatore relativamente sconosciuto, Donati diventò*

*improvvisamente l'eroe astronomico del momento, in quanto la sua luminosa cometa non solo costituì un soggetto interessante per studi intelligenti, ma anche produsse in persone di tutte le classi un vivace interesse per l'astronomia* (DUNKIN 1874, t.d.a.). Donati dette un forte impulso allo sviluppo dell'astronomia a Firenze, sia dal punto di vista delle osservazioni (abbastanza trascurate da Amici) sia per quanto riguarda la costruzione di strumenti ottici e meccanici di precisione per uso astronomico. In questi anni di metà Ottocento iniziano ad affacciarsi nella comunità astronomica nuove problematiche e nuove tecniche di osservazione, che segneranno il passaggio dall'astronomia classica, basata sulla determinazione di posizioni accurate degli astri e calcolo di orbite, a un'astronomia fisica rivolta allo studio della costituzione dei corpi celesti.

In particolare, negli anni tra il 1857 e il 1860, Donati compì alcune fondamentali esperienze di spettroscopia stellare con uno strumento da lui costruito, sotto la guida di Amici, adattando una lente ustoria risalente al 1690, conservata presso il Museo, ad uno spettroscopio a prisma singolo (fig. 2; Fi. 01). I risultati di queste ricerche furono descritti in una Memoria datata 30 agosto 1860 e pubblicata nel 1862 (DONATI, 1862a; 1862b)<sup>2</sup>. L'interesse di Donati per l'analisi spettrale nasce da motivazioni ancora legate all'astronomia classica, e in particolare dalla possibilità offerta dalla spettroscopia di ottenere una migliore accuratezza nella misura delle posizioni delle stelle (cfr. CHINNICI 2000; CHINNICI, GASPERINI 2012). Scrive infatti Donati: *Questa determinazione del vario grado di refrangibilità delle diverse luci*



1. Giovan Battista Donati, Fratelli Alinari, Florence, circa 1860 (Biblioteca Malatesta, Fondo Comandini FFC 229) / Giovan Battista Donati, Fratelli Alinari, Firenze, circa 1860 (Biblioteca Malatestiana, Fondo Comandini, FFC 229)

2. The apparatus used by Donati to observe stellar spectra and the spectrum of comet C/1864 N1. Table I in Donati (1866) / L'apparato con cui Donati osservò gli spettri stellari e lo spettro della cometa C/1864 N1, tavola I in Donati (1866)

me that this determination of the various degrees of dispersion of the different lights emanating from each star can lead to the improvement of the corrections of astronomical refraction: they will depend not only on the height of the star, and on all other causes so far known, but they will also depend on the nature of the light that the star emits. Maybe this correction will be marginal; however I cannot know until I have made other observations and the relative calculations<sup>3</sup>.

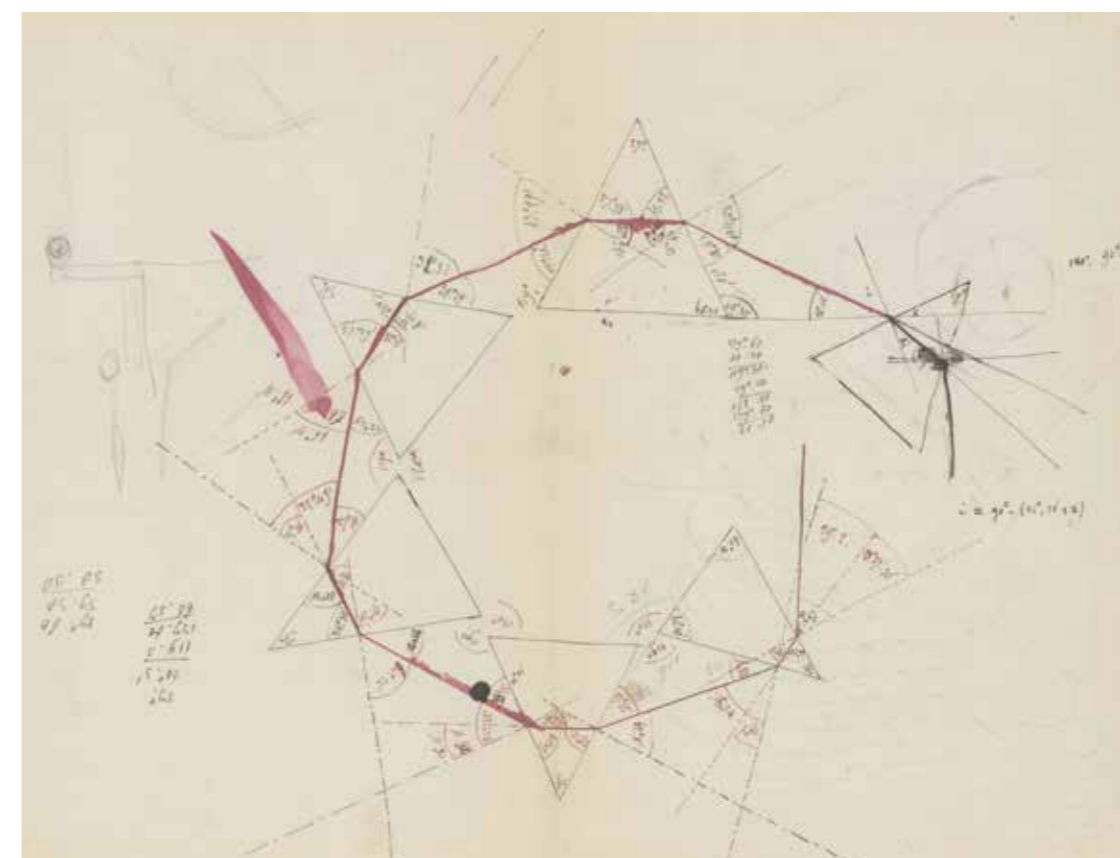
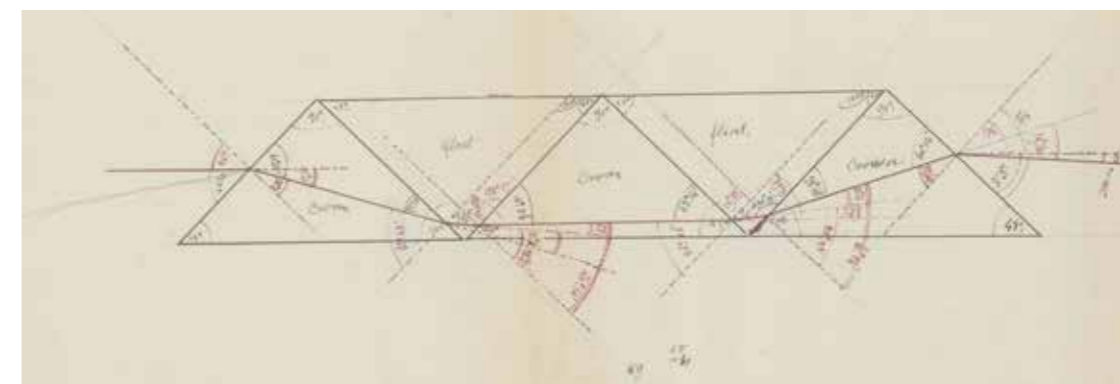
Already since 1856, however, Donati was aware of the importance of establishing a connection between the dark lines observed in stellar spectra (called *striae* at the time) with those observed by Fraunhofer and others in the solar spectrum (see Na. 01, Pa. 06): *I think that perhaps it might be useful to determine the refractive index of the main black or bright striae contained in each particular spectrum; so we would come to know if among those there are some which correspond to striae in the solar spectrum, because I would analyze stellar and solar striae using always the same prism. Physicists say vaguely that stellar striae do not correspond to solar lines; but (to my knowledge) they have not determined exactly the refractive index of the stellar striae<sup>4</sup>.*

In the Memoir of 1862 Donati mentions the unexpected discovery of a close correlation between the spectra and the colors of the stars: *It seems that the striae in stellar spectra are in a certain relationship with the color corresponding to the various stars* (see Fi. 02). In fact, as we know today, the color and the spectrum of a star both depend on its effective temperature (approximately its surface temperature). The experiences of stellar spectroscopy by Donati, carried

on in a more systematic way by Father Angelo Secchi (1818-1878) in the following years at the Osservatorio del Collegio Romano on a larger sample of stars, laid the foundations of spectral classification (see Fi. 03), opening the way to new considerations on the constitution and evolution of stars (see CHINNICI 2005).

In addition to stars, Donati extended its spectroscopic observations to the Sun, to comets and, ultimately, to the aurora borealis (see Pa. 13). In particular, in August 1864, he was the first to observe the spectrum of a comet (see Fi. 04), discovered one month before in Marseille by the German astronomer Ernst Wilhelm Leberecht Tempel (1821-1889). The spectrum of Comet Tempel showed three large bright lines or emission bands, in blue, in blue-green and yellow-green, which we now know to be produced by the molecule of diatomic carbon. Donati concluded that *by comparing the spectra of different comets between them, and to the spectra of other light sources, we will come to know more about the ever mysterious nature of these stars* (DONATI 1864 translated by the author). After just four years from his Memoir on stellar spectra, it had become clear to Donati and his contemporaries, thanks to the fundamental spectroscopy experiments conducted in the laboratory by Kirchhoff and Bunsen in the 1860s (see Pa. 01), that the new technique could open the way to an understanding of the physical nature and chemical composition of the heavenly bodies, a possibility at the time considered remote if not impossible (see Fi. 05, Sect. 3).

In 1863, following Amici's death, Donati participated



3. Drawing of the optical path through a direct-vision prism (top) and the system of six prisms designed by Donati (bottom). Manuscript by Donati, sd. (INAF-Arcetri Astrophysical Observatory, Historical Archive) / Disegno del cammino ottico attraverso un prisma a visione diretta (in alto) e al sistema a sei prismi ideato da Donati (in basso), di mano di Donati, s.d., (INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Archivio Storico)

*emanate da ciascuna stella, mi sembra che possa portare ancora al miglioramento delle correzioni delle rifrazioni astronomiche: le quali non dipenderanno soltanto dall'altezza della stella, e da tutte le altre cause fin ora note, ma dovranno dipendere ancora dalla natura della luce che la stella emana. Forse questa correzione sarà insensibile; ma ciò non posso saperlo finché non avrò fatto altre osservazioni ed i calcoli relativi<sup>3</sup>.*

Già dal 1856 non era però sfuggita a Donati l'importanza di mettere in relazione le righe scure osservate negli spettri stellari (all'epoca chiamate *strie*) con quelle osservate da Fraunhofer e da altri nello spettro solare (cfr. Na. 01, Pa. 06): *[...] credo che forse sarebbe utile il determinare l'indice di rifrazione delle principali strie nere o lucide che saranno contenute in ciascuno spettro particolare; così si verrebbe a conoscere se fra quelle strie ve ne siano mai alcune che abbiano delle corrispondenti nello spettro solare; poiché io studierei le strie solari e le stellari facendo sempre uso del medesimo prisma. I Fisici dicono vagamente che le strie stellari non corrispondono*

*alle solari; ma non hanno (per quanto ne sappia) determinato esattamente l'indice di rifrazione delle strie stellari<sup>4</sup>.*

Nella Memoria del 1862 Donati accenna anche all'inattesa scoperta di una stretta correlazione tra spettri e colori delle stelle: *[...] sembra risultare che le strie degli spettri stellari siano in una certa relazione col colore corrispondente alle varie stelle* (cfr. Fi. 02). Come sappiamo oggi, sia il colore che lo spettro di una stella dipendono dalla sua temperatura efficace (all'incirca la temperatura superficiale).

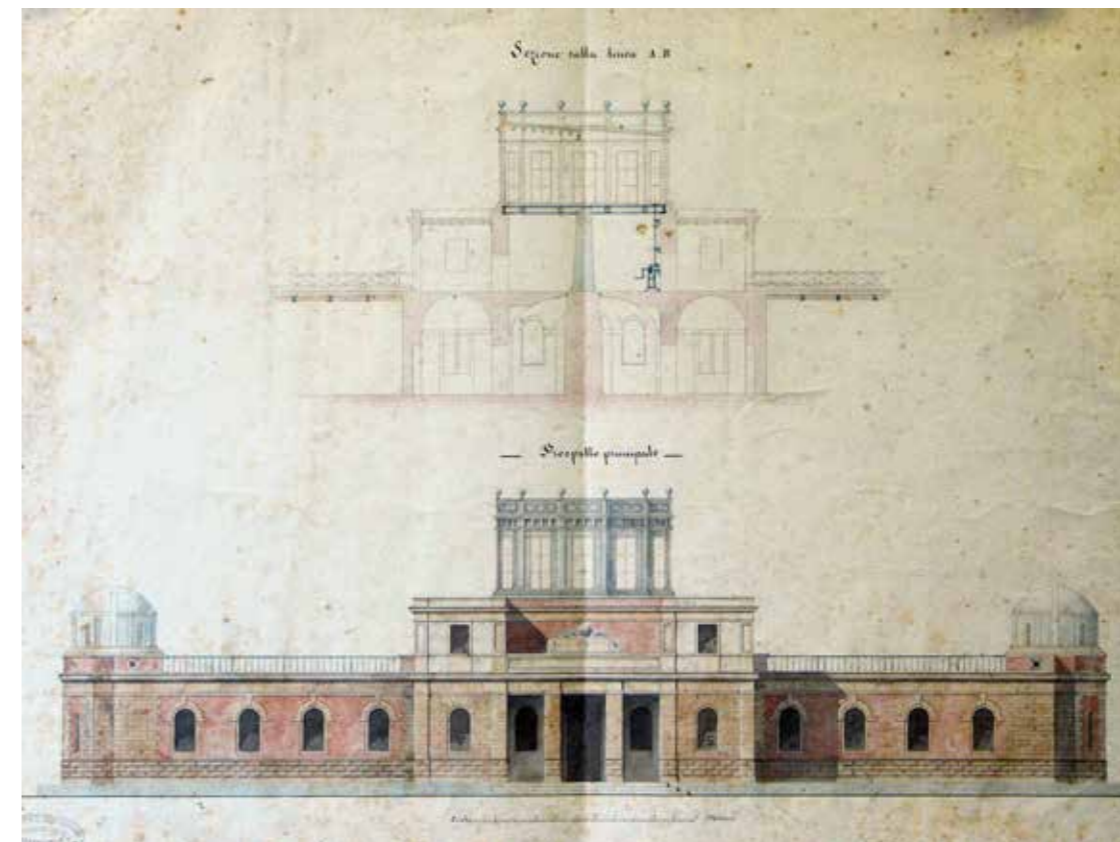
Le esperienze di spettroscopia stellare di Donati, riprese negli anni immediatamente successivi da padre Angelo Secchi (1818-1878) all'Osservatorio del Collegio Romano, ed estese a un campione più ampio di stelle in maniera ben più sistematica, permetteranno a Secchi di gettare le fondamenta della classificazione spettrale (cfr. Fi. 03), aprendo la via a nuove considerazioni sulla costituzione e l'evoluzione delle stelle (cfr. CHINNICI 2005). Oltre alle stelle, Donati estese le sue osservazioni spettroscopiche



4. Giovan Battista Donati, with Gaetano Cacciatore and Paolo Cantoni, during the expedition to Sicily to observe the eclipse of 1870 (INAF-Monte Porzio Astronomical Observatory, Historical Archive, Museo Astronomico e Copernicano) / Giovan Battista Donati, insieme a Gaetano Cacciatore e Paolo Cantoni, in occasione della spedizione in Sicilia per l'osservazione dell'eclisse del 1870 (INAF-Osservatorio Astronomico di Monte Porzio, Archivio Storico Museo Astronomico e Copernicano)

actively to the design and production of spectroscopes for astronomical observations. The astronomer realized the need to have in Italy a manufacture of scientific instruments that could compete with foreign products, and firmly believed that the scientific progress of the Country were to advance in parallel with technological development: *As for me, I think that if an Italian astronomer or physicist came back to life in two or three centuries, and wanted to have an idea whether his science will be more or less advanced and developed than at the present time, he [...] should ask: - "Are there workshops of astronomical or physical instruments?" - If yes, astronomy and physics have progressed in the intervening time; if not, [...] neither astronomy nor physics will have had any real and flourishing development. Mechanical instruments are the scientists' weapons. Woe to the nation that for them must rely on foreigners!* (DONATI 1868, t.d.a.). With these beliefs, starting from 1864 Donati supported, together with other

sponsors, the *Officina* (workshop) of scientific and optical instruments of the mechanic Giuseppe Poggiali (1820-1892), that after a few years changed its name in *Officina Galileo* (MESCHIARI 2005). Already in 1865 Donati had proposed to his colleagues, including Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910), a spectroscope for astronomical use produced by the *Officina Poggiali* (see Fi. 06). The instrument used a direct-vision prism, or a series of prisms arranged in such a way as to disperse the light in the same direction as the telescope's axis, thereby making the pointing easier. Following Amici's design (DONATI 1862a), the direct-vision prism consisted of two prisms of crown glass and one of flint glass. For the spectroscope produced at the *Officina*, however, the adopted solution was a design characterized by a higher dispersive power, proposed by the French astronomer Pierre Jules César Janssen (1824-1907) and produced by the



5. Project of the Arcetri Observatory. Undated, (INAF-Arcetri Astrophysical Observatory, Historical Archive) / Progetto dell'Osservatorio di Arcetri, s.d., Archivio Storico Osservatorio di Arcetri (INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Archivio Storico)

al Sole, alle comete e, in ultimo, alle aurore boreali (cfr. Pa. 13). In particolare, nell'agosto 1864, egli fu il primo a osservare lo spettro di una cometa (cfr. Fi. 04), quella scoperta il mese prima a Marsiglia dall'astronomo tedesco Ernst Wilhelm Leberecht Tempel (1821-1889). Lo spettro della cometa di Tempel presentava tre larghe righe luminose o bande di emissione, nel blu, nel blu-verde e nel giallo-verde, che oggi sappiamo essere prodotte dalla molecola di carbonio biatomico. Donati ne concluse che *confrontando gli spettri di diverse comete tra loro, e agli spettri di altre sorgenti luminose, potremo arrivare a conoscere qualcosa di più sulla natura sempre misteriosa di questi astri* (DONATI 1864, t.d.a.). A distanza di soli quattro anni dalla Memoria sugli spettri stellari, è ormai evidente, grazie soprattutto ai fondamentali esperimenti di spettroscopia condotti in laboratorio da Kirchhoff e Bunsen intorno al 1860 (cfr. Pa. 01), che la nuova tecnica può aprire la strada verso la comprensione della natura fisica e della composizione chimica dei corpi celesti, una possibilità all'epoca ritenuta remota se non impossibile (cfr. Fi. 05, Sez. 2). Nel 1863, in seguito alla morte di Amici, Donati prese parte attiva nella progettazione e costruzione di strumenti per le osservazioni spettroscopiche. L'astronomo sentiva la necessità di avere in Italia una manifattura di strumenti scientifici in grado di rivaleggiare con quelle straniere e credeva fermamente che il progresso scientifico del paese dovesse procedere di pari passo con quello tecnologico: *Per me io penso che se fosse possibile che un astronomo ed un fisico italiano tornasse in vita fra due o tre secoli, e che volesse farsi subito un'idea se la propria scienza sarà allora più o meno progredita*

*e sviluppata che ora, esso [...] dovrebbe dimandare: - "Vi sono officine di strumenti astronomici? Ve ne sono di strumenti di fisica?" - Se sì, l'astronomia e la fisica avranno nell'intervallo progredito; se no, [...] né l'astronomia, né la fisica vi avranno avuto in quel periodo una vita vera e diffusa. Gli apparecchi meccanici sono le armi degli scienziati. Disgraziata quella nazione che deve ricorrere per essi agli stranieri!* (DONATI 1868). Fu con queste convinzioni che, a partire dal 1864, Donati sostenne, insieme ad altri finanziatori, l'*Officina di strumenti ottici e matematici* del meccanico Giuseppe Poggiali (1820-1892), che dopo pochi anni prese il nome di *Officina Galileo* (MESCHIARI 2005). Già nel 1865 Donati aveva proposto ai suoi colleghi, fra cui Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910), uno spettroscopio per uso astronomico prodotto dall'*Officina Poggiali* (cfr. Fi. 06). Lo strumento utilizzava un prisma a visione diretta, ovvero una serie di prismi che permetteva di disperdere la luce nella stessa direzione dell'asse del telescopio, facilitando così il puntamento. Il prisma a visione diretta costituito da due prismi di vetro crown e uno di vetro flint era stato ideato da Amici (DONATI 1862a). Per lo spettroscopio dell'*Officina* venne però preferita la soluzione a più alto potere dispersivo proposta dall'astronomo francese Pierre Jules César Janssen (1824-1907) e prodotta dall'ottico parigino Hoffman (Janssen 1862), costituita da 5 prismi (tre di crown, due di flint; vedi fig. 3). In occasione dell'Eclisse di Sole del 22 dicembre 1870 (fig. 4), l'*Officina* - che già aveva assunto il nome Galileo - realizzò una montatura equatoriale per un telescopio Fraunhofer da 11 cm dell'Osservatorio fiorentino e, presumibilmente,

Parisian optician Hoffman (Janssen 1862), consisting of five prisms (three of crown glass, two of flint glass; see fig. 3). On the occasion of the solar eclipse of December 22, 1870 (fig. 4), the *Officina*, which had already taken the name *Galileo*, realized an equatorial mount for an 11-cm Fraunhofer telescope, and, presumably, a new spectroscope to be used with that telescope. The instrument, devised by Donati, deviated from the previous design, while maintaining an “almost direct” vision, and used a combination of 6 prisms of flint glass (fig. 3) arranged in a spiral to obtain a greater dispersion (see Fi. 07). Following the observing program set by Secchi, Donati was assigned to examine whether the spectroscopic observations of solar prominences made in full light<sup>5</sup> differed from those obtained during the totality of the eclipse. In the short time allowed by the variable cloud coverage in the station of Augusta, the instrument allowed him to study the considerable extension of the protuberances in the D<sub>3</sub> line of helium, an element at the time still unknown on Earth (CACCIATORE 1872). Another “Great spectroscope with 25 prisms, for solar observations by Professor G.B. Donati” was built around 1872, and later inserted in the catalog of the *Officina Galileo* (OFFICINA GALILEO 1881). The instrument combined three direct-vision prisms (each consisting of five prisms) with a spiral arrangement of 10 prisms of flint glass, to achieve an even greater dispersion than the previous model (see Fi. 08). Donati used it, together with the Fraunhofer telescope, to observe the solar spectrum. Observing the line C (H $\alpha$ ) of hydrogen, he noticed the line inversion (i.e. the conversion of an absorption line into an emission line) over a few sunspots (DONATI 1872). He also confirmed the larger extension of the protuberances in the helium line already observed during the eclipse of 1870 (DONATI 1872b).

Donati’s numerous commitments certainly hampered a continuous and systematic activity in astrophysics on his side. In the last years of his life, he addresses the study of terrestrial magnetism and aurorae, which he viewed as manifestations of a *cosmic meteorology*. In particular, he made spectroscopic observations of the great aurora borealis visible in Florence on February 4, 1872, noting the bright green emission line due to atomic oxygen (DONATI 1872c).

However, it was especially the effort to design and build a new observatory to occupy the final years of Donati (BIANCHI ET AL. 2013a). The inadequacy of the premises of the Museum was even more evident than before: the building was unstable and its movements undermined the reliability of astronomical measurements. More appropriate sites were considered, including Forte San Giorgio on the Belvedere hill, or the Giardino del Cavaliere in the Boboli Garden. The final choice was the hill of Arcetri (fig. 5), where the construction of the observatory proceeded among the vicissitudes of the newborn Kingdom of Italy and the transfer of the capital to Florence<sup>6</sup>.

After the sudden death of Donati by cholera in 1873, the astrophysical research in Florence was long neglected. For years, the only astronomer working in the new Astronomical Observatory was the already mentioned Wilhelm Tempel (Fi. 09), who devoted his activity to visual observations and the discovery of new nebulae (see Fi. 10 and Fi. 11). Astrophysics started again in Arcetri in the 1920’s, with the changing of name to Astrophysical Observatory and the construction of the Solar Tower (GASPERINI ET AL. 2004). Donati was indirectly involved in this new turn: the Solar Tower was in fact partly financed with funds raised for the construction of a bust in his memory (BIANCHI ET AL. 2015; see Fi. 12).

un nuovo spettroscopio da utilizzare con quel telescopio. Lo strumento, ideato da Donati, si discostava dal disegno precedente – pur mantenendo una visione “quasi” diretta – e utilizzava una combinazione di 6 prismi di vetro flint (fig. 3) disposti a spirale per ottenere una maggiore dispersione (cfr. Fi. 07). Seguendo il programma suggerito da Secchi, Donati avrebbe dovuto verificare se le osservazioni spettroscopiche delle protuberanze solari fatte in piena luce<sup>5</sup> differivano da quelle ottenute durante la totalità dell’eclisse. Nel poco tempo permesso dalla mutevole copertura del cielo nella stazione di Augusta, lo strumento permise di studiare la notevole estensione delle protuberanze nella riga D<sub>3</sub> dell’elio, elemento allora sconosciuto in ambito terrestre (CACCIATORE 1872).

Un ulteriore “Grande spettroscopio a 25 prismi, per osservazioni solari del prof. G.B. Donati” fu poi realizzato intorno al 1872, e messo successivamente in catalogo dall’Officina Galileo (OFFICINA GALILEO 1881). Lo strumento combinava tre prismi a visione diretta (ciascuno composto da 5 prismi) con una disposizione a spirale di ben 10 prismi di vetro flint, per raggiungere una dispersione ancor maggiore del modello precedente (cfr. Fi. 08). Donati se ne servì, insieme al telescopio Fraunhofer, per osservare lo spettro solare. Osservando la riga C (H $\alpha$ ) dell’idrogeno ne notò l’inversione (ovvero il passaggio da riga di assorbimento a riga di emissione) sopra alcune macchie solari (DONATI 1872a); confermò poi la maggiore estensione delle protuberanze nella riga dell’elio già osservata durante l’eclisse del 1870 (DONATI 1872b). I molteplici impegni di Donati certamente furono di ostacolo a un più continuo e sistematico lavoro nel campo dell’astrofisica. Fra i suoi interessi preminenti dell’ultimo lustro della sua vita possiamo ricordare lo studio

del magnetismo terrestre e delle aurore, da lui viste come manifestazioni di una *meteorologia cosmica*. In particolare, della grande aurora boreale che fu visibile il 4 febbraio 1872 anche a Firenze, Donati fece delle osservazioni spettroscopiche, notando la brillante riga verde in emissione dovuta all’ossigeno atomico (DONATI 1872c).

Ma fu essenzialmente l’impegno profuso per la progettazione e la costruzione di un nuovo osservatorio astronomico a occupare gli ultimi anni di vita di Donati (BIANCHI ET AL. 2013a). L’inadeguatezza dei locali del Museo era risultata sempre più evidente: la fabbrica dell’osservatorio era instabile e con i suoi movimenti comprometteva l’attendibilità delle misure astronomiche. Furono allora presi in considerazione alcuni siti più idonei, fra cui il Forte San Giorgio sulla collina del Belvedere o il Giardino del Cavaliere all’interno del Giardino di Boboli. La scelta cadde infine sulla collina di Arcetri (fig. 5) dove la costruzione dell’osservatorio procedette tra le alterne vicende del neonato Regno d’Italia e del trasferimento a Firenze della capitale<sup>6</sup>.

Dopo l’improvvisa morte di Donati per colera nel 1873, la ricerca astrofisica a Firenze fu a lungo negletta. Per anni l’unico astronomo al lavoro nel nuovo Osservatorio astronomico di Arcetri fu il già ricordato Wilhelm Tempel (Fi. 09), che si dedicò all’osservazione visuale e alla scoperta di nuove nebulose (cfr. Fi. 10 e Fi. 11). L’astrofisica tornò di nuovo ad Arcetri negli anni ’20 del XX secolo, con il cambio di denominazione in “Osservatorio Astrofisico” e la costruzione della Torre Solare (GASPERINI ET AL. 2004). Donati fu, indirettamente, partecipe di questo sviluppo: la Torre Solare fu infatti in parte finanziata con i fondi raccolti per la realizzazione di un busto alla sua memoria (BIANCHI ET AL. 2015; cfr. Fi. 12).

<sup>1</sup> Donati discovered five comets (in square parenthesis the modern name): on June 3, 1855 (Donati, 1855 II [C/1855 L1]); november 10, 1857 (DONATI, VAN ARSDALE 1857 VI [C/1857 V1]); June 2, 1858 (DONATI 1858 VI [C/1858 L1]); July 23, 1864 (DONATI, TOUSSAINT 1864 III [C/1864 O1]); September 9, 1864 (DONATI 1864 I [C/1864 R1]).

<sup>2</sup> In addition to the cited Memoir, a testimonial of these early developments of stellar spectroscopy can

be found in the contemporary correspondence between Donati and the world-famous physicist Ottaviano Fabrizio Mossotti (1791-1863), since 1841 professor of Mathematical Physics, Celestial Mechanics and Geodesy at the University of Pisa. Donati was a student of Mossotti in Pisa (GALLI ET AL. 2013).

<sup>3</sup> Donati to Mossotti, May 31, 1859 (see previous note).

<sup>4</sup> Donati to Mossotti, July 22, 1856.

<sup>5</sup> Donati was supposed to apply a

method in use since 1868, which consisted in positioning the spectroscopist’s slit tangentially to the solar limb (see Sect. 4).

<sup>6</sup> The new observatory was inaugurated a first time on September 26, 1869, on the occasion of the annual meeting of the Permanent Commission of the International Geodetic Association for the Measurement of the European Degree (even though only the dome hosting the Amici telescope on its new equatorial

mount was completed at the time), and a second time on October 27, 1872 (BIANCHI ET AL. 2013b). Unfortunately Donati could not receive acclaim for his ten-year efforts, having badly broke his leg the day before.

<sup>1</sup> Le comete scoperte da Donati sono cinque (in parentesi quadre la nomenclatura moderna): 3 giugno 1855 (DONATI, 1855 II [C/1855 L1]); 10 novembre 1857 (DONATI, VAN ARSDALE 1857 VI [C/1857 V1]); 2 giugno 1858 (DONATI 1858 VI [C/1858 L1]); 23 luglio 1864 (DONATI, TOUSSAINT 1864 III [C/1864 O1]); 9 settembre 1864 (DONATI 1864 I [C/1864 R1]).

<sup>2</sup> Oltre alla citata memoria, una testimonianza di questi primissimi svi-

luppi della spettroscopia stellare ci è offerta dalla coeva corrispondenza tra Donati e il fisico di fama internazionale Ottaviano Fabrizio Mossotti (1791-1863), che dal 1841 ricopriva la cattedra di Fisica Matematica, Meccanica Celeste e Geodesia all’Università di Pisa, e che aveva avuto tra i suoi allievi lo stesso Donati (GALLI ET AL. 2013).

<sup>3</sup> Donati a Mossotti, 31 maggio 1859 (cfr. nota precedente).

<sup>4</sup> Donati a Mossotti, 22 luglio 1856.

<sup>5</sup> Donati avrebbe applicato il metodo in uso a partire dal 1868 che prevedeva il posizionamento della fenditura dello spettroscopio in posizione tangenziale rispetto al bordo solare (cfr. Sez. 4).

<sup>6</sup> Il nuovo osservatorio venne inaugurato una prima volta il 26 settembre del 1869, in occasione della riunione annuale della Commissione permanente dell’Associazione Geo-

detica Internazionale per la Misura del Grado Europeo (anche se in verità vi era solo una cupola che ospitava il cannocchiale di Amici sulla sua nuova montatura equatoriale), e una seconda volta il 27 ottobre 1872 (BIANCHI ET AL. 2013b). Purtroppo Donati non poté raccogliere il plauso ai suoi decennali sforzi, essendosi malamente fratturato una gamba il giorno precedente.

**FI. 01. TELESCOPE TUBE FOR SPECTROSCOPY**

Giovan Battista Donati  
Firenze 1859 ca.  
iron and wood, length 1600 mm  
Florence, Museo Galileo, inv. 0582

This conical tube made of metal sheet, mounted on a wooden stand with three wheels and equipped with equatorial movement, was part of an apparatus designed by Donati between 1857 and 1859. The objective was a burning lens of 41 cm diameter and 158 cm focal length, made at the end of the 17<sup>th</sup> century, and now held in the Museo Galileo in Florence. In the focus of this lens was a single-prism spectroscopy made according to the suggestions by Giovan Battista Amici, then director of the *Specola*. With this instrument, Donati examined and compared the spectra of 15 stars by measuring the angle of refraction of the main absorption lines. The results were presented in a Memoir completed in August 30, 1860 and published in Italian in 1862, in French and English in 1863, and later included in the *Annals of the Museum of Florence* in 1866 (see Fi. 02). With the same apparatus Donati was the first to observe the spectrum of a comet in 1864 (see Fi. 09). [a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* DONATI 1866; CHINNICI 1999; MONACO 1994; BROGLIA & D'AVANZO 2007.

**FI. 01. TUBO DI TELESCOPIO PER SPETTROSCOPIA STELLARE**

Giovan Battista Donati  
Firenze 1859 ca.  
metallo e legno, lunghezza 1600 mm  
Firenze, Museo Galileo, inv. 0582

Questo tubo conico di lamiera verniciata, montato su un supporto di legno a tre ruote dotato di movimento equatoriale, faceva parte di un apparato ideato da Donati tra il 1857 e il 1859. L'obiettivo era costituito da una lente ustoria di 41 cm di diametro e 158 cm di lunghezza focale, risalente alla fine del Seicento, attualmente conservata al Museo Galileo di Firenze. Nel fuoco della lente si trovava uno spettroscopio a prisma realizzato secondo i suggerimenti di Giovan Battista Amici, allora direttore della *Specola* fiorentina. Con questo strumento, Donati esaminò e confrontò tra loro gli spettri di 15 stelle misurando l'angolo di rifrazione delle



principali righe di assorbimento. I risultati furono descritti in una memoria completata il 30 agosto 1860 e pubblicata in italiano nel 1862, in francese ed inglese nel 1863, e successivamente inclusa negli *Annali del Museo Fiorentino* del 1866 (cfr. Fi. 02). Con lo stesso apparato Donati osservò per primo

lo spettro di una cometa nel 1864 (cfr. Fi. 09). [a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* DONATI 1866; CHINNICI 1999; MONACO 1994; BROGLIA & D'AVANZO 2007.

**FI. 02. GIOVAN BATTISTA DONATI (1826-1873)**

"Intorno alle strie degli spettri stellari" (on lines from stellar spectra)  
*Annals of the R. Museum of Physics and Natural History of Florence for 1865*. New Series, vol. I. Florence, with the types of M. Cellini and C. at the Galileiana, 1866.  
1 vol, ill., 310 mm  
INAF-Arcetri Astrophysical Observatory

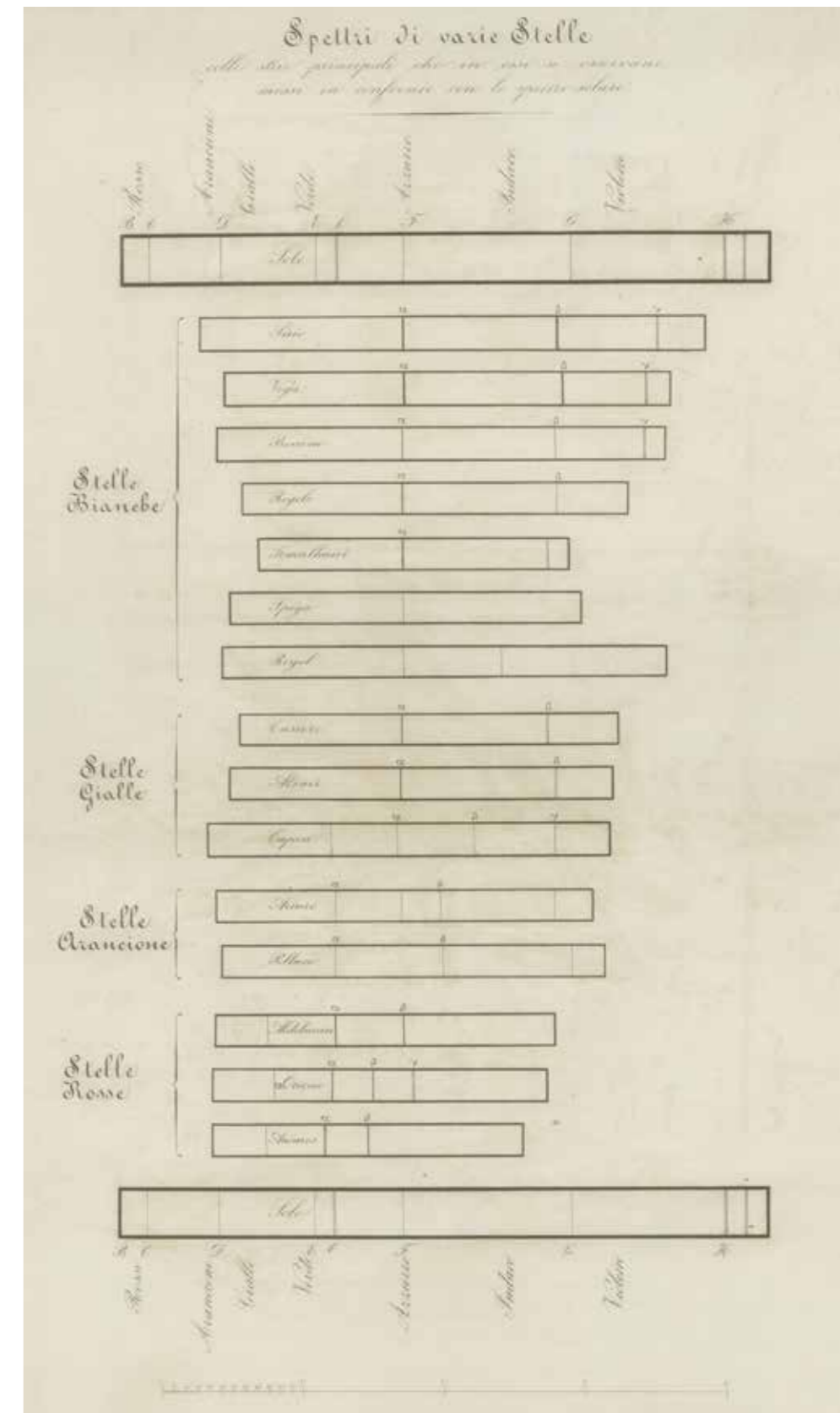
Although Donati never proposed a scheme for the spectral classification of stars, his observations conducted around 1859-1860 (see Fi. 01) led to the unexpected discovery of a correspondence between stellar colours and spectra, which would be later confirmed and extended by Angelo Secchi in the following years (cf. Fi. 03 and Fi. 05). This table shows the absorption lines in the spectra of 15 stars grouped according to their colours. Donati observes: *The white stars have lines that resemble each other, and the same is true for the yellow stars, the orange, and red.* The correlation inferred by Donati is due to the fact that both the spectrum and the colour of a star depend on its effective (photospheric) temperature, a result fully understood only in the 1920's thanks to studies of the English astronomer (working at the Harvard Observatory) Cecilia Payne (1900-1979). [a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* DONATI 1866; CHINNICI 1999; HEARNshaw 2014.

**FI. 02. GIOVAN BATTISTA DONATI (1826-1873)**

"Intorno alle strie degli spettri stellari"  
*Annali del R. Museo di Fisica e Storia Naturale di Firenze per il 1865*. Nuova serie, vol. I. Firenze, coi tipi di M. Cellini e C. alla Galileiana, 1866  
1 vol, ill., 310 mm  
INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri

Sebbene Donati non abbia mai proposto uno schema di classificazione spettrale delle stelle, le osservazioni da lui condotte intorno al 1859-1860 (cfr. Fi. 01) lo portarono a scoprire un'inattesa corrispondenza tra i colori e gli spettri stellari, che Angelo Secchi avrebbe ripreso e sviluppato negli anni immediatamente successivi (cfr. Fi. 03 e Fi. 05). Questa Tavola evidenzia le righe di assorbimento presenti negli spettri di 15 stelle raggruppate secondo i loro colori. Osserva



Donati: *Le stelle bianche hanno strie che si rassomigliano tra loro, e lo stesso accade per le stelle gialle, le arancione, e le rosse.* La correlazione intuita da Donati è dovuta al fatto che sia lo spettro che il colore di una stella dipendono dalla sua temperatura fotosferica (o superficiale), un risultato compreso pienamente

solo negli anni '20 del Novecento grazie agli studi dell'astronoma inglese (in forze all'Osservatorio di Harvard) Cecilia Payne (1900-1979). [a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* DONATI 1866; CHINNICI 1999; HEARNshaw 2014.

FI. 03. ANGELO SECCHI (1818-1878)

*Le Soleil: exposé des principales découvertes modernes sur la structure de cet astre, son influence dans l'univers et ses relations avec les autres corps célestes.* Paris, Gauthier-Villars, 1870

xii, 422 p., ill., tav.; 230 mm

INAF-Arcetri Astrophysical Observatory

The Jesuit Father Angelo Secchi resumed and extended Donati's studies using the 25 cm Merz refractor of the *Collegio Romano* and various types of spectroscopes, including the objective-prism (see Rm 07). Starting from 1862, Secchi began a systematic program of stellar spectroscopy that led him to analyse more than 4,000 stars, and formulate a classification scheme based on fundamental spectral classes called "types". This scheme, continually revised and updated by Secchi until shortly before his death, was developed starting from the two types of 1863 (white and coloured) to the three types of 1867 (white-blue, yellow, and orange-red), to which Secchi added in 1869 the fourth type of dark-red stars (carbon stars), and finally, in 1877, a fifth type, that of  $\gamma$  Cas (now called Be-stars), characterized by emission rather than absorption lines in their spectra.

The first edition of the book *Le Soleil* was published in Paris in 1870 and contains an exposition of Secchi's spectral classification (see also Pa. 06 for the second edition, revised and expanded). Plate II shows at the top the characteristic spectrum of Type-2 stars, like the Sun and Pollux, with their many absorption lines due to various chemical elements identified by Gustav Kirchhoff (see Pa. 01). Then follows the spectrum of Type-1 stars, like Sirius and Vega, dominated by the presence of hydrogen absorption lines, and that of Type 3 stars, like  $\alpha$  Her and  $\beta$  Peg, in which is evident the presence of thick absorption bands. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: SECCHI 1870; HEARNshaw 2014.



FI.03. ANGELO SECCHI (1818-1878)

*Le Soleil: exposé des principales découvertes modernes sur la structure de cet astre, son influence dans l'univers et ses relations avec les autres corps célestes.* Paris, Gauthier-Villars, 1870

xii, 422 p., ill., tav.; 230 mm

INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri

Il gesuita padre Angelo Secchi riprese e ampliò gli studi di Donati utilizzando il rifrattore Merz da 25 cm del Collegio Romano e diversi tipi di spettroscopi, tra cui il prism-obiettivo (cfr. Rm. 07). A partire dal 1862 Secchi intraprese un programma sistematico di spettroscopia stellare in cui analizzò oltre 4000 stelle, arrivando a formulare uno schema di classificazione basato su alcuni fondamentali "tipi" spettrali. Questo schema, continuamente rivisto e aggiornato fino a poco prima della sua morte, si sviluppò dalle due classi (*bianche* e *colorate*) del 1863 alle tre classi (*bianco-azzurre*, *gialle*, e *arancio-rosse*) del 1867, alle quali avrebbe aggiunto nel 1869 la quarta classe delle *rosso-cupe* (stelle al carbonio), e infine, nel 1877, una quinta classe, quella delle  $\gamma$  Cas, (oggi chiamate stelle di tipo Be, caratterizzate da righe di emissione anziché di assorbimento nei loro spettri).

La prima edizione del trattato *Le Soleil* fu

pubblicata a Parigi nel 1870 e contiene un'esposizione di questa classificazione spettrale (per la seconda edizione, riveduta e ampliata, vedi Pa. 06). Nella Tavola II sono riprodotti in alto lo spettro caratteristico delle stelle di tipo 2, come il Sole e Polluce, in cui sono evidenti le numerose righe di assorbimento dovute alla presenza dei vari elementi chimici identificati da Gustav Kirchhoff (cfr. Pa. 01). Segue lo spettro delle stelle di tipo 1, come Sirio e Vega, dominato dalla presenza di righe di assorbimento dell'idrogeno, e quello delle stelle di tipo 3, come  $\alpha$  Her e  $\beta$  Peg, in cui si nota la presenza di fitte bande di assorbimento. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: SECCHI 1870; HEARNshaw 2014.

FI. 04. GIOVAN BATTISTA DONATI (1826-1873)

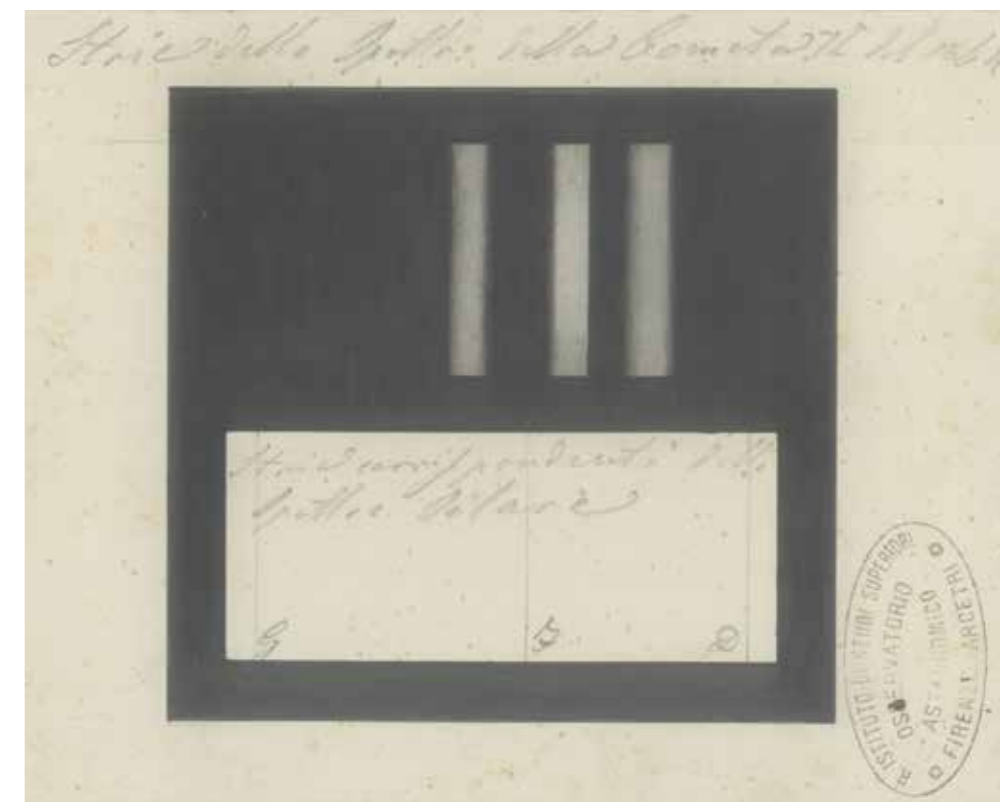
*Spectral Lines of Comet II of 1864*

ink and pencil on paper, 155 x 121 mm

INAF-Arcetri Astrophysical Observatory

In August 1864, Donati observed the comet C/1864 N1 (discovered by Wilhelm Tempel on July 5) with the same apparatus used for stellar spectra (see Fi. 01), succeeding for the first time in analysing spectroscopically the faint light emitted by a comet. Unlike the spectrum of the Sun and the stars, comet Tempel exhibited three bright bands in the blue-green region of the solar spectrum, separated by two dark bands. The original drawing shown here probably served as a model for the illustration accompanying the observations of comet Tempel, published by Donati in the same year in *Astronomische Nachrichten*. In the article, Donati pointed out the similarity between the spectrum of the comet and the spectra produced by metals (i.e. in electrical discharges produced between two metal electrodes in the laboratory). Actually the same bright bands had already been observed in 1856 by the Scottish physicist William Swan (1818-1894) in the spectrum of the light emitted by the flame of various hydrocarbons, and are known today as "Swan bands". The identification of the emission bands observed in comets with the Swan bands was made in 1868 by the British astronomer William Huggins (1824-1910), although the carbon compound responsible for the band emission (the diatomic carbon  $C_2$ ) was identified only in 1927. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: DONATI 1864; HEARNshaw 2014; CHINNICI 2015b.



FI. 04. GIOVAN BATTISTA DONATI (1826-1873)

*Strie dello Spettro della Cometa II del 1864*

inchiostro e matita su carta, 155 x 121 mm

INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri

Nell'agosto del 1864, Donati riuscì a osservare lo spettro della cometa C/1864 N1 (scoperta da Wilhelm Tempel il 5 luglio dello stesso anno), utilizzando lo stesso apparato da lui costruito per osservare gli spettri stellari (cfr. Fi. 01). Era la prima volta che un astronomo riusciva ad analizzare spettroscopicamente la debole luce emessa da una cometa. A differenza dello spettro solare e di quelli stellari, lo spettro della cometa di Tempel era costituito da tre bande luminose nella regione blu-verde intorno alla riga F (oggi chiamata H $\beta$ ) dello spettro solare, separate da due bande scure. Il disegno originale qui esposto servì probabilmente da modello per l'illustrazione che accompagna le osservazioni della cometa di Tempel pubblicate da Donati sulla rivista *Astronomische Nachrichten* nello stesso anno. Nell'articolo, Donati sottolineò la somiglianza tra spettro della cometa e gli spettri prodotti dai metalli (cioè nelle scariche elettriche tra due elettrodi metallici prodotte in laboratorio). In realtà le stesse bande luminose erano state osservate già nel 1856 dal fisico scozzese William Swan (1818-1894) nella luce emessa dalla fiamma di vari idrocarburi, e sono note oggi

come "bande di Swan". La corrispondenza tra gli spettri cometari e le bande di Swan fu stabilita nel 1868 dall'astronomo inglese William Huggins (1824-1910), anche se il composto del carbonio responsabile dell'emissione delle bande (il carbonio biatomico  $C_2$ ) fu identificato con certezza solo nel 1927. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: DONATI 1864; HEARNshaw 2014; CHINNICI 2015b.

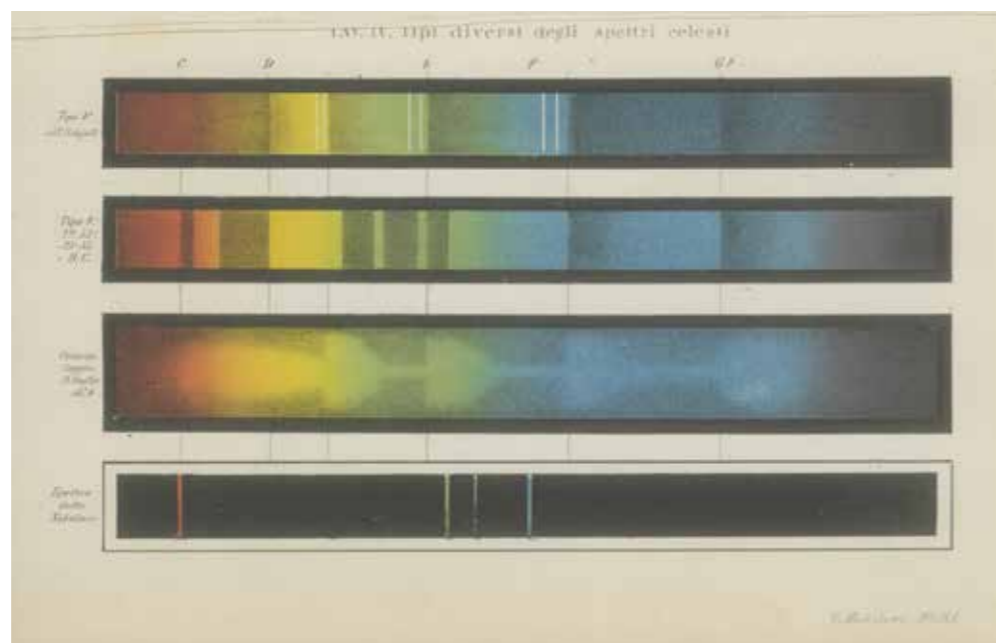
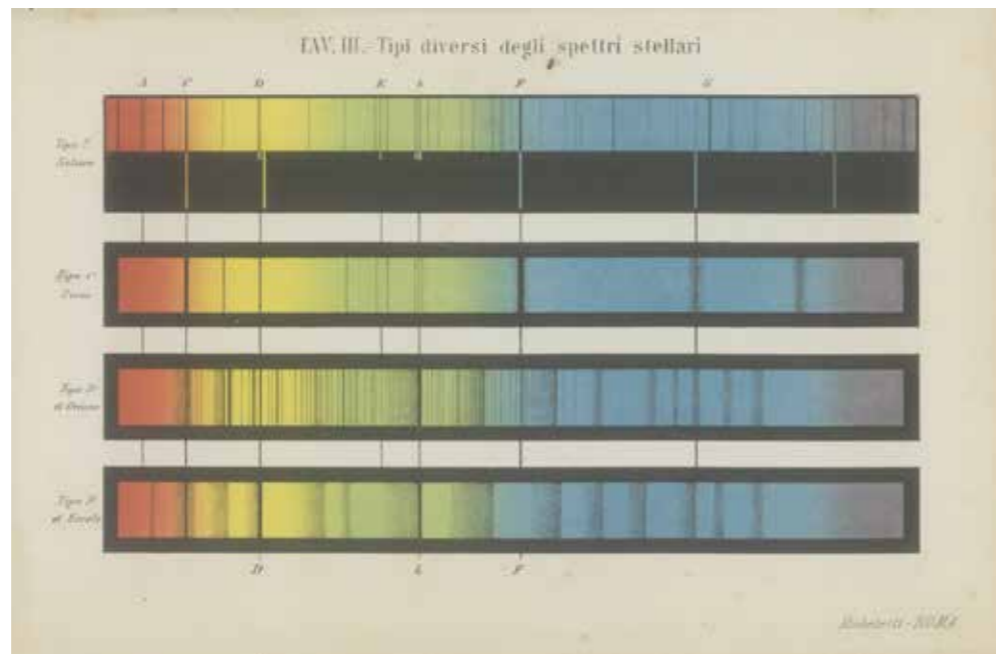
FI. 05. ANGELO SECCHI (1818-1878)  
*Le Stelle: Saggio di Astronomia Siderale*,  
 Milano, Fratelli Dumolard, 1877  
 VIII, 425 p., ill., tav.; 210 mm  
 INAF-Arcetri Astrophysical Observatory

This book, published in 1877 and dedicated to Giovanni Virginio Schiaparelli, is the second work where Secchi presents its stellar classification scheme. It is interesting to compare the spectra of the Plates included in this volume with those from *Le Soleil* (see Fi. 03). In Plate III (*Different types of stellar spectra*) the solar spectrum, typical of Type-2 stars, is now divided into *photosphere* and *chromosphere*: the photospheric spectrum shows the well-known Fraunhofer absorption lines, whereas the chromospheric spectrum presents four emission lines of hydrogen (later called H $\alpha$ , H $\beta$ , H $\gamma$  and H $\delta$  of the Balmer series) and the yellow line of helium. Plate III then shows the spectrum of the star Sirius, characteristic of Type-1 stars, and that of the stars  $\alpha$  Ori and  $\alpha$  Her, representative of Type-3. Plate IV (*Different types of celestial spectra*) continues presenting the spectra of two Type-4 red stars. This Plate shows two additional spectra of non-stellar objects: that of Coggia's comet, observed in 1874 and characterized by bright emission bands (see Fi. 04), and the spectrum of a nebula, made only by emission lines. Among these, Secchi identifies the red and the blue lines as emission lines of hydrogen (for comparison with the solar spectrum), whereas the two green lines, attributed in 1864 by the British astronomer William Huggins to an unknown element called *nebulio*, will be identified only in 1927 as emission lines of doubly ionized oxygen (O<sup>+</sup>). [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: SECCHI 1877; HEARNshaw 2014.

FI. 05. ANGELO SECCHI (1818-1878)  
*Le Stelle: Saggio di Astronomia Siderale*,  
 Milano, Fratelli Dumolard, 1877  
 VIII, 425 p., ill., tav.; 210 mm  
 INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri

Il volume, pubblicato nel 1877 e dedicato a Giovanni Virginio Schiaparelli, è il secondo trattato in cui Secchi presenta il suo schema di classificazione stellare. È interessante il confronto tra le tavole di spettri incluse in quest'opera con quelle del testo *Le Soleil* (cfr. Fi. 03). Nella tavola III (*Tipi diversi degli spettri stellari*) lo spettro solare, tipico delle stelle di



secondo tipo, riprodotto in alto, è questa volta distinto tra *fotosfera* e *chromosfera*: in quello della fotosfera sono presenti le note righe di assorbimento di Fraunhofer, nel secondo si riconoscono invece quattro righe di emissione dell'idrogeno (in seguito denominate H $\alpha$ , H $\beta$ , H $\gamma$  e H $\delta$  e attribuite alla serie di Balmer) e la riga gialla dell'elio. Successivamente la Tavola III mostra lo spettro della stella Sirio, caratteristico delle stelle di primo tipo, e quello delle stelle  $\alpha$  Ori e  $\alpha$  Her, rappresentative del terzo tipo. La Tavola IV (*Tipi diversi degli spettri celesti*) continua presentando gli spettri di due stelle rosse del quarto tipo. In più, questa Tavola presenta anche due spettri di oggetti non stellari: quello della cometa di Coggia, osservato nel 1874 e caratterizzato da

bande di emissione (cfr. Fi. 04), e lo spettro di una nebulosa, costituito esclusivamente da righe di emissione. Tra queste, Secchi identifica la riga rossa e la riga azzurra come righe di emissione dell'idrogeno (per confronto con lo spettro solare), mentre le due righe verdi, attribuite nel 1864 dall'astronomo inglese William Huggins ad un elemento sconosciuto denominato *nebulio*, saranno identificate soltanto nel 1927 come righe di emissione dell'ossigeno due volte ionizzato (O<sup>+</sup>). [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: SECCHI 1877; HEARNshaw 2014.

FI. 06. DIRECT-VISION SPECTROSCOPE  
 Giuseppe Poggiali and Giovan Battista  
 Donati, Florence 1865  
 burnished brass, glass, length 530 mm  
 INAF-Brera Astronomical Observatory,  
 Astronomical Museum and Brera Botanical  
 Garden, inv. 1921 (7)

Donati recommended the purchase of this instrument to Schiaparelli, director of the Brera Observatory in Milan, where the spectroscope arrived in May 1866. In a letter to Schiaparelli, Donati described the instrument and its working in these terms: *The main part of the spectroscope is a compound prism made of five prisms glued together that disperse the white light without diverting it from its direction. In front of this prism is a slit that can be expanded or tightened as needed [...], in front of which is a cylindrical lens that collects the greatest amount of light on the slit [...]. The spectrum of the light passing through the cylindrical lens and the slit, produced by the compound prism, is observed with a small telescope placed behind the prism. There are two lamps: one, filled with salty alcohol, can project the reference line of sodium in the field of the small telescope by means of a small prism placed in front of the slit; the other, containing lamp oil, illuminates a micrometer scale that appears bright on the dark field of the small telescope used to observe the spectrum. There is a piece [...] to which the entire instrument is connected with a bayonet fitting, when the instrument is attached to the telescope in place of the ordinary eyepieces. The manufacturer's label inside the wooden case reads: Workshop of optical and mathematical instruments directed by G. Poggiali under the scientific supervision of Professors G.B. Donati and T. del Beccaro. Specimens of this instrument were also sold to Otto Wilhelm Struve (1819-1905), Annibale de Gasparis (see Na.07), and Gaetano Cacciato, respectively Directors of the Observatories of Pulkovo, Capodimonte and Palermo. The Palermo specimen it is still preserved; another is at the Museo Galileo in Florence. [a.g., d.g., s.b.]*

Bibl.: Letter of Donati to Schiaparelli, Firenze, April 13, 1866, Brera Archives, Scientific Correspondence, fasc. 141, n. 39; MIOTTO ET AL. 1989; ABALAKIN 2009; CHINNICI 2000.



FI. 06. SPETTROSCOPIO A VISIONE DIRETTA

Giuseppe Poggiali e Giovan Battista Donati, Firenze 1865

ottone brunito, vetro, lunghezza 530 mm  
 INAF-Osservatorio astronomico di Brera,  
 Museo Astronomico e Orto Botanico di  
 Brera, inv. 1921 (7)

Donati propose l'acquisto di questo strumento a Schiaparelli, direttore dell'Osservatorio di Brera, dove lo spettroscopio arrivò nel maggio 1866. Donati così ne descrisse il funzionamento in una lettera a Schiaparelli: *La parte principale dello Spettroscopio è un prisma composto di cinque prismi incollati insieme che disperdono la luce bianca senza deviarla dalla sua direzione. D'avanti a questo prisma composto è una fenditura che può allargarsi e stringersi a piacere [...], d'avanti poi a questa fenditura vi è una lente cilindrica che raccoglie una maggiore quantità di luce sulla detta fenditura [...]. Lo spettro della luce che è entrata per la lente cilindrica e per la fenditura e che è formato dal prisma composto si osserva con un cannocchialino posto dietro il detto prisma. Vi sono due lanterne, in una nella quale può porsi dell'alcol salato, e per mezzo di un prismettino posto avanti la fenditura fa vedere nel campo del cannocchialino la linea del sodio, alla quale si possono riferire le linee della luce che si analizza; l'altra lanterna deve contenere dell'olio, ed illumina una scala micrometrica che si vede illuminata in campo oscuro nel Cannocchialino con cui si osserva lo spettro. Vi è un pezzo [...] al quale si adatta tutto lo strumento con un movimento a baionetta, quando lo strumento si applica al Cannocchiale invece degli oculari ordinari. L'etichetta del costruttore,*

all'interno della custodia in legno, recita: *Officina di strumenti ottici e matematici diretta da G. Poggiali con l'assistenza scientifica dei professori G.B. Donati e T. del Beccaro.*

Esemplari di questo strumento furono venduti anche a Otto Wilhelm Struve (1819-1905), Annibale de Gasparis (cfr. Na.07) e Gaetano Cacciato, direttori rispettivamente degli osservatori di Pulkovo, Capodimonte e Palermo. L'esemplare di Palermo si conserva tuttora; un altro si trova al Museo Galileo di Firenze. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: Lettera di Donati a Schiaparelli, Firenze, 13 aprile 1866, Archivio di Brera, Corrispondenza scientifica, fasc. 141, n. 39; MIOTTO ET AL. 1989; ABALAKIN 2009; CHINNICI 2000.

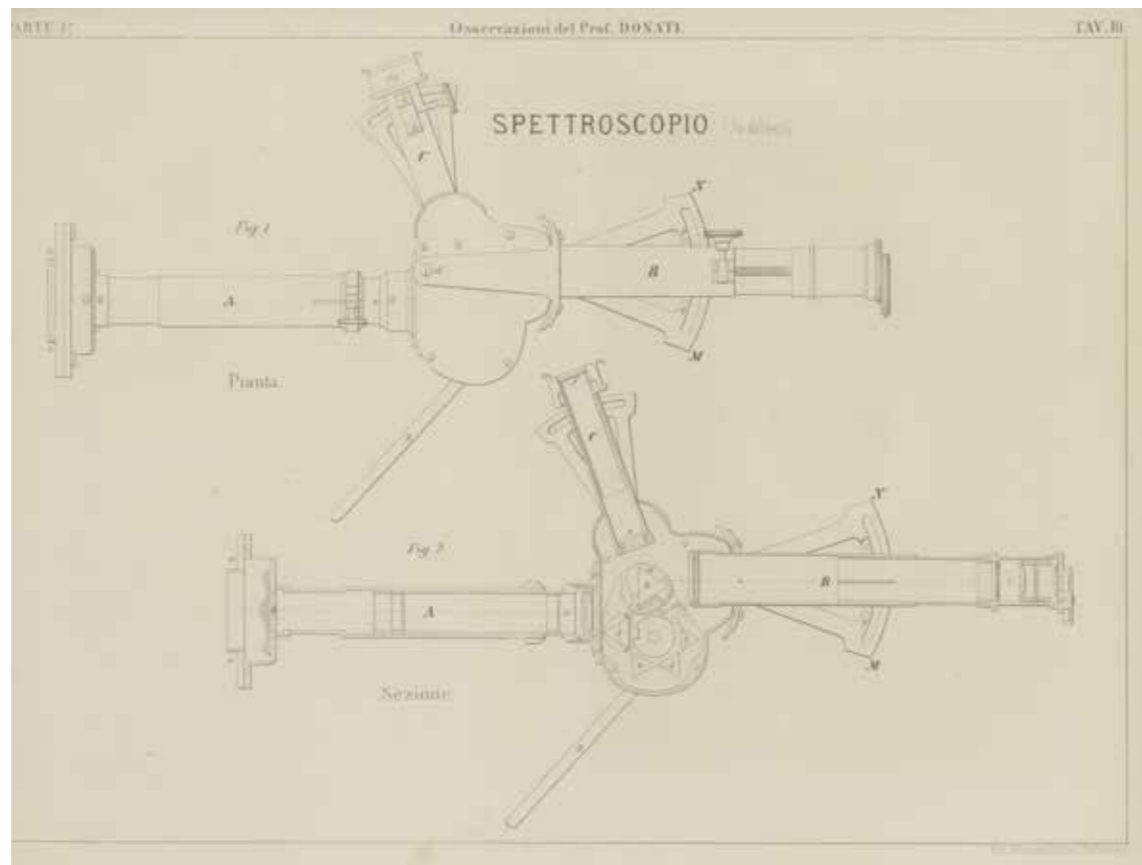
FI. 07. GIOVAN BATTISTA DONATI (1826-1873)

"Report of Prof. G.B. Donati, Director of the R. Observatory of Florence"

Published in "Rapporti sulle osservazioni dell'eclisse totale di sole del 22 dicembre 1870 eseguite in Sicilia dalla Commissione Italiana, Palermo: Stabilimento Tipografico Lao, 1872" (see Na. 11). (*Report on the observations of the total solar eclipse of December 22, 1870, made in Sicily by the Italian Committee, chaired by Prof. Giovanni Santini*) 214 p., ill., tav.; 331 mm tav. III, 331x241 mm INAF-Library of the Arcetri Astrophysical Observatory

Scheme of a six-prisms spectroscope drawn by Donati and presumably built by the *Officina Galileo* for the observations of the total solar eclipse of Dec. 22, 1870 (see Sect. 3). The spectroscope consists of a collimator (A) to be fixed to the telescope, having a slit at one extreme. On passing through the collimator, the light beam is dispersed by a system of six prisms of flint glass of high refractive index, and is refracted toward the observation telescope (B), which can be rotated perpendicularly to the optical plane of the instrument, but is positioned almost longitudinally to the telescope as in a direct-vision spectroscope. The last prism could be rotated independently or integrally with the telescope to explore various sections of the solar spectrum. An additional tube (C) carried a graduated glass scale that was projected by a lamp on the outer face of the last prism and reflected into the telescope. The spectroscope combined high dispersion with a good extension of the spectrum, being able to cover the range from the Fraunhofer C line in the red to the F line in the blue by simply rotating the observing telescope around its axis. In 1876 the instrument was presented to the "special loan collection of scientific apparatus" at the South Kensington Museum in London. It is currently held in the Museo Galileo in Florence. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: CACCIATORE 1872; SOUTH KENSINGTON MUSEUM 1877.



FI. 07. GIOVAN BATTISTA DONATI (1826-1873)

"Rapporto del prof. G.B. Donati, direttore del R. Osservatorio di Firenze" *Rapporti sulle osservazioni dell'eclisse totale di sole del 22 dicembre 1870 eseguite in Sicilia dalla Commissione Italiana, Comm. Prof. Giovanni Santini presidente / pubblicati a spese del R. Governo per cura del Cav. Prof. G. Cacciatore vice-presidente*, Palermo, Stabilimento Tipografico Lao, 1872 214 p., ill., tav.; 331 mm tav. III, 331x241 mm INAF-Osservatorio astrofisico di Arcetri, Biblioteca

Schema di uno spettroscopio a 6 prismi, ideato da Donati e presumibilmente realizzato dall'Officina Galileo, per le osservazioni dell'eclisse totale di Sole del 22 dicembre 1870 (cfr. Sez. 3). Lo spettroscopio è costituito da un collimatore (A) da fissare al telescopio recante al suo estremo una fenditura. Uscito dalla lente del collimatore, il raggio di luce passa per un sistema di sei prismi di vetro flint ad alto indice di rifrazione e viene rifratto verso il cannocchiale di osservazione (B) ruotabile perpendicolarmente al piano ottico dello strumento, ma posto quasi longitudinalmente al telescopio, come in uno spettroscopio a visione diretta. L'ultimo prisma poteva essere

ruotato indipendentemente o solidalmente al cannocchiale per esplorare varie porzioni dello spettro solare. Un ulteriore tubo (C) portava una scala graduata in vetro che, tramite una lampada, veniva proiettata sulla faccia esterna dell'ultimo prisma e riflessa nel cannocchiale. Lo spettroscopio combinava l'alta dispersione con uno spettro relativamente esteso, potendo spaziare dalla riga C di Fraunhofer nel rosso alla F nel blu, ruotando il cannocchialino intorno al suo asse. Nel 1876 lo strumento fu presentato alla *special loan collection of scientific apparatus* al Museo di South Kensington di Londra. Attualmente è conservato al Museo Galileo di Firenze. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: CACCIATORE 1872; SOUTH KENSINGTON MUSEUM 1877.

FI. 08. TWENTY-FIVE-PRISMS SPECTROSCOPE

Officina Galileo, Florence 1872  
tarnished brass, glass  
Florence, Museo Galileo, inv. 1396

This instrument consisted of 25 prisms, 16 of which being made of extra-dense flint glass. It used 3 series of direct-vision prisms (each consisting of 5 prisms), two positioned between the slit and the lens in the collimator (long tube) and one between the lens and the eyepiece of the telescope (short tube); nowadays only one survives. A spiral pattern with 10 flint glass prisms is located inside the main body of the instrument. Due to its high dispersive power, the instrument allowed to observe only a limited portion of the spectrum. Initially it was calibrated to observe the region of the Fraunhofer C line in the red part of the spectrum; after changing the internal layout, in June and July 1872 it was used to observe other lines, such as the D line in the yellow and the E in the green (belonging respectively to the spectrum of sodium and iron). In particular, in July 1872 Donati used a version with 20 prisms, probably obtained by removing one of the three series of direct-vision prisms. Even in this case, despite the reduced dispersion with respect to the full 25 prisms layout, the instrument allowed to observe at once only a portion of 50 Å of the spectrum. This instrument was presented by the *Officina Galileo* to the Universal Exhibition in Vienna in 1873. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: DONATI 1872a, 1872b; G.B. Donati, "Solar spectroscopic observations with the small equatorial, Fraunhofer objective and a 20-prism telescope, July 1872", manuscript, Historical archives of the Museo Astronomico e Copernicano, Fondo Donati.



FI. 08. SPETTROSCOPIO A 25 PRISMI

Officina Galileo, Firenze 1872  
ottone brunito, vetro  
Firenze, Museo Galileo, inv. 1396.

Lo strumento era costituito in totale da 25 prismi, di cui 16 di vetro "flint extra-denso". Tre serie di prismi a visione diretta (ciascuno composto da 5 prismi) erano utilizzate nello strumento, due poste fra la fenditura e la lente del collimatore (tubo lungo) ed uno fra la lente e l'oculare del cannocchialino (tubo corto); attualmente se ne conserva una sola. Una serie di 10 prismi flint è disposta a spirale nel corpo centrale dello strumento. Per il suo alto potere dispersivo, lo strumento permetteva di osservare solo una limitata porzione dello spettro. Inizialmente era calibrato per osservare la regione della riga C di Fraunhofer nel rosso; modificandone la configurazione interna, venne utilizzato in giugno e luglio 1872 per osservare altre righe, come la D nel giallo e la E nel verde (appartenenti rispettivamente allo spettro del sodio e del ferro). In particolare, nel luglio 1872 Donati ne utilizzò una versione a 20 prismi, probabilmente ottenuta rimuovendo una delle tre serie di prismi a visione diretta. Anche in questo caso, nonostante la dispersione fosse più ridotta rispetto alla versione a 25 prismi, lo strumento permetteva di osservare simultaneamente

una porzione dello spettro di soli 50Å. Lo strumento fu presentato dall'Officina Galileo all'Esposizione universale di Vienna del 1873. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: DONATI 1872a, 1872b; G.B. Donati, *Osservazioni Spettroscopiche del Sole fatte al piccolo Equatoriale, obiettivo di Fraunhofer, con uno spettroscopio di 20 prismi, luglio 1872*, ms., Archivio Storico del Museo Astronomico e Copernicano, Fondo Donati.



**FI. 09. REFRACTING TELESCOPE**  
Steinheil (objective), Munich 1858  
brass, wood, glass (objective: 108 mm  
diameter, 1620 mm focal distance)  
INAF-Arcetri Astrophysical Observatory,  
inv. Coll. Scient. e Museali n. 107005001

This telescope was purchased in autumn 1858  
by the German lithographer Ernst Wilhelm

Leberecht Tempel; it was initially equipped  
with a wooden tube and an especially crafted  
wooden mount, designed by Tempel and made  
in Venice at the beginning of 1859. From that  
year, Tempel used the telescope for his astro-  
nomical observations in Venice, Marseille and  
Milan. With it, Tempel discovered the Pleia-  
des nebula, 5 asteroids and 11 comets, among  
which C/1864 N1, the first comet to have been

observed spectroscopically by Donati (see Fi.  
04). Tempel brought this instrument with him  
when he moved to the Arcetri Observatory  
in 1875. After his death in 1889 the telescope  
was bought by the Observatory. The wooden  
tube was replaced with a brass one, and from  
the 1920s the instrument was used as a finder  
and guidance telescope for the Amici Equato-  
rial. The instrument was restored in 2008 and  
mounted on a wooden tripod kindly provided  
by the INAF Turin-Astronomical Observatory  
(the original mount being lost). The optical  
characteristics of the objective lens are identi-  
cal to those of the Fraunhofer telescope used  
by Donati for his solar spectroscopic observa-  
tions. [a.g., d.g., s.b.]

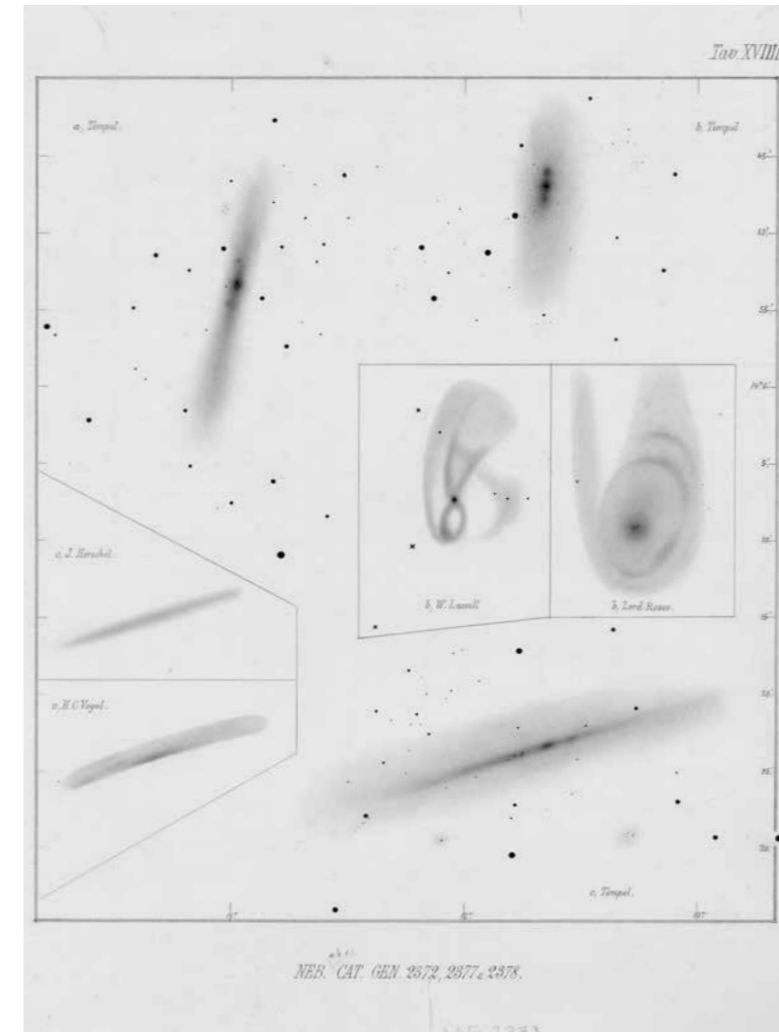
*Bibl.:* ABETTI 1901; BIANCHI ET AL. 2009, 2010.

**FI. 09. TELESCOPIO RIFRATTORE**

Steinheil (obiettivo), Monaco di Baviera 1858  
ottone, legno, vetro (obiettivo: diametro 108  
mm, focale 1620 mm)  
INAF-Osservatorio astrofisico di Arcetri,  
inv. Coll. Scient. e Museali n. 107005001

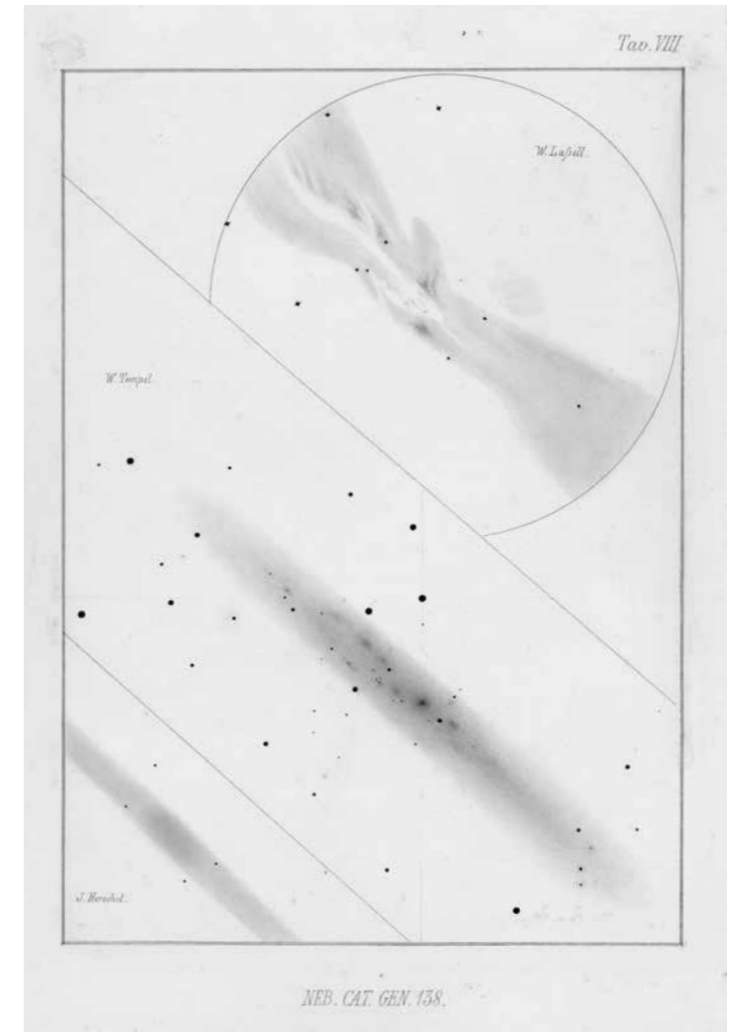
Acquistato dal litografo tedesco Ernst Wilhelm  
Leberecht Tempel nell'autunno 1858, il telesco-  
pio era inizialmente dotato di un tubo in leg-  
no, e di una montatura in legno di particolare  
disegno, ideata da Tempel e realizzata a Vene-  
zia all'inizio del 1859. A partire da quell'anno,  
Tempel utilizzò il telescopio per le sue osser-  
vazioni astronomiche a Venezia, Marsiglia e  
Milano. Con questo strumento Tempel scoprì  
la nebulosa delle Pleiadi, 5 asteroidi e 11 co-  
mete, fra cui la C/1864 N1, la prima cometa di  
cui fu osservato lo spettro, da Donati (cfr. Fi.  
04). Tempel portò con sé lo strumento quando  
fu assunto all'Osservatorio di Arcetri nel 1875;  
dopo la sua morte, nel 1889, il telescopio fu  
acquistato dall'Osservatorio. Il tubo in legno  
fu poi sostituito con uno in ottone e, a parti-  
re dagli anni '20 del XX secolo, il telescopio fu  
utilizzato come cercatore e guida dell'Equato-  
riale di Amici. Lo strumento è stato restaurato  
nel 2008 e montato su un treppiede in legno  
gentilmente concesso dall'INAF-Osservatorio  
astronomico di Torino (la montatura originale  
è dispersa). Le caratteristiche ottiche dell'o-  
biettivo sono identiche a quelle del telescopio  
Fraunhofer utilizzato da Donati per le sue os-  
servazioni spettroscopiche solari. [a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* ABETTI 1901; BIANCHI ET AL. 2009, 2010.



**FI. 10. ERNST WILHELM LEBERECHE  
TEMPEL (1821-1889)**  
Observations and drawings of nebulae  
manuscript, lithographs and drawings,  
Arcetri 1875-1880  
plate VIII. Neb. Gen. Cat. 138 [NGC253]  
plate XIX Neb. Gen. Cat. 2372, 2377 e 2378  
[Leo triplet: M65, M66 e NGC3628]  
lithographs, 230 x 300 mm  
INAF-Arcetri Astrophysical Observatory,  
Historical Archives, Tempel fond

The two lithographs were realized from  
drawings made by Wilhelm Tempel using  
the Amici I equatorial telescope of the Arcetri  
Observatory. They are part of a collection of  
22 plates with which Tempel won in 1880 the  
H.M. Umberto I Prize for Astronomy of the  
Royal Academy of the Lincei. The publication  
of this work was planned but never executed  
because of the difficulties met in reproducing  
the fine nuances of the drawings. Only the  
introductory text was published in 1885 in an  
expanded form under the title *Über Nebelfle-  
cken*. The objects represented in the drawings  
shown here are galaxies, large systems of stars



which appear to us as a faint nebulosity due to  
their distance. The first spectroscopic observa-  
tions of nebulae, made by William Huggins,  
showed that some of them had spectra similar  
to the stellar ones; thus, they are made of stars  
and are called galaxies, to distinguish them  
from true nebulae (see Fi. 11). [a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* TEMPEL 1885; HUGGINS 1864; CHIMIRRI ET  
AL. 2009.

**FI. 10. ERNST WILHELM LEBERECHE  
TEMPEL (1821-1889)**  
*Osservazioni e disegni di alcune nebule*  
manoscritto, litografie e disegni, Arcetri  
1875-1880  
tav. VIII. Neb. Gen. Cat. 138 [NGC253]  
tav. XIX Neb. Gen. Cat. 2372, 2377 e 2378  
[Tripletto del Leone: M65, M66 e NGC3628]  
litografie, 230 x 300 mm  
INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri,  
Archivio Storico, Fondo Tempel

Le litografie qui esposte sono tratte da disegni  
eseguiti da Wilhelm Tempel con il telescopio

equatoriale Amici I dell'Osservatorio di Ar-  
cetri. Fanno parte di una raccolta di 22 tavole  
con cui Tempel vinse nel 1880 il Premio di S.M.  
Umberto I per l'Astronomia dell'Accademia  
Reale dei Lincei. Ne era stata prevista la pub-  
blicazione, che però non fu mai realizzata per  
la difficoltà di riprodurre le fini sfumature dei  
disegni. Solo il testo introduttivo, ampliato, fu  
pubblicato nel 1885 con il titolo *Über Nebelfle-  
cken*. Gli oggetti rappresentati nei disegni qui  
mostrati sono galassie, ovvero grandi insiemi  
di stelle che ci appaiono come una nebulosità  
indistinta a causa della loro distanza. Le prime  
osservazioni spettroscopiche di nebulose, ef-  
fettuate da William Huggins, mostrarono che  
alcune nebulose presentano uno spettro simile  
a quello stellare; esse sono quindi costituite da  
stelle e denominate galassie, per distinguerle  
dalle nebulose propriamente dette (cfr. Fi. 11).  
[a.g., d.g., s.b.]

*Bibl.:* TEMPEL 1885; HUGGINS 1864; CHIMIRRI ET  
AL. 2009.

FI. 11. ERNST WILHELM LEBERECHE  
TEMPEL (1821-1889)

[Orion Nebula]  
Arcetri 1876  
pencil drawings, 340x260 mm, 165x125 mm  
INAF-Arcetri Astrophysical Observatory,  
Historical Archives, Donati fond

The drawings shown here represent two parts of the Orion Nebula observed by Tempel with the Amici-I telescope of the Arcetri Observatory. Before the observations, Tempel had marked on the paper the position of the stars as given by the micrometric measurements of G.P. Bond. Using these stars as reference, he drew the nebula during several nights of observation, from January to March 1876. The spectroscopic observations of this nebula conducted by Huggins showed the emission line spectrum typical of gases (see Fi. 05); today we call nebulae these large clouds of interstellar gas in our own Galaxy, the Milky Way. Tempel instead shared the traditional view that all nebulae were composed of stars and almost despised spectroscopic works, which he considered a kind of fad. The Irishwoman Agnes Clerke, chronicler of the development of the nascent astrophysics, criticized this attitude of Tempel (defining it "neither philosophic nor just") in an otherwise benign review of his work on *Nature*. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: BOND 1867; HUGGINS 1865, BRÜCK 2002;  
CLERKE 1886 (anonymous review, attributed  
thanks to a letter sent by the writer to  
Tempel on 11/12/1886; State Archives of  
Florence, Fondo Nobili, 20/d, n. 570).

FI. 11. ERNST WILHELM LEBERECHE  
TEMPEL (1821-1889)

[Nebulosa di Orione]  
Arcetri 1876  
disegni a matita, 340x260 mm, 165x125 mm  
INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri,  
Archivio, Fondo Tempel

I disegni qui esposti raffigurano due parti della Nebulosa di Orione osservata da Tempel con il telescopio Amici I dell'Osservatorio di Arcetri. Prima delle osservazioni, Tempel aveva segnato sul foglio la posizione delle stelle, indicate dalla misurazioni micrometriche di G.P. Bond. Usando queste stelle come riferimento, aveva poi disegnato la nebulosa durante varie notti di osservazione, dal gennaio al marzo 1876. Le osservazioni spettroscopiche di questa nebulosa condotte da Huggins mostrarono lo spettro



a righe di emissione tipico dei gas (cfr. Fi. 05); oggi chiamiamo nebulose questi oggetti costituiti da grandi estensioni di gas interstellare nella nostra Galassia, la Via Lattea. Tempel condivideva invece l'interpretazione tradizionale che tutte le nebulose fossero composte da stelle e quasi disprezzava i lavori spettroscopici ritenuti una sorta di moda passeggera. L'irlandese Agnes Clerke, cronista degli sviluppi della nascente astrofisica, criticò questo atteggiamento di Tempel (definendolo *neither philosophic nor just*) in una recensione comunque benigna dei suoi lavori su *Nature*. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: BOND 1867; HUGGINS 1865; BRÜCK 2002;  
CLERKE 1886 (recensione anonima, attribuita  
grazie alla lettera inviata dalla scrittrice a  
Tempel il 12/11/1886; Archivio di Stato di  
Firenze, Fondo Nobili, 20/d, n. 570).

FI. 12. URBANO LUCCHESI (1844-1906)

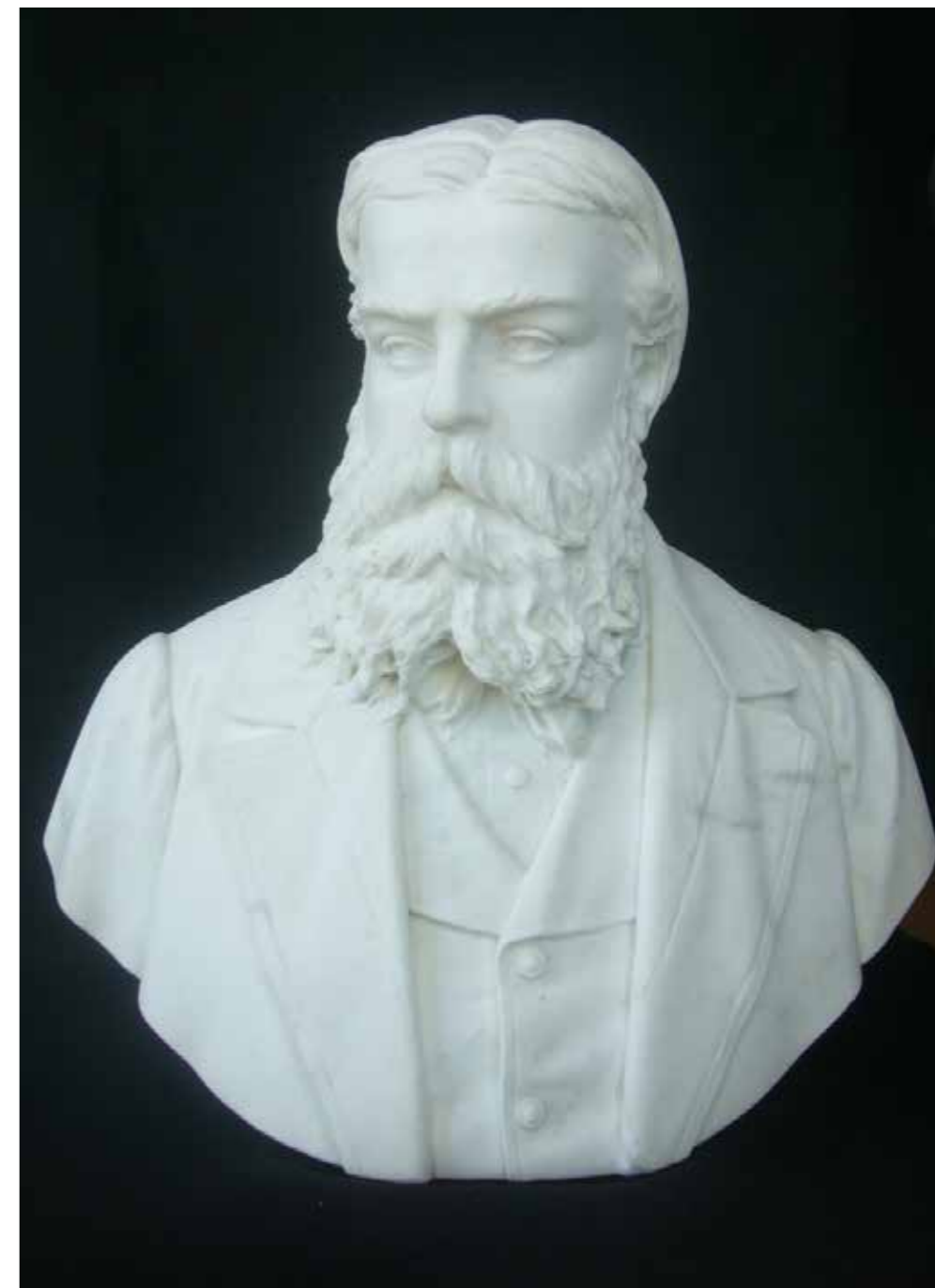
*Monument to the Astronomer,*  
*Prof. Giovambattista Donati, 1875*  
Carrara marble, 660x440 mm  
INAF-Osservatorio astrofisico di Arcetri,  
inv. Coll. Scient. e Museali n. 107005034

This marble bust of Donati was commissioned thanks to a public subscription in which astronomers, university and college professors, politicians and private citizens took part. It is one of the first works of Urbano Lucchesi, then a student of Giovanni Dupré (1817-1882) at the Academy of Fine Arts in Florence. Lucchesi later became artistic director of the Ginori porcelain manufactory at Doccia; he sculpted various statues dedicated to the Italian *Risorgimento*, especially in his native Lucca. Because of the vicissitudes of the Observatory, the bust was placed in Arcetri over 20 years after its completion. In 1899 it was placed over a door in the meridian hall of the Observatory. The remaining funds from the subscription were used for the construction of the Arcetri Solar Tower. In the 1960s it was held in storage at the Museum of the History of Science in Florence, where it was exposed in the telescopes hall. It has finally been brought back to Arcetri in June 2015 on the occasion of the *Starlight* exhibition. It bears the artist's signature and the year of making carved on its back. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: BIANCHI ET AL. 2015.

FI. 12. URBANO LUCCHESI (1844-1906)  
*Monumento all'Astronomo Prof. Giovambattista  
Donati, 1875*  
marmo di Carrara, 660x640 mm  
INAF-Osservatorio astrofisico di Arcetri,  
inv. Coll. Scient. e Museali n. 107005034

Il busto marmoreo di Donati fu realizzato grazie ad una sottoscrizione pubblica a cui parteciparono astronomi, professori di università e di istituti superiori, politici e privati cittadini. È una delle prime opere di Urbano Lucchesi, all'epoca allievo di Giovanni Duprè (1817-1882) all'Accademia delle Belle Arti di Firenze. Successivamente Lucchesi diventò direttore artistico della manifattura di ceramiche Ginori di Doccia; realizzò varie statue di tema risorgimentale, in particolare nella natia Lucca. A causa delle vicissitudini dell'Osservatorio, il busto fu collocato ad Arcetri oltre 20 anni dopo la sua realizzazione. Nel 1899 fu posto sopra una porta nella sala del meridiano dell'Osservatorio. I fondi rimanenti dalla sottoscrizione



dopo la realizzazione dell'opera furono utilizzati per la costruzione della Torre Solare di Arcetri. Negli anni '60 del XX secolo fu tenuto in deposito al Museo di Storia della Scienza, dove fu esposto nella sala dei telescopi. In occasione della mostra *Starlight* è stato definitivamente riportato ad Arcetri nel giugno 2015. Reca sul retro scolpita la firma dell'artista e l'anno di realizzazione. [a.g., d.g., s.b.]

Bibl.: BIANCHI ET AL. 2015.