



GIORNALE DI ASTRONOMIA

Rivista di informazione, cultura e didattica
della Società Astronomica Italiana



Fabrizio Serra editore
Pisa · Roma

Giugno 2018
Vol. 44° · N. 2

GIORNALE DI ASTRONOMIA

Rivista di informazione, cultura e didattica
della Società Astronomica Italiana

**Pubblicato con il patrocinio
della Camera dei Deputati**

Direttore responsabile: Fabrizio Bònoli

Il Comitato di redazione è composto
dal Consiglio Direttivo della S.A.It

www.bo.astro.it/sait/giornale.html

Per informazioni rivolgersi alla Segreteria della
Società Astronomica Italiana
Largo E. Fermi 5, I 50125 Firenze
tel. +39 055 2752270
sait@arcetri.astro.it

I lavori sottoposti per la pubblicazione (redatti secondo le
istruzioni riportate in terza di copertina) devono essere
inviati direttamente al Direttore:

Fabrizio Bònoli, Dipartimento di Fisica e Astronomia
Via Ranzani 1, I 40127 Bologna
tel. +39 051 2095701, fax +39 051 2095700
fabrizio.bonoli@unibo.it

Aut. del Tribunale di Roma del 15/1/1975 n. 155756

Pubblicazione trimestrale
Vol. 44° · N. 2 · Giugno 2018



Fabrizio Serra editore
Pisa · Roma

Sommario

Astronomia oggi

- 2 La funzione iniziale di massa stellare: universale o variabile? Implicazioni per l'evoluzione delle galassie
F. FONTANOT

Storia

- 7 Huygens e Cassini: appuntamento su Saturno, trecento anni dopo
A. CASSINI
16 La riscoperta dell'opera di Secchi sugli spettri prismatici
P. BONIFACIO

Cent'anni fa

- 20 D. RANDAZZO, I. CHINNICI (a cura di)

Cieli d'inchiostro (a cura di A. MANDRINO, M. GARGANO, A. GASPERINI)

- 23 Ricordando Angelo Secchi: *Cronaca della spedizione in Spagna per l'eclisse del 1860*
I. CHINNICI

Spigolature astronomiche (a cura di A. D'ERCOLE)

- 27 La temperatura di equilibrio
C. ELIDORO

Rubrica dei lettori

- 30 Marino Perissinotto. Un astrofilo d'altri tempi, un astrofilo di serie "A"
P. CAMPANER

Biblioteca (a cura di A. CAPPI)

- 33 V. BARONE, P. BIANUCCI, *L'infinita curiosità. Breve viaggio nella fisica contemporanea* (recens. di A. Simoncelli)
33 G. F. BIGNAMI, *Le rivoluzioni dell'universo. Noi umani tra corpi celesti e spazi cosmici* (recens. di G. G. C. Palumbo)
35 A. FROVA, *Luce. Una storia da Pitagora a oggi* (recens. di A. Cappi)
36 P. GRECO, *La scienza e l'Europa. Dal Seicento all'Ottocento* (recens. di G. G. C. Palumbo)
37 P. GRECO, *L'origine dell'universo* (recens. di M. Bellazzini)
38 S. KELLY, M. LAZARUS DEAN, *Endurance. Un anno nello spazio, una vita di scoperte* (recens. di M. Orlandi)
40 G. MONTANARI, *L'astrologia convinta di falso col mezzo di nuove esperienze, e Ragioni Fisico-Astronomiche, o sia la caccia del Frugnuolo* (recens. di S. Bianchi)
42 P. NATARAJAN, *L'esplorazione dell'universo. La rivoluzione che sta svelando il cosmo* (recens. di A. Adamo)

In copertina:

La nostra copertina, con il prisma obiettivo di padre Angelo Secchi e il suo libro *Le Stelle*, è dedicata al bicentenario della nascita del grande astrofisico.

Il prisma circolare fu costruito da Georg Merz su indicazione di Secchi. Veniva applicato davanti all'obiettivo del telescopio Cauchoix e, più tardi, dell'equatoriale di Merz, consentendo di ottenere degli spettri di grande ampiezza rispetto agli spettroscopi dell'epoca. L'opera *Le stelle* venne pubblicata a Milano nel 1877 ed è considerata testo fondamentale nella storia dell'astrofisica (INAF, Museo Astronomico e Copernicano, Roma; foto di M. Calisi). [Si vedano all'interno gli articoli di P. BONIFACIO e I. CHINNICI].

La funzione iniziale di massa stellare: universale o variabile?

Implicazioni per l'evoluzione delle galassie

Fabio Fontanot

INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste

L'EVOLUZIONE delle galassie rappresenta un problema complesso dalle molte sfaccettature. Queste rispecchiano la varietà di processi fisici che agiscono sulla componente barionica dell'universo, ovvero quella piccola frazione della sua densità (pari al 4% del totale) che corrisponde agli atomi di cui le stelle e i pianeti sono formati. Nonostante la sua esiguità, tale frazione costituisce una parte rilevante, non solamente perché include gli elementi chimici di cui siamo composti, ma anche perché è in grado di emettere fotoni e quindi ci permette di studiare la formazione e l'evoluzione delle grandi strutture cosmiche quali le galassie.

Il paradigma cosmologico più accreditato prevede che queste ultime si formino all'interno delle strutture (i cosiddetti aloni) di materia oscura (la forma di materia dominante dal punto di vista gravitazionale e corrispondente a circa il 23% della densità totale dell'universo). In questo articolo non discuteremo la natura di questa componente e la fisica alla base della formazione delle strutture cosmiche su larga scala, per cui rimandiamo ad altri interventi (si veda ad esempio, su questa stessa rivista, FONTANOT, 2011). Per i nostri scopi ci basterà rimarcare che le strutture di materia oscura si comportano, in prima approssimazione, come dei pozzi gravitazionali verso cui i barioni sono attratti e all'interno dei quali agiscono i meccanismi responsabili per la formazione stellare e galattica. Innanzitutto, i barioni cadono in un alone di materia oscura sotto forma di gas; le onde d'urto che accompagnano questo processo di accrescimento ne determinano un riscaldamento a temperature che possono raggiungere anche i milioni di kelvin. In queste tipiche condizioni di temperatura e densità il gas non si trova in uno stato stabile per cui inizia a raffreddarsi emettendo radiazione e cadendo verso il centro della buca di potenziale. Al centro dell'alone ci si aspetta dunque che il gas freddo si accumuli, aumentando progressivamente la propria densità fino a raggiungere le condizioni adatte (in termini di temperatura e densità) affinché gli atomi di idrogeno (l'elemento chimico più diffuso nell'universo) si combinino a formare molecole. Enormi complessi di gas molecolare sono chiamati "nubi molecolari" e sono comunemente osservati nella nostra Galassia. Le nubi molecolari sono considerate fondamentali nella teoria corrente della formazione stel-

lare, in quanto solo in queste regioni il gas può essere così denso ed opaco da assorbire la sua stessa radiazione ed iniziare nuovamente a riscaldarsi, condizioni indispensabili per l'avvio delle reazioni termonucleari. Una volta che la formazione stellare è innescata, iniziano ad essere attivi i cosiddetti fenomeni di *feedback*: questi includono tutti i processi radiativi tramite i quali la popolazione stellare appena formata modifica lo stato del gas che la circonda, riscaldandolo ed eventualmente contrastando il suo ulteriore raffreddamento. In particolare, le esplosioni di supernova, connesse alle ultime fasi di vita delle stelle massicce e/o binarie, sono il fenomeno più efficiente per distribuire energia e calore in regioni anche molto distanti dai propri siti di formazione, disperdendo allo stesso tempo gli elementi chimici (più pesanti di idrogeno ed elio) prodotti dalle reazioni termonucleari negli interni stellari. Il bilanciamento tra i processi di raffreddamento (che tendono ad aumentare la frazione di gas freddo) e quelli di riscaldamento (che tendono a diminuirli) instaura un regime detto di "autoregolazione" della formazione stellare.

Le nubi molecolari rivestono quindi un ruolo centrale nel processo di formazione stellare, che a sua volta, rappresenta una pietra angolare per lo studio della formazione delle galassie. Tuttavia, lo stato termico e chimico delle nubi molecolari e la loro evoluzione, sia nella fase precedente, sia durante la formazione stellare, sono aspetti ancora fortemente dibattuti nella comunità scientifica e i relativi dettagli controversi. Un punto fermo è la constatazione che le stelle non si formano in maniera isolata, ma ogni nube molecolare origina una cosiddetta "popolazione stellare", ovvero un insieme di stelle coeve (FIG. 1). Un ruolo chiave in questo processo è sicuramente giocato dalla "frammentazione" della nube, ovvero dal numero delle regioni ad alta densità al suo interno che andranno a formare i nuclei delle singole stelle. Questi nuclei non sono necessariamente tutti uguali, così come non lo saranno le stelle cui daranno origine. Ricordiamo che il parametro fondamentale che governa l'evoluzione stellare è la massa dell'oggetto (che determina il numero ed il tipo delle reazioni termonucleari che possono avvenire durante la sua evoluzione). La distribuzione in massa delle stelle appena nate racchiude, quindi, informazioni preziose per lo



FIG. 1. La più profonda immagine infrarossa della Nebulosa di Orione, ripresa dalla camera HAWK-I al VLT, mostra la regione di formazione stellare più vicina al Sistema solare. Lo studio della distribuzione delle stelle di diversa massa derivata tramite conteggi diretti di oggetti risolti è stata alla base degli studi della IMF per decenni. (dal sito NASA “Astronomical Picture of the Day”: <https://apod.nasa.gov/apod/ap160718.html>; crediti: ESO, VLT, HAWK-I, H. DRASS *et al.*)

studio dell’evoluzione sia della singola popolazione stellare, sia della galassia in cui si forma (intesa come combinazione di successive generazioni stellari). Questo estimatore statistico viene denominato “funzione iniziale di massa stellare” o IMF (*initial mass function*).

L’IMF racchiude informazioni critiche per le teorie di formazione galattica in quanto regola la frazione di stelle massicce (qui definite come stelle che terminano la propria evoluzione come supernovae) associata ad ogni episodio di formazione stellare. Essendo le stelle massicce i maggiori contributori al riscaldamento del gas freddo (sia nella fase radiativa, sia nella fase di supernova), queste giocano un ruolo prominente nel processo di autoregolazione della formazione stellare cui abbiamo accennato in precedenza. Inoltre, le stelle massicce sono i principali “inquinatori” di metalli dell’universo. Escludendo, infatti, alcuni elementi leggeri formati in seguito alla nucleosintesi primordiale, senza la formazione stellare, l’universo sarebbe formato solamente da idrogeno ed elio. Sono le reazioni termoneucleari all’interno delle stelle a determinare la sintesi degli elementi più pesanti (compresi, ad esempio, quelli alla base degli amminoacidi, tanto importanti per lo sviluppo della vita sulla Terra). Tuttavia, solamente gli elementi prodotti dalle stelle massicce vengono rilasciati nell’ambiente circostante durante le esplosioni di supernova e possono essere incorporati in successive generazioni di stelle. Al contrario, gli elementi prodotti dalle stelle di bassa massa sono confinati all’interno delle stesse, la cui aspettativa di vita è superiore all’età dell’universo. La frazione di stelle di bassa massa è ovviamente anch’essa determinata dall’IMF ed è un altro parametro importante per l’evoluzione galattica, in quanto determina la frazione di massa bloccata e

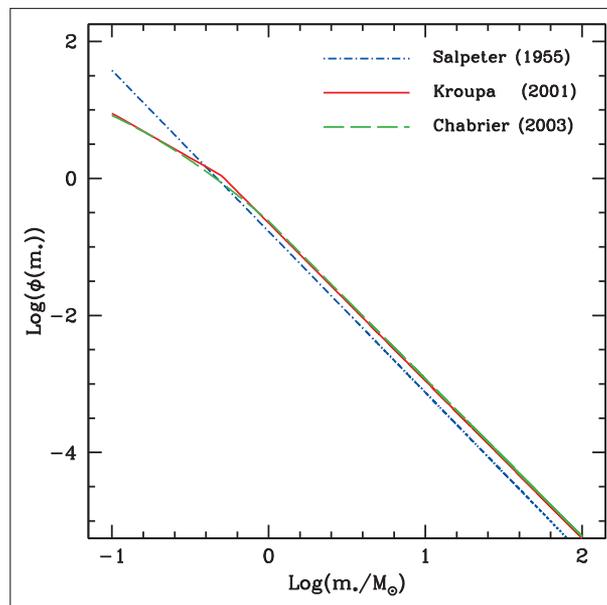


FIG. 2. Funzioni iniziali di massa stellare nella Via Lattea. Nonostante la viva discussione su quale forma funzionale sia più adatta a descrivere questa proprietà statistica, gli esperti concordano sulla sua invarianza nelle regioni di formazione stellare appartenenti al disco della nostra galassia.

non più disponibile per successive generazioni di stelle.

Da quanto detto risulta chiara la rilevanza della forma dell’IMF sia, in modo diretto, per la comprensione dei processi di formazione stellare (quindi su scale – astronomicamente parlando – piccole), sia, in modo indiretto, per la descrizione dell’evoluzione delle strutture stellari su larga scala, quali le galassie. Inoltre, ha implicazioni non banali anche per lo studio dei pianeti extrasolari. Infatti, molti studi mostrano come la probabilità di trovare un sistema planetario attorno ad una stella, il numero di corpi che lo compongono e le sue proprietà dinamiche siano in qualche modo legate al tipo spettrale. Dal punto di vista più filosofico, inoltre, e a giudizio dello scrivente, l’evoluzione “storica” della nostra comprensione di questa quantità statistica mostra chiaramente come i paradigmi scientifici possano cambiare a seguito di diverse e più approfondite osservazioni, ed è un buon esempio di come funzioni il metodo scientifico nella pratica.

Nella seconda metà del secolo passato, la forma dell’IMF è stata determinata tramite conteggi diretti di stelle associate a regioni di recente formazione stellare (FIG. 1). Nonostante un vivace dibattito su quale forma funzionale fosse la più indicata per descriverne la distribuzione (si veda FIG. 2 per un confronto tra le proposte più popolari; per un approfondimento si rimanda il lettore alla recente *review* KROUPA, 2013) e, in particolare, per la coda a basse masse, tutte le regioni appartenenti al disco stellare della Via Lattea sembravano implicare una IMF dalle proprietà molto simili. Questo risultato portò all’affermarsi della nozione della “universalità” della IMF che si postulò essere la stessa per ogni evento di

formazione stellare, in ogni galassia ed in ogni epoca cosmica. Questa assunzione era del tutto logica, dal momento che mancava qualsiasi evidenza del contrario, e vista la varietà di regioni stellari nelle vicinanze del sistema solare. Tuttavia, va rimarcato che venne fatta “nonostante” l'impossibilità tecnica di utilizzare conteggi stellari diretti per regioni di formazione stellare in altre galassie e quindi di esplorare un intervallo di proprietà fisiche per le nubi molecolari più esteso di quello permesso dalla Via Lattea. Inoltre, per lo studio dell'evoluzione delle galassie, questo assioma era molto vantaggioso da un punto di vista teorico. Infatti, a favore dell'ipotesi opposta – ovvero l'idea che l'IMF potesse essere variabile in funzione di una qualche proprietà fisica – non c'era univoca e chiara indicazione né dai dati né dalla teoria. Per tutti questi motivi, per molti anni assumere ed utilizzare una IMF variabile in modelli di evoluzione galattica è stata vista come una soluzione “esotica” (per non dire un “trucco”), nonostante ci fossero evidenze (non decisive) che alcune osservazioni potessero favorire uno scenario di questo tipo.

La situazione è cambiata drasticamente nell'ultimo decennio, con l'avvento di nuove tecniche osservative, quali ad esempio le cosiddette *Integral Field Units*, che hanno permesso di mappare con maggiore accuratezza le proprietà dinamiche e/o spettroscopiche di regioni contigue di galassie vicine. Da un punto di vista dinamico (si veda ad esempio CAPPELLARI *et al.*, 2012) ci si è resi rapidamente conto di una discrepanza tra la massa totale necessaria a spiegare i moti interni alle galassie ellittiche con quella derivata a partire dalla distribuzione della luminosità osservata ed assumendo una IMF universale. Nel dettaglio, il rapporto tra la massa e la luminosità (rapporto M/L) delle galassie dalle stime dinamiche era diverso da quello atteso per una IMF universale. Fatto ancora più decisivo, la discrepanza rilevata non risulta essere costante nel campione di riferimento: in questo caso infatti si sarebbe potuta spiegare assumendo una IMF dalla forma diversa da quella di riferimento, ma comunque universale. Invece la deviazione osservata mostrava una chiara dipendenza dalle proprietà fisiche delle galassie del campione, e quindi suggeriva una variabilità dell'IMF. I rapporti M/L derivati dinamicamente sono tipicamente superiori rispetto a quelli previsti da una IMF universale. Si possono immaginare due scenari alternativi per spiegare questi risultati. Il primo scenario (detto in gergo *top-heavy IMF*) implica un deficit di luminosità e può essere ottenuto a partire da una IMF caratterizzata da una frazione di stelle massive più grande rispetto a quella della Via Lattea. Infatti, un numero maggiore di stelle massicce implica, di rimando, un numero minore di stelle che “non” terminano la loro vita come supernovae e che contribuiscono alla luminosità della galassia (che quindi cala). Lo scenario alternativo (detto in gergo *bottom-heavy IMF*) postula un eccesso di massa direttamente collegato ad una frazione maggio-

re di stelle di bassa massa rispetto alla IMF della Via Lattea.

I risultati ottenuti con lo studio delle masse dinamiche hanno ottenuto una conferma pressoché contemporanea da osservazioni spettroscopiche di galassie ellittiche (si veda ad esempio LA BARBERA *et al.*, 2013). Utilizzando dati ad altissima risoluzione, ottenuti con i più moderni strumenti, è stato infatti possibile vincolare le forma di ben precise caratteristiche spettrali che permettono di stabilire il rapporto tra il numero di stelle giganti e quelle di bassa massa (ovvero meno di metà della massa del nostro Sole). Il valore ottenuto mostra una deviazione rispetto al valore atteso per una IMF universale del tutto analoga a quella risultante dall'analisi dinamica. Anche in questo caso, inoltre, l'ampiezza della discrepanza non è costante nel campione, ma mostra una chiara dipendenza dalle proprietà fisiche della galassia sotto esame (in particolare dalla sua massa). In questo caso, lo scenario più favorevole risulta essere quello di una IMF *bottom-heavy*, che naturalmente predice un numero maggiore di stelle di bassa massa rispetto alla IMF osservata nel disco della Via Lattea.

Questa serie di osservazioni ha messo in difficoltà il paradigma dell'universalità della IMF, pur senza tuttavia dare chiare indicazioni su quali siano le proprietà fisiche ultimamente responsabili per la sua variabilità. La formazione stellare è infatti un processo locale e non si vede per quale motivo la IMF con cui si formano le stelle in una data epoca cosmica debba dipendere (o conoscere), ad esempio, la massa stellare totale dell'oggetto finale in cui le stelle si verranno a trovare (che dipende dalla sua complessa storia evolutiva). Con questo semplice argomento si può quindi comprendere come le dipendenze osservate della discrepanza dalle proprietà fisiche delle galassie siano da considerare degli indicatori indiretti e che la reale dipendenza sia più probabilmente legata alle proprietà locali delle regioni di formazioni stellari. Se questo è corretto, ci si aspetta inoltre che la IMF vari sia spazialmente che temporalmente, durante l'evoluzione cosmologica delle galassie, seguendo le variazioni spaziali e temporali delle proprietà fisiche rilevanti. La fondatezza della variabilità spaziale dell'IMF è già stata suggerita da osservazioni spettroscopiche di regioni indipendenti di galassie ellittiche (un esempio emblematico è il caso di M87: FIG. 3), che hanno dato indicazioni in favore di variazioni radiali della IMF. Per quanto riguarda la variabilità temporale, va rimarcato che tutti i test osservativi che abbiamo discusso possono misurare solamente la IMF “media” dell'oggetto sotto analisi, cioè non sono sensibili ad una eventuale evoluzione della IMF durante la storia di formazione stellare di una data galassia (attraverso i singoli episodi di formazione stellare).

Il livello di complessità che l'ipotesi di una IMF variabile implica per i modelli teorici, rispetto alla semplice ipotesi di IMF universale, è notevole. Come abbiamo già accennato, la variabilità della fra-

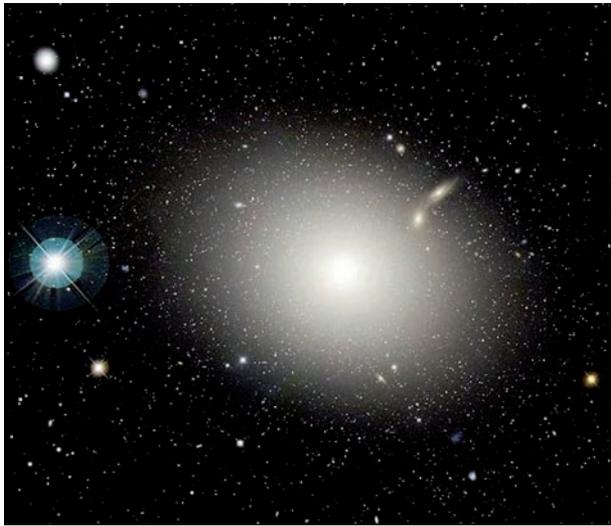


FIG. 3. Il prototipo di galassia ellittica gigante M87. Lo studio della dinamica delle popolazioni stellari di questi oggetti ha fornito i primi indizi osservativi sulla variabilità della IMF in galassie di diversa massa, poi estesi e confermati dagli studi spettroscopici, che hanno altresì dato indicazioni in favore di variazioni radiali. (dal sito NASA "Astronomical Picture of the Day": <https://apod.nasa.gov/apod/apo40616.html>; crediti: Canada-France-Hawaii Telescope, J.-C. Cuillandre (CFHT), «Coelum»)

zione di stelle massicce (e quindi di supernovae) associate ad una popolazione stellare altera il bilanciamento tra il raffreddamento e il riscaldamento del gas negli aloni di materia oscura, andando quindi a modificare l'evoluzione del tasso di formazione stellare lungo la storia della galassia. Le proprietà chimiche delle galassie saranno significativamente alterate rispetto al caso di una IMF universale, dal momento che le abbondanze relative delle diverse specie chimiche sono legate in maniera sostanziale al rapporto tra il numero di stelle nelle diverse classi spettrali. Questo è dovuto al fatto che la sequenza di reazioni termonucleari cui è soggetto un astro dipende principalmente dalla sua massa. Infine, la frazione di gas che rimane bloccato in stelle di bassa massa, e non più disponibile per successive generazioni di stelle, diventa anch'essa variabile lungo l'evoluzione delle singole galassie. Ma non sono questi gli unici aspetti su cui la possibilità di una IMF variabile va ad impattare. In generale, infatti, possiamo affermare che questa ipotesi ha un impatto profondo sulla nostra visione globale dell'evoluzione delle strutture cosmiche. Non va dimenticato, infatti, che la nostra comprensione delle galassie si basa principalmente sulla luce che da esse riceviamo. Ed è a partire da questi fotoni, attraverso modelli interpretativi, che cerchiamo di ricostruire la distribuzione delle proprietà fondamentali delle galassie (ad esempio la massa, il contenuto in gas e stelle, il tasso di formazione stellare etc.) e la loro evoluzione cosmologica. Il problema è che tutti i principali schemi interpretativi utilizzati finora assumono come assioma il fatto che la forma dell'IMF sia universale e che quindi tutti i parametri fisici da essa derivabili siano costanti. In questo contesto,

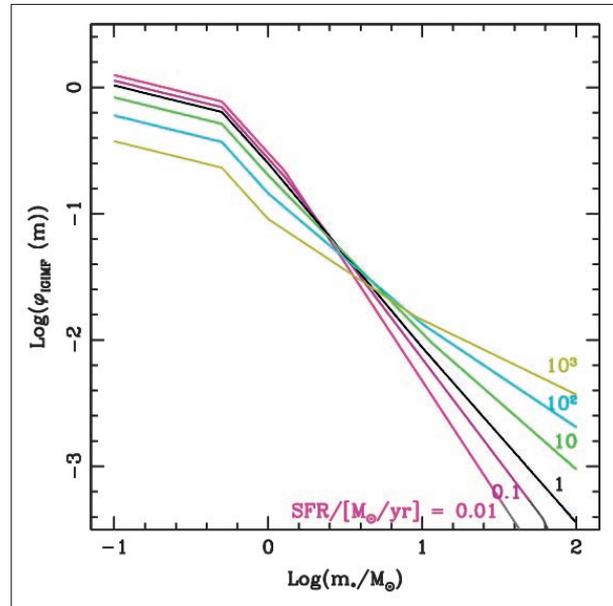


FIG. 4. Esempio di possibile variabilità della IMF in funzione del tasso di formazione stellare SFR. (adattato dal lavoro di WEIDNER et al., 2013)

ammettere una IMF variabile ci riporta quindi alla casella di partenza: possiamo fidarci solo dei fotoni, che osserviamo direttamente, e quindi possiamo usare solo le loro proprietà (ad esempio le funzioni di luminosità) per vincolare le predizioni di modelli teorici che implementino una IMF variabile.

Tutte queste considerazioni forzano un cambio di prospettiva non trascurabile, che si dovrà necessariamente accompagnare ad uno sforzo sia osservativo che teorico. Il maggior ostacolo giace ovviamente nel fatto che a tutt'oggi non è per nulla chiara la natura fisica della variabilità della IMF e le sue dipendenze dalle proprietà sia della regione di formazione stellare sia della galassia ospite. Diverse teorie sono state avanzate in letteratura ed ovviamente sono sotto indagine da parte della comunità per comprenderne la validità da un punto di vista fisico. La FIG. 4 mostra una delle possibili variazioni proposte per la IMF (in questo caso in funzione del tasso totale di formazione stellare – SFR, *star formation rate* – della galassia ospite) e dimostra come sia possibile ottenere delle forme funzionali anche molto diverse tra loro, da applicare ad oggetti diversi o a diverse fasi evolutive della stessa sorgente. Chi scrive lavora già da anni allo studio dell'effetto di tali teorie sull'evoluzione delle proprietà fisiche e chimiche delle galassie (si veda ad esempio FONTANOT et al., 2017). Alcuni risultati sono certamente molto promettenti. Ad esempio, modelli che assumono che la forma dell'IMF diventi *top-heavy* per eventi di formazione stellare molto intensi (o molto concentrati) riescono a spiegare in maniera naturale alcuni aspetti delle galassie che sono stati per molto tempo un problema nel quadro di una IMF universale. Tra questi vale la pena citare la distribuzione delle abbondanze relative dei cosiddetti elementi *alpha* (carbonio, ossigeno, magnesio, silicio,

calcio) rispetto al ferro, in funzione della massa stellare di una galassia, oppure i tempi scala di formazione delle galassie più massicce rispetto alle loro controparti più piccole. Altri aspetti sono tuttavia più difficili da interpretare e tutt'ora discussi nella comunità scientifica. Uno dei più affascinanti e che merita specifica menzione riguarda l'apparente contraddizione tra le abbondanze chimiche relative delle galassie più massicce, che come abbiamo visto sembrano preferire una IMF *top-heavy*, e i risultati spettroscopici, che ne favoriscono invece una di tipo *bottom-heavy*. Il fatto che i dati spettroscopici siano sensibili principalmente alla coda a basse masse dell'IMF e vincolino poco la coda ad alte masse risulta essere un altro pezzo interessante del *puzzle*.

In conclusione, non si può evitare di sottolineare come la variabilità dell'IMF non sia al momento ancora considerata come una conclusione assodata dalla comunità astrofisica e tutte le evidenze che la suggeriscono siano analizzate con la massima attenzione e con un pizzico di (ragionevole) scetticismo. Nonostante questo (o probabilmente proprio grazie a questo) il numero di osservazioni coerenti con uno scenario di IMF variabile continua ad aumentare. Questo atteggiamento non fa che eviden-

ziare la grande importanza che l'argomento riveste per la nostra conoscenza dell'evoluzione delle strutture cosmiche.

Referenze bibliografiche

- M. CAPPELLARI *et al.*, *Systematic variation of the stellar initial mass function in early-type galaxies*, «Nature», 2012, pp. 484-485.
- F. FONTANOT, *L'epoca di formazione delle Galassie*, «Giornale di Astronomia», 37, n. 1, 2011, pp. 3-7.
- F. FONTANOT, G. DE LUCIA, M. HIRSCHMANN, G. BRUZUAL, S. CHARLOT, S. ZIBETTI, *Variations of the initial mass function in semi-analytical models: implications for the mass assembly and the chemical enrichment of galaxies in the GAEA model*, «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 464, 2017, p. 3812.
- F. LA BARBERA *et al.*, *SPIDER VIII - constraints on the stellar initial mass function of early-type galaxies from a variety of spectral feature*, «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 433, 2013, p. 3017.
- P. KROUPA *et al.*, *The Stellar and Sub-Stellar Initial Mass Function of Simple and Composite Populations*, in *Planets, Stars and Stellar Systems*, vol. 5, eds. T. D. Oswalt, G. Gilmore, Springer, Dordrecht, 2013, pp. 115-242.

Fabio Fontanot, nato a Palmanova (UD) il 2 aprile 1977, si laurea in Fisica nel 2002 e consegue il Dottorato di ricerca nel 2006 presso l'Università di Trieste. Dopo varie esperienze post-dottorato, in particolare ad Heidelberg, sia al *Max-Planck-Institute für Astronomie* che all'*Heidelberger Institut für Theoretische Studien*, è rientrato in Italia ed attualmente lavora come Ricercatore presso l'Osservatorio Astronomico di Trieste.

Huygens e Cassini: appuntamento su Saturno, trecento anni dopo*

Anna Cassini



FIG. 1. Giovanni Domenico Cassini, olio su tela, di autore ignoto, ca. 1660. (Ventimiglia, Civica Biblioteca Aprosiana)



FIG. 2. Christiaan Huygens, ritratto da Caspar Netscher durante un soggiorno all'Aja, 1671. (L'Aja, Museo Municipale)

Ecco gli eroi della nostra storia, Giovanni Domenico Cassini e Christiaan Huygens, due grandissimi protagonisti dell'astronomia del Seicento, quasi coetanei, essendo nati il primo nel 1625, il secondo nel 1629. La missione intitolata ai loro nomi li accomuna, ma nella realtà essi furono profondamente lontani per origine, ambiente familiare, per studi ed educazione. Due personalità scientifiche e due caratteri così diversi che quasi si compensano a vicenda, chiamati dai loro paesi di origine a Parigi per condurvi le ricerche più avanzate nel campo delle conoscenze scientifiche, in particolare dell'astronomia, secondo i programmi di lavoro che si prefiggeva l'Académie des Sciences, da poco fondata.

Cassini, come egli stesso racconta nella sua autobiografia, nasce a Perinaldo, un bellissimo antico

borgo aggrappato ai dirupi scoscesi dei monti liguri di Ponente, in una famiglia tra le notabili del paese, non nobile, ma di piccoli proprietari terrieri. C'è uno zio notaio, che accoglie in casa sua il piccolo Giovanni Domenico e provvede alla sua prima educazione, che poi prosegue nel vicino paese di Vallobona alla scuola di retorica tenuta dal Parroco ed infine si completa a Genova, presso il celebre Collegio dei Gesuiti, dove il giovane compie l'intero ciclo di studi previsto dalla *Ratio Studiorum*.

Egli si distingue per la vivacità dell'intelligenza, la prontezza nell'apprendere e la passione con cui si dedica soprattutto allo studio della fisica e della matematica e viene notato da uno scienziato genovese, Giambattista Baliani, astronomo e corrispondente di Galileo ed anche personaggio influente nella vita politica cittadina. Baliani appartiene alla nobiltà genovese e guida e introduce Cassini negli ambienti più elevati, socialmente e culturalmente. Si aprono così per il giovane perinaldese, che ha ventiquattro anni, orizzonti nuovi e decisivi per il suo futuro: il trasferimento a Bologna con l'appoggio del marchese Cornelio Malvasia, astronomo dilettante e se-

* Questo articolo è tratto dal contributo dell'Autrice al Congresso "Missione Cassini - Huygens: gran finale", svoltosi a Sanremo il 5 e 6 ottobre 2017. Le due giornate sono state organizzate dall'Associazione Culturale "Stellaria" (www.astroperinaldo.it), in collaborazione con Agenzia Spaziale Italiana, Comune di Sanremo e Casinò di Sanremo.



FIG. 3. La meridiana tracciata da Cassini sul pavimento della Basilica di San Petronio a Bologna, 1655.

natore del governo bolognese, e, grazie ancora al Malvasia, l'assegnazione della Lettura di Astronomia presso la famosa Università di Bologna.

Il prestigio di appartenere al corpo insegnante dell'antico *Studium* consentiva l'ingresso negli ambienti esclusivi della nobiltà e la frequentazione di personalità famose nel campo delle lettere e delle scienze, ciò che avvenne puntualmente anche per Cassini, che dal canto suo aveva già imparato ad intrattenere rapporti accattivanti ed ossequiosi e ad individuare circostanze e persone che potessero influire positivamente sulla sua carriera.

Nel 1652, dalla specola della villa Malvasia a Panzano presso Modena, osserva la cometa che appare nella notte di Natale e pubblica la sua prima opera astronomica, il volume *De Cometa Anni 1652 & 1653*, dedicandola al duca di Modena Francesco d'Este. Subito dopo, però, il suo interesse si rivolge ad un problema molto complesso e dibattuto da tempo dagli astronomi: lo studio approfondito delle grandezze solari, non ancora calcolate con sufficiente esattezza per la mancanza di strumenti adeguati. In questa occasione il giovane Cassini, rivelando grande perspicacia e sottigliezza di ingegno, progetta un grande strumento «per misurare il Sole» e lo chiamerà infatti *heliometro*. Nel solstizio di estate, il 21 e 22 giugno 1655, egli traccia sul pavimento della basilica di San Petronio a Bologna la grande meridiana, che desta subito stupore e ammirazione in città e gli darà presto notorietà non solo in Italia, ma anche in



FIG. 4. Constantijn Huygens e i suoi figli, ritratto di famiglia dipinto da Adriaen Hanneman, 1639. Il piccolo Christiaan è il primo in alto a destra. (L'Aja, Museo Mauritshuis)

ambito europeo. Ancora oggi è questa di Cassini la più grande meridiana a camera oscura nel mondo, con i suoi 67,27 metri di lunghezza. Il foro gnomonico, da cui entrano i raggi solari, si apre nella volta gotica della navata sinistra ad un'altezza di 27,07 metri dal pavimento (FIG. 3).

Nel breve arco di anni tra il 1655 e il 1660 Cassini è impegnato con la meridiana a studiare la rifrazione e il moto apparente del Sole, l'obliquità dell'eclittica e la verifica sperimentale della seconda legge di Keplero. La sua attività è intensissima, quasi frenetica, e si estende dallo studio dei pianeti, Marte, Giove e i satelliti medicei scoperti da Galileo, agli interventi di ingegneria e di idraulica nelle fortezze dello Stato della Chiesa, di cui Bologna fa parte, nei territori di confine con il Granducato di Toscana e soprattutto nel delta del Po. Non si rileva nei suoi scritti di questi anni un interesse per Saturno che vada al di là di qualche occasionale osservazione.

Al contrario, nella lontana Olanda, già da tempo Christiaan Huygens esplorava il grande e misterioso Saturno con il suo telescopio; Huygens giovanissimo, ma già considerato come la mente scientifica più raffinata in Europa.

Huygens nasce nel 1629 a Den Haag, oggi L'Aja, in una famiglia di altissima condizione sociale. Il nonno, del quale egli perpetua il nome, era stato Segretario di Stato della Casa regnante degli Orange; il padre, Constantijn, è il Segretario particolare del principe William d'Orange. Il nonno era stato un famoso latinista; il padre è letterato, artista, musicista e poeta, anzi è considerato il maggior poeta viven-



FIG. 5. La casa della famiglia Huygens a Hofwjick, acquerello di Christiaan Huygens, ca. 1658. (Biblioteca dell'Università di Leida)

te nell'Olanda di quel tempo. La madre è anch'ella musicista e famosa pittrice. Le arti figurative, la musica, le lettere, la filosofia sono in famiglia pane quotidiano anche per i cinque bambini che nascono tra il 1627 e il 1637, dei quali Christiaan è il secondogenito. L'ultima è Susanna, ma la sua nascita è tristemente seguita tre mesi dopo dalla morte della madre (FIG. 4).

Il padre prende su di sé tutto l'impegno dell'educazione dei figli, che ricevono privatamente un'istruzione di eccezionale livello. È un padre amorosissimo, sollecito nell'aprire ai figli orizzonti culturali molto vasti anche al di fuori dell'Olanda. Egli intrattiene infatti una fitta corrispondenza con gli scienziati e i letterati più celebri in Europa. Tra essi, padre Marin Mersenne e il suo circolo culturale, Ismael Boulliau, gli inglesi della Royal Society e soprattutto René Descartes, con il quale si stabilisce una certa familiarità, perché è spesso ospite della famiglia Huygens, quando si trova in viaggio in Olanda, ed inoltre segue con particolare attenzione gli studi ed i progressi del giovane Christiaan. Il padre intuisce ben presto le straordinarie doti del suo secondogenito e ne andrà sempre orgoglioso. Nel diario in cui racconta quotidianamente le emozioni e gli avvenimenti familiari di tutta la sua vita, egli annota: «La musicalità di Christiaan è eccezionale...», e da un viaggio a Londra gli porterà in dono una costosissima viola da gamba, da unire al clavicembalo, al liuto e al violino, strumenti che egli suonava già benissimo.

Il bambino è un poco gracile e malaticcio, ma studia senza sforzo e con grande passione soprattutto la matematica e la fisica; costruisce piccoli mulini a vento e macchine e congegni in legno per studiare nella pratica le leggi della meccanica, che tanto lo affascina. Ben presto comincia a costruire anche telescopi con l'aiuto del fratello maggiore Constantijn e ad osservare il cielo, collocando lo strumento sul davanzale della sua finestra. La bella casa degli Huygens si trova fuori città, nel sobborgo di Hofwjick, e qui la vista può spaziare in ogni punto

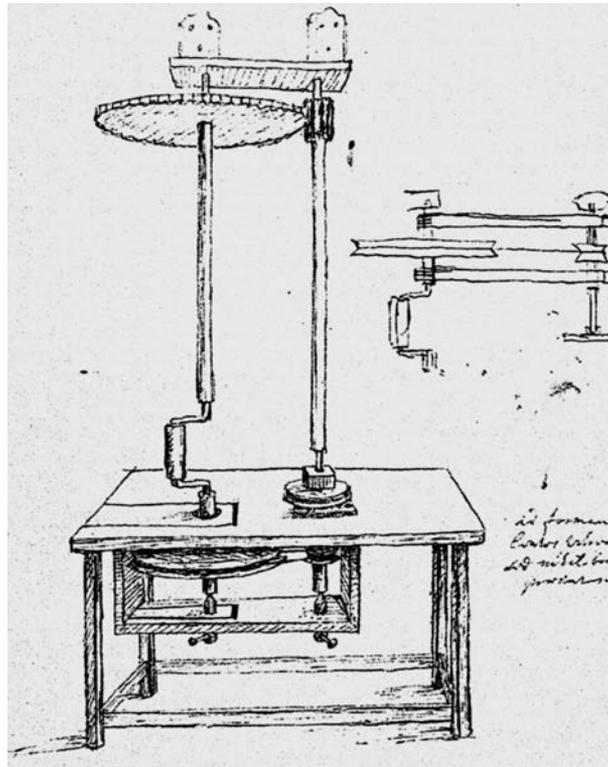


FIG. 6. Tornio costruito da Huygens per molare le lenti dei suoi telescopi. Disegno autografo di Huygens in una pagina del suo taccuino. (Biblioteca dell'Università di Leida, Codex. Hug., 28, fol. 38)

del cielo e dell'orizzonte (FIG. 5). Huygens costruisce anche alcuni modelli di tornio per molare e smerigliare le lenti dei telescopi (FIG. 6) e ancora più raffinata è la fabbricazione di lenti nelle quali egli, con la sua profonda conoscenza della diottrica ed applicandone le leggi opportunamente, riesce a ridurre al minimo il fenomeno dell'aberrazione cromatica. L'oculare composto in cui montava queste lenti pressoché perfette divenne noto come "oculare di Huygens" e si diffuse rapidamente in Europa.

Verso la metà del XVII secolo si andarono moltiplicando le osservazioni e lo studio di Saturno, che sembrava quasi prendersi gioco degli astronomi, presentandosi con forme sempre diverse e apparentemente incomprensibili. Singolo oppure "tricorporeo", come l'aveva definito Galileo. Talvolta appare allungato, talaltra rotondeggiante; a regolari intervalli di tempo può mostrare due appendici in forma di anse o manici o, come qualcuno aveva azzardato, addirittura di orecchie. L'enigma è grande e stimolante, anche per il fatto che neppure Galileo era riuscito a risolverlo. Huygens non tarda a raccogliere la sfida.

Nel 1656 egli dà alle stampe un volumetto, il *De Saturni Luna Observatio Nova*, in cui annuncia di avere individuato un satellite che descrive orbite ovali, spostandosi avanti e indietro attorno a Saturno, analogamente a quanto era stato già osservato per le lune di Giove. Lo chiama *medius*, riferendosi alla sua posizione rispetto al pianeta, ma oggi lo conosciamo con l'importante nome mitologico di Tita-

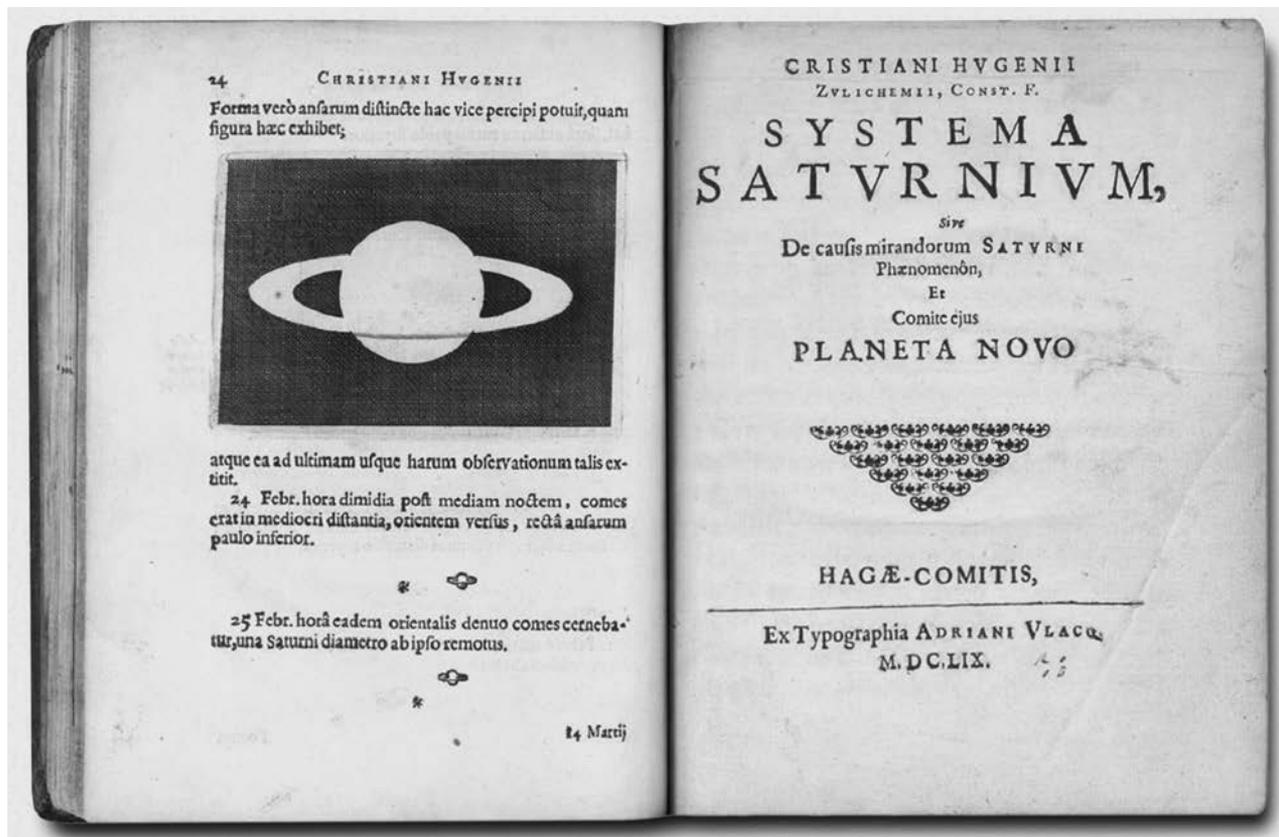


FIG. 7. Frontespizio del *Systema Saturnium*, 1659.

no. Nello stesso volumetto, seguendo ancora una volta le orme di Galileo per proteggersi da eventuali successive rivendicazioni, Huygens inserisce un anagramma in cui è celata la soluzione dell'enigma di Saturno, che nella sua mente egli ha già ben chiara ma che evidentemente vuole ancora indagare e perfezionare. E così passano altri tre anni di studio accanito nei quali, «pensando in grande e guardando con gli occhi della mente» e in una fase in cui le famose anse non si vedevano affatto, egli è giunto alla definitiva soluzione del «puzzle astronomico». Le successive osservazioni al telescopio gli confermeranno poi che soltanto la figura geometrica dell'anello poteva spiegare le misteriose apparenze.

Nel 1659, finalmente, Huygens decide di pubblicare i risultati delle sue fatiche. Il volume, *Systema Saturnium* (FIG. 7), esce in Olanda e non è soltanto la relazione delle tante osservazioni compiute, ma un vero e proprio trattato di cosmologia e di armonia celeste, in cui si pongono anche interrogativi filosofici oltre che cosmologici ed astronomici. Huygens suppone analogie tra il sistema di Saturno e la Terra con gli altri pianeti, e sostiene che questo è un problema cosmico, che generalmente viene ignorato. Nel *Systema Saturnium* è contenuta anche la risoluzione dell'anagramma:

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.

Vale a dire che Saturno è circondato da un anello sottile, piano, che non tocca in nessun punto il globo ed è inclinato rispetto all'eclittica (FIG. 8).

CRISTIANI HVGENII
ZVLICHEMII, CONST. F.
SYSTEMA
SATURNIVM,
Sive
De causis mirandorum SATVRNI
Phænomenon,
Et
Comite ejus
PLANETA NOVO



HAGÆ-COMITIS,

Ex Typographia ADRIANI VLACQ,
M. DC. LIX.

Sul fatto che l'anello sia talvolta invisibile, Huygens respinge la possibilità che ciò avvenga a causa della sua sottigliezza. L'anello è sottile, egli sostiene, ma non così sottile da non avere uno spessore apprezzabile; ritiene piuttosto che, in determinate circostanze, il suo bordo non rifletta la luce del Sole.

Huygens dedica il *Systema Saturnium* al principe Leopoldo di Toscana, fondatore dell'Accademia del Cimento, e soprattutto a Firenze è grande l'impressione per la brillante soluzione dell'enigma di Saturno. Ma il consenso non è unanime, anzi si scatena una sfida per stabilire sia la validità della teoria proposta da Huygens, sia l'effettiva superiorità dei suoi telescopi. Per qualche tempo invidie e rivalità accesero gli animi; Huygens era osteggiato anche perché protestante e quindi considerato eretico dai cattolici più intransigenti, come il padre gesuita Honoré Fabri, scienziato nonché teologo della Penitenzieria Apostolica in Vaticano, che lo definì «Aristarco eterodosso». Con decisione magnanima il principe Leopoldo fece la scelta saggia di applicare alla lettera il motto dell'Accademia «provando e riprovando», fece costruire un modello del sistema di Saturno per riprodurne e studiarne i movimenti in opportune condizioni di illuminazione, che corrispondessero il più possibile a quelle reali. Il risultato di questo esperimento confermò l'esattezza del metodo e dei calcoli proposti da Huygens. Di questa verifica purtroppo non è rimasta relazione ufficiale perché il Principe decise di non pubblicarla nei Saggi dell'Accademia, preferendo che rimanesse

nell'ambito di un fatto privato e confidenziale. La polemica, infatti, aveva assunto una connotazione politica troppo violenta, tanto che Huygens stesso preferì rinunciare al dibattito e ritirarsi in silenzio. Questa vittoria consolidò comunque la sua fama in Europa cosicché, pochissimi anni più tardi, quando a Parigi prese corpo il progetto di Luigi XIV di farne il centro della cultura scientifica europea, Huygens fu tra i primi ad essere chiamato a far parte della nuova Académie des Sciences.

Egli giunse a Parigi nel maggio del 1666, chiese ed ottenne uno stipendio di 6000 franchi, l'alloggio, la carrozza, due cavalli, un domestico e un cocchiere, e gli fu offerto di abitare nel palazzo di Rue Vivienne, di proprietà del figlio di Jean-Baptiste Colbert, Ministro delle Finanze, dove aveva sede la Bibliothèqu du Roi di cui Pierre de Carcavy era presidente. E proprio in quella sede, il 22 dicembre 1666, ebbe luogo la prima riunione dell'Académie, alla quale Huygens prese parte insieme ai "cervelli" della scienza francese: Buot, Auzout, Frénicle, Picard, Roberval e Carcavy.

Non pare che, una volta trasferito in Francia con un contratto stabile di lavoro, egli desiderasse ampliare le sue conoscenze o prendere parte alla vita mondana, considerando il fatto che sin dall'infanzia era stato abituato a frequentare le classi sociali più elevate. Al contrario, coltivava pochissime amicizie: i fratelli Perrault, in particolare Claude, l'architetto dell'Observatoire, e alcuni colleghi dell'Académie, come Edme Mariotte e Adrienne Auzout. Per un certo tempo frequentò assiduamente la casa di Pierre Petit, Sovrintendente alle Fortificazioni. Dalle lettere inviate in Olanda ai fratelli, con i quali manteneva contatti costanti e confidenziali, si può arguire che Huygens si fosse innamorato di una delle giovani figlie di Petit, Marianne, che l'aveva colpito per la bellezza e il talento musicale. Le fece anche un ritratto, molto ben riuscito a suo dire, e lo regalò al padre di Marianne, ma dopo poco tempo la relazione deve essersi interrotta improvvisamente, perché nelle lettere non ve ne è più traccia. Huygens non si sposò, non ebbe una famiglia sua, ma conservò legami affettuosi e intensissimi col padre e con i fratelli, tanto da interrompere spesso i soggiorni a Parigi per restare sempre più a lungo in Olanda. Alla sera, dopo un breve saluto ai suoi vicini di casa Carcavy, si ritirava nella sua stanza a leggere o a giocare a backgammon, ma la maggior parte del tempo lo dedicava allo studio, riempiendo pagine e pagine di schizzi, disegni e formule matematiche. Questi suoi manoscritti, raccolti in 22 grossi volumi conservati nella Biblioteca dell'Università di Leida, dove Huygens da giovane aveva seguito lezioni di fisica e di legge, contengono testi

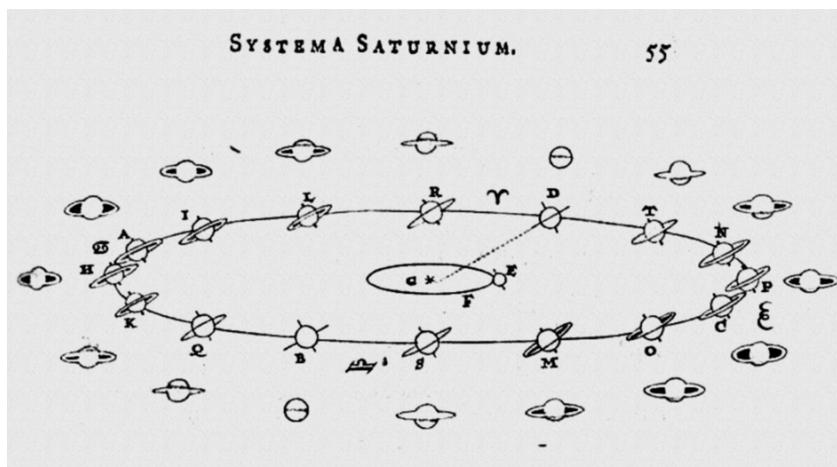


FIG. 8. Diagramma disegnato da Huygens per spiegare le apparenze dell'anello di Saturno. In: *Systema Saturnium*, 1659.

ordinatissimi di astronomia, di fisica, di ottica, di meccanica, studi sulla gravità, sulla misura del tempo, sulle correnti, sull'urto dei corpi, sulla forza cinetica, sulla luce. Qua e là le pagine mostrano tratti incomprensibili come scarabocchi, come se la mano non fosse riuscita a tener dietro alle frenetiche corse dell'intelligenza e del pensiero. Un "genio solitario", come hanno scritto i suoi biografi, in cui la depressione cominciava a minare anche la salute del corpo. La malattia, che condizionò pesantemente i suoi ultimi anni, aveva avuto origine quasi certamente nel trauma legato alla perdita di una persona molto amata, cioè la morte della madre quando era bambino.

Nella primavera del 1669 arriva a Parigi Giovanni Domenico Cassini, chiamato anch'egli dal Re tramite il suo lungimirante ministro Colbert per far parte dell'Académie, ma soprattutto per seguire la costruzione dell'Observatoire da poco iniziata. L'anno precedente, 1668, erano state pubblicate a Bologna le *Ephemerides Bononienses Mediceorum Syderum*, che rappresentano probabilmente l'opera più nota ed importante dell'astronomo perinaldese.

Le *Ephemerides* di Cassini ebbero subito grande notorietà tra gli astronomi perché rappresentavano il punto di arrivo di studi e ricerche iniziati fin dal tempo di Galileo, ma a tutti apparve chiara anche l'importanza pratica di poter facilmente calcolare le longitudini, cioè le coordinate geografiche di qualsiasi punto della Terra calcolando i tempi di eclissi dei satelliti di Giove, le cosiddette "stelle medicee". A Colbert non poteva quindi sfuggire l'enorme utilità di poter correggere le carte nautiche e allestirne di nuove, più precise e più sicure e, di conseguenza, la necessità di avere Cassini a Parigi. Le trattative per questo trasferimento sono lunghe e laboriose, perché gli impegni accademici e istituzionali di Cassini a Bologna e, a più largo raggio, anche nello Stato della Chiesa non gli consentirebbero di allontanarsi, ma alla fine prevalgono le sostanziose offerte francesi e soprattutto il "desiderio" di Luigi XIV che è in pratica un'imposizione.

come era successo per Hevelius. Anche Huygens scrive al fratello:

[...] il Signor Cassini ha scoperto per primo due compagni di Saturno ... non tralascia di osservare il cielo in tutte le notti chiare [...] io non potrei assoggettarmi a tutto ciò, accontentandomi delle mie vecchie scoperte, che valgono di più di tutte quelle che sono state fatte in seguito [...].

Ma non c'è superbia nelle sue parole, e nemmeno ironia. Egli sembra piuttosto ben consapevole della propria statura scientifica, ma anche dell'inevitabile isolamento al quale conduce l'autonomia del pensiero.

L'anno 1673 è un anno particolare per entrambi, sia sul piano professionale che su quello personale. Infatti, la *Découverte* di Cassini deve rappresentare, alla luce della politica di Colbert, non solo un omaggio al Re ed alla sua generosità, ma anche la validità degli investimenti fatti dal governo francese per il progresso e la gloria di tutto il Paese. Pertanto, anche ad Huygens, l'altro famoso straniero chiamato a Parigi, si richiede di presentare un'opera di grande peso scientifico e di altrettanto impatto popolare. Egli deve così dare alle stampe, in quello stesso anno, un lavoro al quale aveva dedicato quasi vent'anni di studi di meccanica teorica, sempre alla ricerca di un orologio perfetto, senza mai decidersi a pubblicarlo. Si tratta del famoso *Horologium oscillatorium*, cioè quello che conosciamo come orologio a pendolo, che consentiva di avere accuratissime misure del tempo. Come scrive al matematico olandese Frans Van Schooten, suo antico maestro ed amico, Huygens si dedicava con passione a perfezionare i meccanismi per ottenere un orologio che sopportasse il beccheggio delle navi e potesse così essere usato anche in navigazione e gli sembrò di essersi molto avvicinato alla soluzione del problema. Per la Francia di quel tempo, in espansione territoriale e commerciale, voleva dire viaggiare più in fretta e con maggiore sicurezza nello spazio infinito del mare. Ma il sogno di Huygens si realizzò soltanto un secolo dopo, ad opera dell'inglese John Harrison, che costruì il primo cronometro da marina. Sul piano personale, per Cassini il 1673 significò ricevere dal Re la naturalizzazione francese e chiamarsi ufficialmente "Jean-Dominique", anche se continuò poi sempre a firmarsi col nome italiano. Verso la fine dell'anno, alla presenza del Re e di Colbert, egli sposò Geneviève Delaistre, una giovane di famiglia nobile, molto vicina alla Corte. Cassini continuò ad abitare con la moglie nell'appartamento al primo piano dell'Observatoire e li nacquero i figli. Al contrario, per Huygens fu un anno tristissimo, per la piega feroce che aveva preso la politica francese contro i protestanti e per la guerra voluta da Luigi XIV contro l'Olanda. Come era avvenuto per Cassini con la presentazione al Re del suo magnifico volume, ricolma di lodi e di omaggi, anche ad Huygens Colbert richiese che l'*Horologium oscillatorium* avesse una dedica altrettanto elogiativa. Pa-

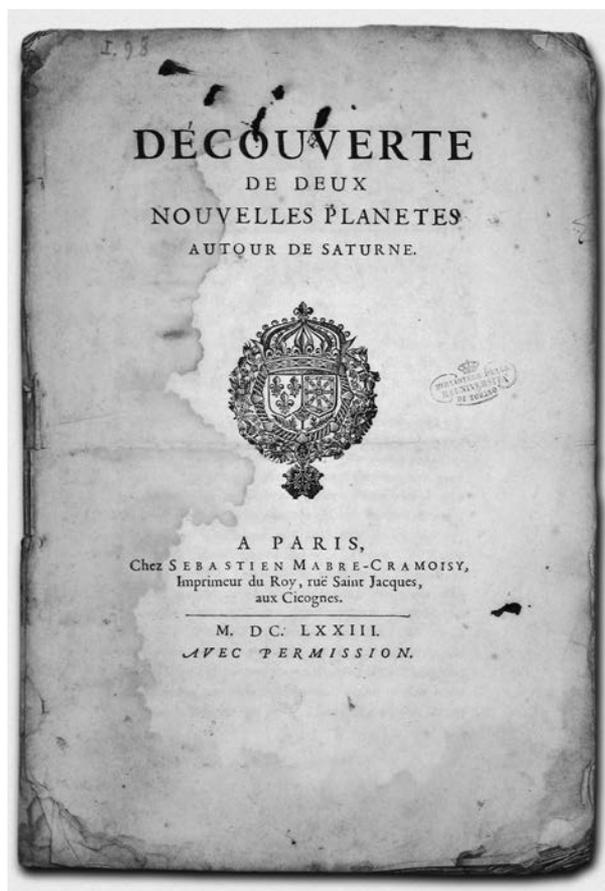


FIG. 10. Frontespizio del volume *Découverte de deux nouvelles planètes autour de Saturne*, 1673.

re che Huygens facesse qualche resistenza, tanto che il ministro volle conoscere in anticipo il testo della presentazione e da questa prepotente scorrettezza l'orgoglioso olandese si sentì profondamente umiliato, come confidò in una lettera al fratello, e decise di ritornare per qualche tempo a casa. La sua depressione andava sempre più peggiorando né poteva lasciarlo indifferente la visione del suo paese invaso dall'esercito nemico, le violenze, le colture distrutte, i terreni allagati con la rottura delle dighe nel tentativo di frenare l'invasione.

La curiosità di indagare con strumenti ancora più raffinati sul sistema di Saturno, ma soprattutto sulla struttura dell'anello, spinse sia Cassini che Huygens a progettare apparati di osservazione dotati di lunghissima focale. Huygens escogitò di sospendere l'obiettivo a un palo e di materializzare con un cavo il tragitto oculare-obiettivo. Cassini, invece, pensò di utilizzare come palo altissimo una torre di legno, di circa 50 metri di altezza, impiegata un tempo a Marly per sollevare le acque della Senna che dovevano alimentare le fontane a Versailles. Questa torre fu sistemata a fianco dell'Observatoire e su di essa furono agganciati gli obiettivi a lunghissima focale, mentre l'oculare veniva tenuto in mano dall'osservatore a grande distanza. Questa soluzione spettacolare rientrava nello stile di Cassini, come fu insinuato. Huygens si avvale più semplicemente di pali altissimi, fissati al terreno il più saldamente pos-

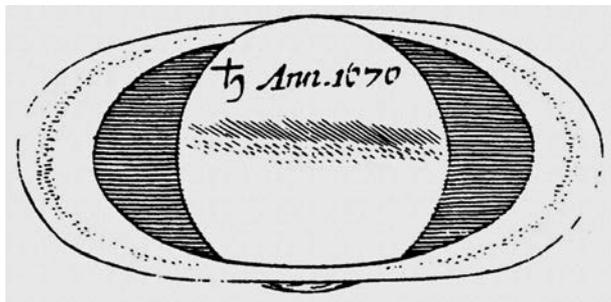


FIG. 11. Saturno, i suoi anelli e la divisione di Cassini, disegno autografo di Cassini. (*Journal des Sçavans*, 1 marzo 1677, p. 58)

sibile, che egli chiamò telescopi aerei. È certo, comunque, che in entrambi i casi si richiedeva all'osservatore un'abilità eccezionale e una straordinaria pazienza e, in pratica, solo Huygens e Cassini furono in grado di usare con successo questi dispositivi, che potevano raggiungere ingrandimenti fino a 150 volte e, con cannocchiali adeguati, eccezionalmente fino a 600 volte.

Le ultime scoperte sul sistema di Saturno furono appannaggio di Cassini. Nel 1675 osservò che l'anello appariva diviso in due parti, una interna più chiara e brillante, ed una esterna, più scura ed opaca, simili nell'aspetto all'argento nativo, per quella interna, ed all'argento brunito per la più esterna (FIG. 11). Nel 1677 individuò nettamente la divisione dell'anello, che è conosciuta come "divisione di Cassini", e segnalò che sul globo di Saturno, oltre alla banda nera parallela all'equatore, si osservavano altre bande molto più chiare, che apparivano come frantumate ed incomplete. Egli ebbe l'impressione che queste apparenze di Saturno non fossero permanenti ed ipotizzò che potessero rappresentare le perturbazioni e l'instabilità di enormi masse gassose sulla superficie del pianeta. Qualche anno dopo, nel 1684, Cassini individuò ancora due satelliti di Saturno, Teti e Dione, e in quell'occasione Luigi XIV fece coniare una medaglia celebrativa.

Gli anni ottanta del Seicento vedono divergere le fortune e i destini dei due astronomi. Cassini, impegnato in vari settori in un'attività intensissima, conosce un successo dopo l'altro e diventa l'effettivo direttore dell'Observatoire, dove, con grande senso organizzativo ed abilità gestionale, stabilisce il centro di raccolta e di elaborazione dei dati che riceve dagli astronomi inviati in missione in tutto il mondo per determinare le longitudini. Al contrario, la stella di Huygens si affievolisce, la malattia lo rende sempre più inattivo e insofferente dei rapporti con le persone. Ai fratelli lontani confida di percepire attorno a sé una certa avversione da parte dei colleghi, talvolta anche gelosia e poco rispetto per le lunghe assenze cui lo costringe la sua malattia. Anche la cordialità che gli dimostrava Cassini nei primi tempi sembra affievolita, come se fosse in qualche modo invidioso...

Huygens resta prigioniero della sua solitudine e tormentato dalla persecuzione che i suoi compatrioti subiscono e che culmina con l'editto di Fon-

tainebleau e la cacciata dei protestanti dalla Francia. Il Re a lui, e a lui solo, tenuto conto dell'eccezionalità della sua persona e della sua posizione in seno all'Académie, potrebbe concedere di rimanere a Parigi, ma Huygens orgogliosamente non accetta questo compromesso e ritorna definitivamente in Olanda. È l'anno 1685: egli vivrà ancora dieci anni, assistito dai fratelli e dai nipoti, dedicandosi principalmente alla stesura di un trattato di cosmologia, che è in sostanza il suo testamento spirituale. Scritto in latino, il *Cosmotheoros*, cioè "Osservatore dell'Universo", è dedicato al fratello maggiore Constantijn, che dovrà curarne la pubblicazione postuma, e rappresenta la *summa* di tutti i pensieri che hanno agitato la mente di questo straordinario scienziato.

In quello stesso anno 1695, mentre Huygens si spegne nella sua casa all'Aja, Cassini, dotato di un fisico robustissimo e di un'energia eccezionale, compie un lungo viaggio di lavoro in Francia e in Italia, in compagnia del figlio Jacques, per le triangolazioni e il calcolo delle longitudini ed anche per studiare alcuni fenomeni fisici, come la rifrazione. Egli infatti, oltre a continuare le osservazioni astronomiche con la sua proverbiale assiduità e costanza, fu anche l'iniziatore di una grande opera cartografica alla quale collaboreranno anche i suoi discendenti. La stirpe dei Cassini condurrà infatti l'Observatoire attraverso un secolo e mezzo di storia della Francia, sino alla Rivoluzione. In età già molto avanzata Cassini farà ancora un viaggio di lavoro nelle regioni montuose ed impervie dell'Auvergne e della Linguadoca, per completare le carte topografiche di quei territori. In pratica, Cassini, e dopo di lui i suoi discendenti, con i loro studi e le loro misurazioni riscrivono la geografia di tutta la Francia in quella che è diventata celebre come *Carte de Cassini*. Cassini vivrà i suoi ultimi anni all'Observatoire, ormai cieco ma ancora attento ai progressi dell'astronomia, interessato alle osservazioni che si fa descrivere dal figlio e dagli altri collaboratori. Il suo carattere si mantiene allegro e sereno, a dispetto degli anni e degli acciacchi, desidera la compagnia dei giovani allievi dell'Observatoire e passa lunghe ore nella sua stanza, ad ascoltare la lettura delle *Sacre Scritture*, dei poeti latini o delle opere dei grandi filosofi, fatta dal segretario, al quale affiderà anche la stesura del diario dei suoi ultimi due anni di vita. Morirà serenamente come un patriarca, nel settembre del 1712 all'età di 87 anni, «addormentandosi nel Signore», da credente come era sempre stato.

Alla fine di questo viaggio a ritroso su Saturno, non si può ignorare ciò che Huygens scrisse, guardando avanti "con gli occhi della mente" verso un Saturno futuro, che oggi non appare poi così lontano:

I pianeti sono costituiti da materia allo stato solido e sono soggetti alla gravità, hanno piante e animali, le piante crescono e vengono nutrite sui pianeti come sulla Terra. Lo stesso avviene per gli animali, perciò i pianeti

devono avere acqua. Devono avere piante ed animali perché, se non ne avessero, sarebbero secondi in bellezza e dignità rispetto alla Terra, e questo la ragione non lo potrebbe accettare. (Dal *Cosmotheoros*).

Referenze bibliografiche

- AA. VV., *Titan: From Discovery to Encounter*, in *Proceedings of the International Conference, April 2004, ESTEC*, Noordwijck, The Netherlands, 2004.
- AA. VV., *Atti del Convegno "Il Sole nella Chiesa: Cassini e le grandi meridiane come strumenti di indagine scientifica"*, Bologna, settembre 2005, «Giornale di Astronomia», n. 1, 2006.
- C. D. ANDRIESSE, *Titan. A biography of Christiaan Huygens*, Universiteit Utrecht, Utrecht, 2003.
- F. BÒNOLI, *Gio. Domenico Cassini: 1625-1712*, «Giornale di Astronomia», n. 1, 2005, pp. 19-23.
- F. BÒNOLI, A. CASSINI, 'Dictionnaire Historique' ovvero di un manoscritto inedito di pensieri astronomici di Giovanni Domenico Cassini, redatto da Giacomo Filippo Maraldi, «Giornale di Astronomia», n. 1, 2007, p. 15.

- A. CASSINI, *Gio. Domenico Cassini, uno scienziato del Seicento*, Comune di Perinaldo, 2003.
- A. CASSINI, *Presenze femminili nella vita di G.D. Cassini*, «Giornale di Astronomia», n. 3, 2012, p. 22.
- G. D. CASSINI, *Journal des Observations*, Bibliothèque de l'Observatoire de Paris, Cassini 1^{er}, A-D, 1-1.
- G. D. CASSINI, *Découverte de deux nouvelles Planètes autour de Saturne*, Paris, 1673.
- J.-D. CASSINI (CASSINI IV), *Mémoires pour servir à l'histoire des Sciences et à celle de l'Observatoire Royal de Paris, suivis de la vie de Cassini et des éloges de plusieurs Académiciens morts pendant la Révolution*, Paris, 1810.
- C. HUYGENS, *Oeuvres Complètes*, VI, VII, VIII (lettere dal 1666 al 1684), Biblioteca dell'Università di Leida.
- G. PICOLET, *Un génie mal connu: Christiaan Huygens*, «La Recherche», x, 1979, n. 103.
- A. VAN HELDEN, *The Accademia del Cimento and Saturn's Ring*, «Physis», xv (3), 1973, pp. 237-259.
- A. VAN HELDEN, *Contrasting careers in astronomy: Huygens and Cassini*, «De zeventiende Eeuw», 12 (1), 1996.
- A. VAN HELDEN, *Huygens's Ring, Cassini's Division and Saturn's Children*, «Dibner Library Lecture Series», Smithsonian Institution Library, 2004.

Anna Cassini è nata a Bologna e vive e lavora a Torino. Laureata in medicina, ha lavorato come ricercatore nei laboratori biologici dell'allora Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare a Frascati. Da molti anni si interessa di studi e ricerche storiche. Nonostante l'omonimia, non ha nessuna parentela con la discendenza dell'astronomo. Ha scritto, fra l'altro, una biografia di G.D. Cassini, intitolata *Gio. Domenico Cassini – Uno scienziato del Seicento*, e una storia della famiglia Maraldi, *I Maraldi di Perinaldo*.

La riscoperta dell'opera di Secchi sugli spettri prismatici

Piercarlo Bonifacio

Département Galaxies Etoiles Physique et Instrumentation (GEPI), Observatoire de Paris, Université Paris Sciences et Lettres, CNRS

SONO passati 150 anni da quando padre Angelo Secchi SJ, direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano, pubblicò le sue due *Memorie* intitolate *Sugli spettri prismatici delle stelle fisse*. Si tratta di un'opera fondatrice dell'astrofisica moderna che merita di essere letta e studiata anche al giorno d'oggi e cercherò di spiegarvi perché.

Il mio punto di vista è molto personale e vorrei dividere con voi la mia scoperta di quest'opera. Si tratta di una scoperta recente, sicuramente perché avevo un pregiudizio che lo studio di queste opere "storiche" fosse di interesse esclusivamente per gli storici della scienza. Un pregiudizio che, sospetto, sia condiviso da buona parte degli astrofisici professionisti. Al giorno d'oggi gli articoli scientifici hanno una bibliografia che copre, tipicamente, gli ultimi dieci o dodici anni, raramente si citano articoli più vecchi e quasi mai articoli del XIX secolo. Con i miei collaboratori abbiamo inviato ad «Astronomy & Astrophysics» un articolo su un campione di stelle ricche in carbonio. Tra le critiche fatte dal *referee*, c'era che la nostra introduzione era troppo stringata e che avremmo dovuto parlare della storia della scoperta di queste stelle. Piccato da questa critica, decisi di risalire fino alla prima occorrenza in letteratura e, molto rapidamente, grazie agli strumenti messi a disposizione dall'*Astrophysics Data System* (ADS), sono arrivato all'opera di Secchi. Grazie ad ADS e alla biblioteca dell'Eidgenössische Technische Hochschule di Zurigo quest'opera è facilmente disponibile a tutti (www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-527): le due *Memorie*, estratte dagli atti della «Società Italiana dei XL» sono rilegate in un solo volume, insieme al *Catalogo delle stelle di cui si è determinato lo spettro luminoso all'Osservatorio del Collegio Romano*, del 1867. Il tutto è scaricabile in un solo file pdf, facilmente visualizzabile.

Quando mi sono trovato quest'opera sotto gli occhi, ho subito cercato l'informazione che mi premeva: la prima descrizione delle stelle ricche in carbonio. Sono rimasto stupito dalla facilità e rapidità con cui ho trovato l'informazione, grazie alla chiarezza con cui l'opera è scritta. Affascinato da questo e dal fatto di avere tra le mani un'opera fondamentale che mai, in trent'anni di lavoro come spettroscopista, avevo letto, cominciai ad addentrarmi nella scrittura di Secchi. Mano a mano che leggevo ero sempre più ammirato da Secchi come scienziato, dalla sua capacità di spiegare le cose con

chiarezza e anche dall'entusiasmo per la scienza e le osservazioni che traspare dalla sua scrittura. In un'epoca in cui i *language editors* delle riviste sono pagati per uniformare la lingua degli articoli, secondo lo "stile" del giornale, leggere un articolo scientifico con uno stile letterario chiaramente personale è un vero piacere! Qui di seguito commento tre passaggi dell'opera di Secchi che mi hanno particolarmente colpito.

Lo spettrometro di Janssen

Ho trovato molto interessante come in ciascuna delle due *Memorie* ci sia una descrizione molto dettagliata degli strumenti usati da Secchi, gli spettrometri, ma non dei telescopi con cui questi erano utilizzati. La descrizione diventa a volte narrazione e si scoprono degli aneddoti interessanti, come questo:

Intanto nel novembre di quell'anno medesimo [1862, N.d.A.] essendo venuto in Roma il sig. JANSSEN [Jules Janssen, pioniere dell'astronomia da pallone e fondatore dell'Osservatorio di Meudon, N.d.A.] con uno di quei piccoli spettrometri, lo pregai di prestarmelo, onde applicarlo al nostro refrattore di MERZ per analizzarvi la luce delle stelle e de' pianeti. Egli acconsentì cortesemente, e furono fatti alcuni primi lavori in comune, che comparvero nel *Bullettino Meteorologico* dell'Osservatorio del Collegio Romano e altrove. Ma la difficoltà di ottenere un libero uso dello spettrometro che il possessore sempre recava seco a casa, senza che io potessi servirmene nelle migliori ore della notte, mi obbligò ad aspettare il mio strumento, che giunse, come dissi, in dicembre.

L'ironia di Secchi fa sorridere, Janssen è «cortese» e presta il suo spettrometro a Secchi, ma lasciarglielo per le «migliori ore della notte»? giammai! Cosa c'è dietro questo comportamento di Janssen? Temeva che Secchi potesse danneggiare il suo prezioso strumento? Oppure temeva che Secchi facesse delle osservazioni da solo e poi pubblicasse i risultati senza la partecipazione di Janssen? Ma se così fosse, perché Janssen non propose a Secchi di osservare assieme a lui nelle «migliori ore della notte»? Forse riteneva di avere un vantaggio competitivo con il suo strumento rispetto a Secchi? Sapeva che comunque Secchi in un mese avrebbe avuto il suo strumento? O forse era Secchi stesso che voleva avere «libero uso» dello strumento, cioè senza Janssen tra i piedi?

Una serie di domande intriganti alle quali sicuramente non ci sarà mai risposta, ma che lasciano intravedere come i rapporti tra i ricercatori all'epoca erano, probabilmente, altrettanto complessi che al giorno d'oggi.

Le stelle di tipo 4

Quello che mi ha spinto a cercare l'opera di Secchi è contenuto nella *Memoria Seconda, presentata alla società italiana nel novembre del 1868*. In particolare l'analisi «delle stelle colorate contenute nel catalogo pubblicato dal sig. Schjellerup nel n.° 1591 dell'*Astronomische Nachrichten* di Altona».

Secchi è intrigato dalle stelle di colore rosso o «fortemente colorate» perché «ci aveano offerto fino dal principio i tipi degli spettri più singolari che fossero in cielo». Quindi meritano uno studio dedicato. Con un approccio decisamente moderno Secchi decide di «determinare la natura del tipo, senza venire a misure particolari che faremo appresso». Spiega che questo studio era «necessario farlo preventivamente per trovare gli oggetti che meritano maggiore attenzione». Questo metodo di fare un primo studio preliminare di un grande numero di oggetti, per poi studiarne in dettaglio un sottoinsieme che ha certe proprietà particolari, è oggi la norma in moltissimi campi dell'astrofisica. Studiando gli spettri di queste stelle rosse, Secchi conclude che «Nella memoria precedente avevamo diviso le stelle in tre tipi fondamentali, ma le osservazioni ci hanno costretto a introdurne un quarto». Anche qui la lingua usata è rivelatrice del pensiero di Secchi: «ci hanno costretto». Lo fa chiaramente a malincuore, complicare la classificazione spettrale gli sembra contro il rasoio di Occam, però «le osservazioni», non si discutono e «costringono».

Cosa hanno di speciale queste stelle di tipo 4? Molte cose, dalle righe che presentano alla loro forma, ma soprattutto Secchi nota che questi spettri «hanno più che gli altri analogia coi gas, e specialmente con quello del carbonio, ma rovesciato». Secchi osservava con i suoi strumenti molti tipi di sorgenti artificiali, fiamme, scariche elettriche, e di sorgenti celesti meglio note, come il Sole e i pianeti, alla ricerca di analogie. Qui nota che un gas di carbonio ha un aspetto simile allo spettro delle stelle di tipo 4, ma «rovesciato». Immagino che Secchi osservasse un gas di carbonio riscaldato, in una fiamma e osservasse le righe in emissione, mentre nelle stelle di tipo 4 le stesse righe appaiono in assorbimento. Per «commodo di chi volesse occuparsi di questi studi» (sic!) Secchi fornisce 2 tabelle con le stelle «più belle del catalogo»; qui di seguito riproduciamo la tabella delle stelle di tipo 4 (FIG. 1).

Chi sono queste stelle e qual ne è la moderna classificazione? Nel 1994 M.F. McCarthy SJ, della Specola Vaticana, fornì un'identificazione e classificazione per le stelle di tipo 4 «più belle» di Secchi.

MEMORIA II DEL P. A. SECCHI 11				
Stelle di 4° tipo.				
n.° del Catal. di Schjell.	Ascensione retta	Declinazione	grandezza	Note
41	4. 36, m2	+ 67.° 54'	6 ^a	bella
43	4. 42, 8	+ 28. 16	8 ^a	
51	4. 58, 1	+ 0. 59	6 ^a	
78	6. 26, 9	+ 38. 33	6½	bella
89	7. 11, 5	- 11. 43	7½	
124	7. 44, 6	- 22. 22	6½	
128	10. 5, 8	- 34. 38	7	
132	10. 30, 7	- 12. 39	6	bella
136	10. 44, 8	- 20. 30	6½	
152	12. 38, 5	+ 46. 13	6	superba
159	13. 19, 3	- 11. 59	5½	
163	13. 47, 3	+ 41. 2	7	
229	19. 26, 5	+ 76. 17	6½	
238	20. 8, 6	- 21. 45	6	
249	21. 25, 8	+ 50. 58	9	
252	21. 38, 6	+ 37. 13	8,5	
273	23. 39, 2	+ 2. 42	6	bella

FIG. 1. Riproduzione della tabella della II Memoria di Secchi, nella quale elenca le più belle stelle di tipo 4.

Riproduciamo qui una versione semplificata della sua tabella (TAB. 1).

N. Schjellerup	HD	Altro nome	Tipo spettrale
41	30243	ST Cam	Nb
43	30755	TT Tau	Nb
51	32736	W Ori	Nb
78	46687	UU Aur	Na
89	54361	W CMa	Na
124	85405	Y Hya	Np
128	88539	AB Ant	Na
132	92055	U Hya	Nb
136		V Hya	N6
152	110914	Y CVn	Nb
159	116870	68 Vir	K2
163	121197		K5
229	183556	UX Dra	Nb
238	192737	RT Cap	Nb
249		#1 in NGC 7086*	
252	206750	RV Cyg	N
273	223075	TX Psc	Na

* (HOAG *et al.*, 1961, «Publications of the U.S. Naval Observatory», 2d ser., v. 17, pt. 7, Washington, U.S. Govt. Print. Off., 1961, p. 468).

TABELLA 1. Identificazione moderna delle stelle di tipo 4 nella tabella di Secchi, secondo M. F. MCCARTHY, Angelo Secchi and the Discovery of Carbon Stars, in C. CORBALLY, R. O. GRAY, R. F. GARRISON (eds.), *The MK process at 50 years. A powerful tool for astrophysical insight*, 'Proceedings of a Workshop of the Vatican Observatory, held in Tucson Arizona, USA, September 1993', «Astronomical Society of the Pacific Conference Series», San Francisco: Astronomical Society of the Pacific (ASP), c1994, p. 224.

La maggioranza delle stelle di tipo 4 di Secchi hanno un tipo spettrale moderno N. I tipi spettrali R, N

e S sono usati per stelle evolute del ramo asintotico delle giganti con temperature efficaci (la temperatura efficace di una stella è la temperatura di un corpo nero che emette la stessa quantità di energia per unità di superficie) inferiori a 3000 K. Queste stelle hanno alterato la loro composizione chimica originale mescolando nelle loro atmosfere i prodotti della nucleosintesi che avviene nella stella stessa. In particolare le stelle N sono ricche in carbonio. Si tratta di stelle rare, siccome corrispondono ad una fase evolutiva relativamente breve.

Come mai allora Secchi le scopri e si vide «costretto» a introdurre un tipo spettrale per esse? Il campione di Secchi era limitato in magnitudine e, probabilmente, queste stelle molto rosse, per le quali egli stimava magnitudini visuali attorno alla sesta, erano tra le più deboli accessibili al suo strumento. In un campione limitato in magnitudine, gli oggetti intrinsecamente più luminosi sono sovrappresentati. Se aggiungiamo a questo l'interesse che Secchi porta alle stelle di colore rosso, abbiamo i due effetti di selezione che hanno portato Secchi a credere che le sue stelle di tipo 4 fossero altrettanto comuni che quelle di tipo 3, che sono piuttosto le stelle che adesso classificheremmo di tipo F, G e K. Leggendo l'introduzione alle stelle di tipo 4, ho trovato questo passaggio, che per me è di una chiarezza mirabile:

Non tutte le stelle del 4° tipo sono di spettro identico: questo tipo ammette varietà maggiori che i tre precedenti. La riga nera dopo il verde coincide quasi con il magnesio, ma può bene anche appartenere al carbonio. Le misure più precise decideranno: la sua larghezza ci fa credere che non è la metallica.

Questa descritta da Secchi è una delle caratteristiche principali delle stelle al carbonio. Il «magnesio» è il tripletto b di Fraunhofer, ben visibile nello spettro del Sole e delle stelle di tipo solare. La «riga nera» è la banda di Swan che è dovuta alla molecola C₂. Per calcolare la formazione e dissociazione delle molecole nelle atmosfere stellari, bisogna tenere conto di tutte le molecole rilevanti, in prima approssimazione almeno delle più abbondanti molecole diatomiche. In particolare, se si vuole seguire la molecola di C₂, bisogna tenere conto anche delle molecole di OH, CH, NH, CO, CN. Di queste, quella con l'energia di legame maggiore è il CO, 11.1 eV, da comparare con 7.7 eV per il CN, 6.2 eV per il C₂ e 4.4 per l'OH. Questo significa che gli atomi di O, disponibili a formare molecole, hanno la tendenza a sequestrare tutti gli atomi di C disponibili. Di solito, l'ossigeno è più abbondante del carbonio, nel Sole ci sono circa due atomi di ossigeno per ogni atomo di carbonio. Questo è il motivo per cui nelle stelle «normali» la banda di C₂ non è prominente: ci sono troppo poche molecole di C₂ che si formano. Ma nelle stelle al carbonio la situazione è ribaltata. Nelle loro atmosfere ci sono più atomi di carbonio che di ossigeno, quindi dopo che si è formato tutto il CO che si può formare, restano ancora degli ato-

mi di C disponibili a formare il C₂. La cautela di Secchi nell'attribuire la riga nera a un composto del carbonio è d'obbligo. All'epoca, la presenza della banda negli spettri delle fiamme di carbonio e composti era stata riportata da William Swan, ma l'identificazione definitiva con il C₂ avvenne appena nel 1930. Ciò nonostante, non resta che meravigliarsi di come, osservando gli spettri a bassa dispersione dei suoi strumenti a prismi, Secchi fosse in grado di accorgersi, senza dubbio alcuno, che la banda di Swan è più larga delle righe atomiche (come il tripletto b): «non è la metallica».

«La Superba»

Secchi osservava visualmente gli spettri e poi li descriveva testualmente. In qualche caso faceva un disegno per illustrare lo spettro. È interessante vedere come, nella sua prosa, Secchi usasse aggettivi che vengono usati di solito per descrivere qualità estetiche, come «bella» o «magnifica», non lesinando i punti esclamativi. Dalla prosa di Secchi traspare l'entusiasmo per quello che osservava.

Ecco, per esempio, come comincia la sua descrizione dello spettro di Arturo, nel catalogo pubblicato nel 1867:

Bellissimo oggetto! Color giallo carico. Dopo Aldebaran è una di quelle in cui le righe sono più nette e spiccate. Esse sono numerose e fine come nel Sole.

Infatti, a tutt'oggi Arturo è la principale stella di riferimento da confrontare con gli spettri delle stelle giganti. Ed ecco come descrive Sirio:

Magnifica stella di tipo α della Lira [Vega, N.d.A.]: si vede magnificamente la terza riga W nel violetto estremo ed è molto larga.

La riga W nel violetto estremo è l'H δ , che Secchi non riuscì a identificare, mentre identificò correttamente la riga F con H β e V con H γ . Credo che Secchi scrivesse «terza» perché è la terza da sinistra (rosso) verso destra (violetto), dopo F e V.

Veniamo ora alla stella 152 di Schjellerup; a fianco Secchi annota «superba». In effetti nell'introdurre le stelle di tipo 4° Secchi dice:

Questo tipo non fu ravvisato da principio che in una sola stella, e non si sospettò la sua generalità, perché racchiude generalmente delle stelle assai piccole e non superiori alla 6a grandezza. Questo tipo ha per rappresentante la stella di Lalande H.C. n° 12561 esaminata nella prima memoria.

Noi abbiamo preferito la bella stellina n° 152 di Schjellerup che è anche più nitida.

Ecco come la descrive nel catalogo:

Magnifico oggetto di 4° tipo, e veramente singolare per la sua vivacità. È composto di tre zone assai vive e larghe. Una gialla, l'altra verde e la terza bleu. Sono tutte vivaci assai taglienti verso il violetto, e sfumate dal lato del rosso.

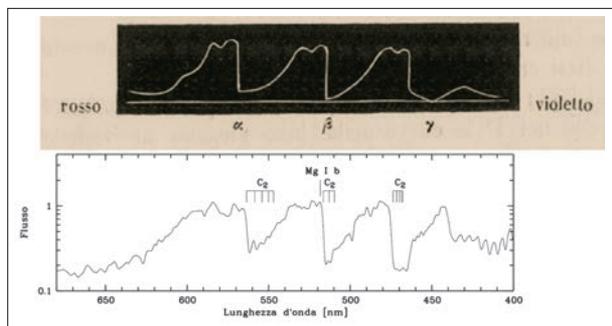


FIG. 2. Sopra: lo spettro della stella n° 152 di Schjellerup disegnato da Secchi. Sotto: lo spettro della stessa stella osservato con SOPHIE. La risoluzione dello spettro SOPHIE è stata degradata in modo da assomigliare a quello dello spettro prismatico di Secchi. La scala verticale è logaritmica e lo spettro è stato normalizzato in modo simile a quanto fatto da Secchi.

L'altra stella è tratta dalla *Histoire Celeste Française* di Jerome Lalande, che probabilmente Secchi conosceva tramite il catalogo pubblicato nel 1847 da Bailly a Londra, con le posizioni delle stelle ridotte all'epoca 1800 da Schumacher. La stella n° 12561 in questione è molto probabilmente HD 46776, una nana M di ottava grandezza in V, ma di terza grandezza nella banda infrarossa J.

Quindi, Secchi metteva nello stesso tipo le stelle M e le N, anche se aveva preso una N come rappresentante fondamentale.

Nella FIG. 2 mostro lo spettro della stella 152 di Schjellerup disegnato da Secchi. Sotto mostro uno spettro moderno osservato da me con lo spettrografo SOPHIE sul telescopio da 1,93 m dell'*Observatoire de Haute Provence*. Nella figura la risoluzione dello spettro SOPHIE è stata degradata per renderla simile alla risoluzione dello spettro di Secchi. Lo spettro è mostrato su una scala logaritmica, per avvicinarsi alla sensibilità dell'occhio umano ed è stato normalizzato in modo simile a quanto fatto da Secchi nel proprio disegno. Rispetto allo spettro di Secchi, lo spettro SOPHIE ha un'accurata scala in lunghezza d'onda che ci permette di identificare le principali bande molecolari e righe atomiche. È allora chiaro che tre zone «assai vive e larghe» descritte da Secchi sono tre bande del sistema di Swan del C₂. Sul rosso della banda centrale appare il tripletto b del magnesio, correttamente disegnato e identificato da Secchi.

Nella FIG. 3 mostro il dettaglio della testa di banda della banda centrale del sistema di Swan,

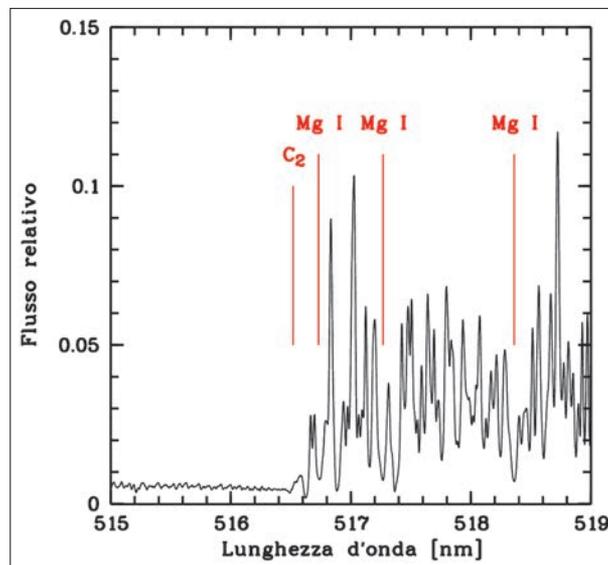


FIG. 3. Dettaglio di una testa di banda del sistema di Swan del C₂. La lunghezza d'onda della testa di banda è segnata, così come la posizione delle righe del tripletto b del magnesio neutro.

usando la piena risoluzione dello spettro SOPHIE ($\lambda/\Delta\lambda = 40000$). Le righe del magnesio si vedono chiaramente, ma è anche ovvio che nella zona c'è una miriade di altre righe atomiche e molecolari, quindi, quello che è stato identificato da Secchi come magnesio, alla risoluzione del prisma, ha in realtà un importante contributo da molte altre righe.

Per me è stupefacente come Secchi sia riuscito a disegnare uno spettro così accuratamente, soprattutto se penso che quello che lui disegna è uno spettro «estratto», cioè come se avesse sommato tutto il segnale lungo l'altezza della fenditura, calibrato in intensità e normalizzato. Tutti questi passi della «riduzione dati» Secchi deve averli fatti a mente, con l'occhio allo spettrometro. Anche la fedeltà della scala in lunghezza d'onda è notevole.

La nota di Secchi a fianco di questa stella è stata poi ripresa nella letteratura, a cominciare dal libro *Star-names and their meanings*, pubblicato a New York nel 1899 da Richard H. Allen e via via fino ai nostri giorni, ad esempio nel *The Star Atlas Companion: What you need to know about the Constellations* di P. M. Bagnall, pubblicato nel 2012.

L'annotazione di Secchi è stata presa come nome proprio, tanto che la base di dati stellari SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) la riconosce ancora oggi con il nome «La Superba».

Piercarlo Bonifacio si è laureato in Fisica all'Università degli studi di Trieste e ha ottenuto il dottorato in Astrofisica alla SISSA di Trieste. È stato dapprima ricercatore all'Osservatorio Astronomico di Trieste e in seguito direttore di ricerca CNRS all'Observatoire de Paris. Dal 2001 è direttore delle *Memorie della Società Astronomica Italiana*.

Cent'anni fa*

A cura di Donatella Randazzo e Ileana Chinnici

INAF · Osservatorio Astronomico 'G. S. Vaiana', Palermo

*L'eclisse totale di Sole del 21 agosto 1914
Osservata dalla missione italiana in Teodosia (Crimea)*
(p. 67)

RELAZIONE 3^a DI L. PALAZZO

Osservazioni geofisiche diverse in connessione con l'eclisse

D OPO di avere ampiamente riferito, in due relazioni precedenti,¹ intorno alle osservazioni magnetiche, ci rimane ad esporre anche quel poco che a Teodosia abbiamo potuto fare relativamente ad altre indagini d'indole geofisica ed associate al fenomeno dell'eclisse, quali le misure pireliometriche, le registrazioni della radiazione solare termica ed attinica, quelle geotermiche, le osservazioni elettriche sulla radiazione penetrante e le meteorologiche, riunendo tutto ciò nella presente, terza ed ultima, nostra relazione.

Misure pireliometriche

Mi ero prefisso di seguire, con un pireliometro a compensazione elettrica dell'Angström, le variazioni della radiazione termica (totale) del disco del Sole durante l'eclisse, facendo anche osservazioni in qualche altro giorno, precedente o seguente l'eclisse, a fine di trarre utili elementi di confronto.

Strumenti. – L'istrumento adoperato era il pireliometro N. 66, costruito dal meccanico J. L. Rose di Uppsala sotto la direzione dello stesso Angström; esso è di proprietà del R. Ufficio Centrale di Meteorologia, e stette per parecchi anni in uso presso il nostro osservatorio di Sestola.

Come è noto, l'intensità della radiazione, ottenuta col mezzo del pireliometro dell'Angström, è data dalla formula:

$Q = (60ri^2 / 4,19ba)$ grammo-calorie per minuto primo e per cm².

Essendo

i l'intensità della corrente compensatrice in ampère,
r la resistenza elettrica delle strisce per cm. lineare in ohm,
b la larghezza delle strisce in cm,
a il potere assorbente della superficie annerita delle strisce.

* Estratti dal Vol. VII, S. II (1918) delle *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani*.

¹ V. in *Spettroscopisti*, serie 2^a, vol. VI, anno 1917.

Quando la *r* non vari sensibilmente al variare della temperatura, come è il caso delle laminette di manganese impiegate nel nostro pireliometro, la formula può scriversi:

$$Q = ki^2,$$

essendo il fattore *k* da ritenersi come costante dello strumento.

Nel fatto, pel nostro pireliometro, si ha [...]

$$Q = 16,47 i^2,$$

quella stessa che ha applicato, pel detto strumento, il prof. Teglio nei confronti da lui istituiti, in giugno-luglio 1905 dietro incarico affidatogli dal Chistoni, fra vari pireliometri.²

La corrente compensatrice era misurata mediante un milli-ampometro (Siemens & Halske, N. 66235, con campo di misura 0-150) [...] che permetteva di leggere fino a 0,0001 di ampère; ed essendo esso *shuntato* con una resistenza di 1/9 ohm [...], l'effettiva corrente era valutata al millesimo. La corrente era fornita da una pila, del cosiddetto tipo a secco, della ditta Spierer di Roma, e per ottenere la compensazione era inserito nel circuito un reostato, a cursori [...], costruito dal meccanico Tomasetta di Napoli.

Disposi tutti questi strumenti su di un pancone, all'aperto sul piazzale della villa e, propriamente, a ridosso del muro esterno di quell'avancorpo dell'abitazione il quale ci serviva da saletta da pranzo (fronte sud della villa). Il galvanometro, tipo D'Arsonval, fu fissato contro la parete, con l'intermezzo d'una tavoletta di legno, fra le due vetrate, e leggevasi mediante cannocchialino e scala. Un fronzuto albero di acacia distendeva la sua ombra protettrice sul tavolo di osservazione, mentre il pireliometro, poggiato solidamente su di un treppiede, stava poco distante esposto in pieno sole, alto 1½ metro da terra (v. Tav. XXXVII).

Osservazioni. – Il giorno 19 agosto mi trovavo già tutto in ordine co' miei dispositivi, e feci le prime misure. Il giorno 20, vigilia dell'eclisse, desiderai ottenere una buona serie di determinazioni, distribuite a brevi intervalli nel corso della giornata; però l'avvicinarsi di nuvole in cielo non me lo permise che in parte.

Nel 21, giornata campale per noi, il cielo si preannunciava bello al mattino, e già dalle 8^h io ero

² E. TEGLIO, *Contributo allo studio del pireliometro a compensazione elettrica dell'Angström* («Rend. Acc. Lincei», vol. xv, 1^o sem. 1906, p. 214).



TAVOLA xxxvii. Pireliometro.

al banco del pireliometro coll'intendimento di continuare le osservazioni, in serie fitta, fino al tramonto. Le cose andarono magnificamente fin oltre le 11^h, ma poi, con viva trepidazione dell'animo e degli astronomi della missione, cominciarono le nubi vaganti a farsi vieppiù fitte ed a darci noia coi loro frequenti passaggi sul disco solare. Io fui sempre attento a cogliere anche i più brevi intervalli di schiarita per effettuare l'osservazione, assicurandomi però – in ciascun caso – che il Sole fosse bene sgombro da veli, i quali io potevo scorgere guardando attraverso ad un vetro giallo. [...] In generale, ogni misura pireliometrica constava di tre letture successive, la prima con l'esposizione al Sole della striscia p. es. di destra, poi con l'esposizione della striscia di sinistra, ed infine, di nuovo, con la striscia di destra scoperta, facendosi poi la media [...]. Intanto si avvicinava l'ora dell'eclisse, e purtroppo le condizioni del cielo, anziché migliorare, peggioravano.

Il primo contatto a 14^h 9^m andò perduto, e allorché, una decina di minuti più tardi, potei fare una nuova osservazione pireliometrica, fuor delle nubi, la Luna già aveva fortemente intaccato il disco solare. Seguitai così ad approfittare dei lucidi periodi, fra le alternative di buio e di chiaro; ma quando i cumuli, ingombranti oramai tutto l'orizzonte, assunsero l'aspetto di minacciosi nubi temporaleschi ed

io udii il sordo brontolio di tuono lontano (mancavano allora 20 minuti alla totalità), ritenni il caso disperato, compiangendo, più di me, i miei compagni astronomi, pei quali le osservazioni mancate nel momento della totalità avrebbero segnato il completo fallimento della spedizione! Ma ecco che inaspettatamente, alle 15^h 5^m, uno squarcio si apre nelle nubi, proprio nella regione del Sole; e ciò mi consente di riprendere con foga il lavoro al pireliometro. [...]. Sopraggiunta la totalità, cercai subito di determinare la radiazione della corona, puntando lo strumento su di essa; ma la scala del galvanometro, illuminata alla meglio con una candela, non era ben leggibile, ed io non insistetti nel tentativo; troppo preziosi e brevi trascorrevano quei 2 minuti e 18^s che erano disponibili della oscurità! Passai allora all'osservazione della polarizzazione della corona, mediante un polariscopio di Savart, consegnatomi dal prof. Riccò, ed applicato ad uno degli oculari di un ottimo binocolo a prismi Goerz; ma, o fosse per la stanchezza del mio occhio, o perché la luce coronale fosse troppo debole, o la lamina della tormalina quale serviva da analizzatore, fosse troppo spessa e scura (verde cupo), nel fatto io non riuscivo a distinguere bene le apparenze delle frange d'interferenza, e non ho potuto trarre alcuna conclusione relativamente alla posizione del piano di polarizzazione della luce coronale. Buttai giù alla svelta, a

matita, uno schizzo dei pennacchi della corona, quale m'appariva al semplice occhio, essa mi è sembrata meno lucente e meno espansa di quella che avevo visto a Tripoli nell'eclisse dell'agosto 1905. Anche l'oscurità generale dell'atmosfera mi parve questa volta essere più profonda, paragonabile a quella del tardo crepuscolo. Sempre molto impressionante per me la visione della grande palla nera come pece, contornata dall'argentea raggiera, sospesa nel cielo cupo, fra il tetro silenzio della Natura: strano fantasma, che mirasi con stupore misto quasi a sgomento! Più in alto, a sinistra, brillava Regolo. Al principio e verso la fine della totalità vidi i sottili lembi rosei della cromosfera, ma non nel tempo di mezzo, e non scorsi le protuberanze (intendo, a occhio nudo). Ma l'estasi ha prestissimo fine; erompe fulminea, dal bordo ovest del nero globo, come una schiuma di fuso metallo incandescente che abbarbaglia;³ rivive il nostro Sole, in quell'esile fulgidissi-

³ L'immagine della schiuma di infocato metallo liquido traboccante traduce bene l'impressione lasciata in me dalla discontinuità del filetto fotosferico, al primo ricomparire dell'estremo

mo archetto; è un attimo perché, appena terminato il meraviglioso spettacolo, si chiude su di esso nuovamente il sipario delle dense nubi! [...].

Dopo la totalità, passarono quasi quaranta minuti prima che si potessero ripigliare le osservazioni pireliometriche. Ma infine il Sole uscì interamente fuori delle nubi, ed io feci ancora quattro osservazioni col Sole in fase, cioè parzialmente occultato, ed altre quattro col Sole pieno, verso il tramonto, essendo da ultimo il cielo ovunque perfettamente limpido. Il bilancio della giornata, anche nei riguardi delle misure pireliometriche, così si chiudeva bene, risultandomi di avere, in effetto, eseguite assai più misure di quante la lotta dovuta combattere contro le avverse nubi avrebbe lasciato supporre.

[...]

[continua]

lembo solare; io lo percepii per un istante come granulato, cioè diviso in grani scintillanti di luce ed animati da rapido tremolio; sono i cosiddetti *grani di Baily*, l'astronomo che per primo diresse l'attenzione su tale fenomeno nelle eclissi.

Donatella Randazzo, laureata in Biologia e diplomata "Librarian" in Inghilterra, è bibliotecaria all'INAF-Osservatorio Astronomico "G. S. Vaiana" di Palermo, dove è responsabile del fondo antico e dell'archivio storico. Ha collaborato alla compilazione del repertorio degli astronomi italiani, e dell'inventario dell'archivio storico dell'Osservatorio di Palermo, ed è impegnata nel progetto nazionale di catalogazione delle cinquecentine conservate negli osservatori astronomici dell'INAF.

Ileana Chinnici è ricercatore astronomo dell'INAF-Osservatorio Astronomico "G. S. Vaiana" di Palermo, dove ha lavorato dal 1996 al 2004 come Conservatore del Museo. Laureatasi nel 1992 in Fisica con tesi in storia dell'astronomia, ha pubblicato, con G. Foderà, il catalogo degli strumenti dell'Osservatorio. I suoi interessi di ricerca vertono principalmente sulla storia dell'astronomia e dell'astrofisica nell'Ottocento, con particolare attenzione alle fonti archivistiche. In collaborazione con l'Observatoire de Paris ha curato l'edizione della corrispondenza relativa all'impresa internazionale della *Carte du Ciel*.

Cieli d'inchiostro[★]

A cura di Agnese Mandrino¹ · Mauro Gargano² · Antonella Gasperini³

¹ INAF · Osservatorio Astronomico di Brera

² INAF · Osservatorio Astronomico di Capodimonte

³ INAF · Osservatorio Astrofisico di Arcetri

Ricordando Angelo Secchi: *Cronaca della spedizione in Spagna per l'eclisse del 1860*

Ileana Chinnici

INAF · Osservatorio Astronomico "G. S. Vaiana" di Palermo

LA fama di Angelo Secchi in campo astronomico è ben nota: pioniere dell'applicazione di nuove tecniche, quali la fotografia e la spettroscopia, a lui si deve una delle prime classificazioni spettrali delle stelle (da cui derivano le attuali) e un'importante serie di studi di fisica solare, oltre a numerosi contributi in altre discipline scientifiche, come la meteorologia, la geodesia, la geofisica ecc.

Il bicentenario della sua nascita, che ricorre nel corrente anno, costituisce una preziosa occasione per rilanciare l'interesse della comunità di storici della scienza verso questo protagonista della scienza italiana del XIX secolo e soprattutto per far conoscere i fondi d'archivio che lo riguardano.

È questo uno degli scopi del presente articolo, che vuole mettere insieme due delle principali passioni di Secchi: la fotografia e il Sole. Fu infatti durante l'eclisse del 1860, che egli osservò in Spagna, che Secchi ottenne alcune delle primissime fotografie della totalità di un'eclisse, fotografie che si rivelarono decisive nel dirimere l'importante quesito scientifico sulla natura reale o illusoria delle protuberanze solari.

L'INAF-Osservatorio di Roma possiede nel suo archivio una serie di documenti relativi a questa

* In questa rubrica, iniziata nel n. 1/2012, i curatori intendono presentare "frammenti di passato" provenienti dagli archivi astronomici, sia per aumentare la conoscenza degli archivi stessi, sia perché quei "frammenti" ci possano raccontare una sia pur breve storia degli uomini che, nelle nostre istituzioni, si sono dedicati allo studio del cielo.



FIG. 1. Fotografia della stazione in cui vennero eseguite le fotografie dell'eclisse; le annotazioni che indicano strumenti e personale della stazione sono di mano ignota. (forse Secchi?)

spedizione: il diario di Secchi, incompleto, dal titolo "Cronaca della spedizione in Spagna per l'eclisse del 1860", una bozza di rapporto in francese, destinata all'Académie des Sciences, la minuta di una lettera al *Giornale di Roma*, con una sintesi delle osservazioni, e quella di una lettera a fratel Francesco Marchetti, amico ed assistente di Secchi all'Osservatorio del Collegio Romano. L'insieme dei documenti è inoltre corredato da alcuni disegni e fotografie.

Si tratta di carte molto piacevoli da leggere, dove troviamo quei dettagli che non sempre si trovano nelle relazioni ufficiali, ma che raccontano i retroscena più umani e meno scientifici di una spedizione: incontri curiosi, considerazioni personali, stati

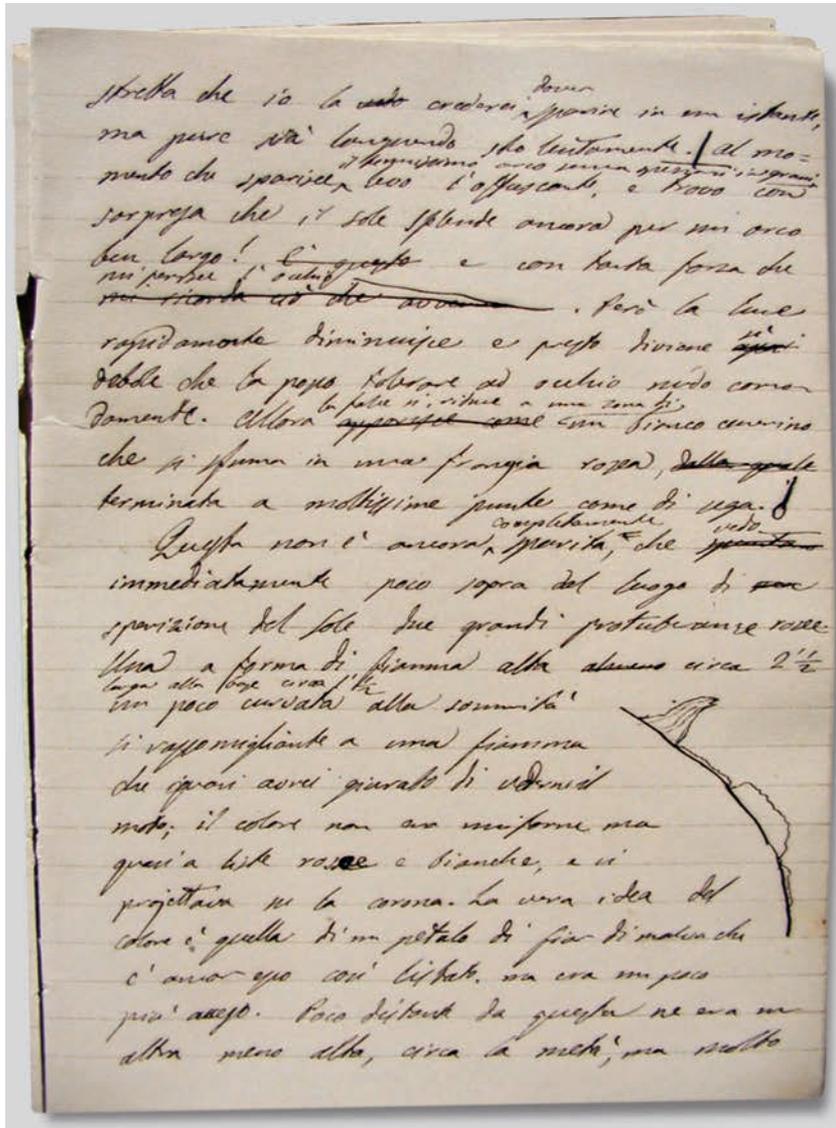


FIG. 2. Pagina del manoscritto di Secchi contenente la descrizione delle osservazioni, nella quale sono riprodotti alcuni disegni di protuberanze.

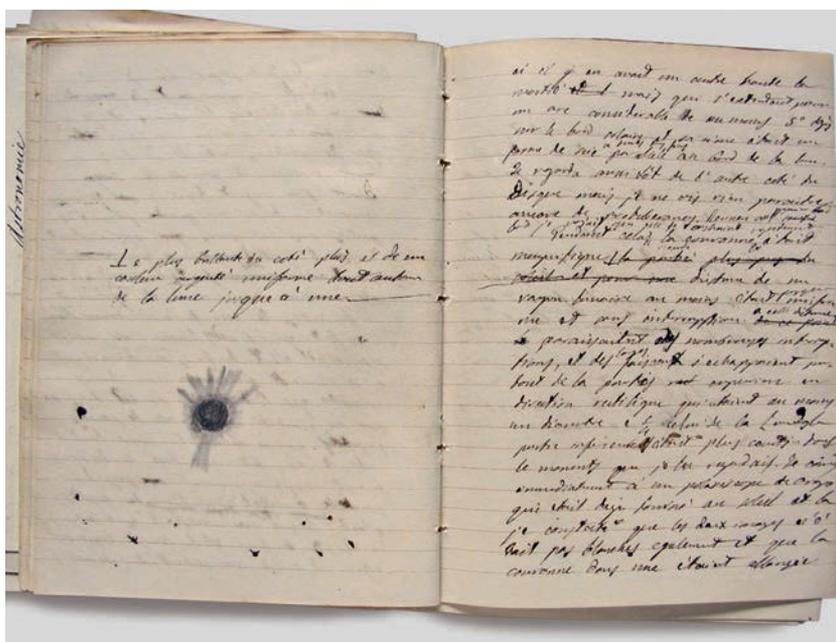


FIG. 3. Pagina del rapporto in francese, con disegno della corona solare.

d'animo ecc. Il diario poi, benché incompleto, riveste una certa importanza perché è l'unico che si conservi in un Osservatorio, dal momento che gli altri diari di viaggio di Secchi sono invece conservati nell'imponente "Fondo Secchi" della Pontificia Università Gregoriana.

Secchi si recò in Spagna ad osservare l'eclisse del 18 luglio 1860, su invito del direttore dell'Osservatorio di Madrid, Antonio Aguilar, col supporto finanziario di Pio IX. La stazione scelta per le osservazioni del fenomeno era il convento dei Carmelitani detto il Desierto de Las Palmas, già utilizzata da François Arago, ai primi dell'Ottocento, nelle operazioni di triangolazione per l'estensione della meridiana di Francia fino alle Baleari.

La spedizione partì da Madrid, passò da Valencia e giunse a Castellón de la Plana, città vicino alla quale si trovava il Desierto de Las Palmas. Determinato a catturare delle fotografie del fenomeno (cosa che non era finora riuscita mai ad un astronomo, ma solo ad un esperto dagherrotipista all'Osservatorio di Königsberg nel 1851), Secchi portò con sé il suo telescopio di Cauchoix, che doveva servire per le operazioni fotografiche, un declinometro Jones e vari accessori, mentre Aguilar aveva con sé un telescopio Steinheil e vari strumenti meteorologici. Man mano, nel suo procedere, alla spedizione si aggiungeva altro personale, che comprendeva sia professori universitari che abili astrofili, con i loro strumenti.

Giunti al convento, dove furono accolti dal Priore, Secchi e i suoi compagni rimasero delusi dal luogo della stazione, che trovarono inadeguato, per la presenza di montagne circostanti. Decisero, quindi, di utilizzare due eremi vicini, in posizione poco più vantaggiosa, dove collocarono gli apparecchi fotografici e lo strumento dei passaggi. Per le osservazioni visuali, ispezionarono la vicina chiesetta di San Miguel, posta sulla cima dell'omonimo monte, con ottima visuale ma ardua da raggiungere. Convennero comunque

di stabilirsi lì per eseguire le osservazioni astronomiche e meteorologiche, dopo aver faticato non poco a convincere il Priore che collocare una stazione astronomica in una chiesa non significava profanarla!

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari, ovvero disimballare le casse, preparare i pilastrini per gli strumenti, tarare barometri e termometri e montare i telescopi, la sera del 6 luglio si iniziò a dormire negli eremi, in condizioni molto disagiate, per poter effettuare osservazioni notturne e prove fotografiche. Secchi, preoccupato per la riuscita delle fotografie, eseguì diverse prove, anche nei giorni successivi, fino ad ottenere la qualità desiderata.

Alla vigilia dell'evento, tutto era pronto: nell'eremo di San Juan erano già in funzione il telescopio Cauchoix e il laboratorio fotografico, nonché strumenti spettroscopici e polariscopici, mentre nella chiesa di san Miguel furono installati il telescopio Steinheil di Aguilar, il declinometro, un termomoltiplicatore Melloni e vari strumenti meteorologici.

Durante le rettifiche degli strumenti, tuttavia, si evidenziarono alcuni elementi preoccupanti per la riuscita delle osservazioni: gli astronomi notarono, infatti, che al mattino era solita formarsi una nube in cima all'altura dove era ubicata la chiesetta di San Miguel e decisero di tenere pronte delle cavalcature per portar via gli strumenti e collocarli a valle, in caso di permanenza della nube in vicinanza dell'eclisse.

Ed in effetti, la mattina seguente, col vento debole, il cielo era rimasto inizialmente limpido, ma col rafforzarsi del vento, ecco formarsi la temuta nube. La descrizione che Secchi fa dello stato d'animo della comitiva è, come nel suo stile, venata di fine umorismo:

La posizione nostra era tanto più critica in quanto che, con grande rammarico, avevamo sott'occhio tutta la pianura libera affatto da ogni vestigio di nubi, e con solo un poco di nebbia bassa che si andava dileguando. Erano giunte le 11 ore e 1/2 e si stava in questo stato desolante con una nube fissa e inchiodata sul nostro capo come per proteggerci dai raggi solari; servizio che sarebbe stato ottimo in qualunque altra occasione tranne l'attuale. Guardavamo ansiosamente il barometro e il mulinello del vento per vedere se quello si alzava e questo accelerava, ma tutto era nulla, e tutto andava con una specialissima monotonia. Credo che se il barometro avesse potuto ca-

pire avrebbe avuto compassione di noi e che non mai alcuna nube fu studiata con maggior attenzione.

In questa esasperante incertezza, Secchi cominciò a pensare di scendere in pianura per vedere bene almeno la totalità, ma quando decise a muoversi, era già troppo tardi perché occorrevano almeno tre ore per la discesa, un margine di tempo che metteva a rischio l'osservazione del fenomeno.

La spasmodica attesa degli astronomi fu interpretata dal capannello di curiosi accorsi dai villaggi vicini come se dubitassero del verificarsi dell'eclisse; Secchi descrive quindi umoristicamente il contrasto tra lo stato d'animo degli abitanti del luogo, per i quali l'eclisse era un'occasione di festa, e quello degli astronomi:

Durante tutta la mattinata fino al fine della totalità il monte presentava un aspetto veramente pittoresco a tutti, fuorché a noi. Tutti i villaggi di intorno si erano votati [= svuotati], e colà aveano inviati i loro abitanti in abiti di mezza festa almeno; crocchi di donne, di uomini di ragazzi di ogni specie si stipavano attorno agli strumenti mentre altri sparsi qua e colà al vezzo de' pini faceva-

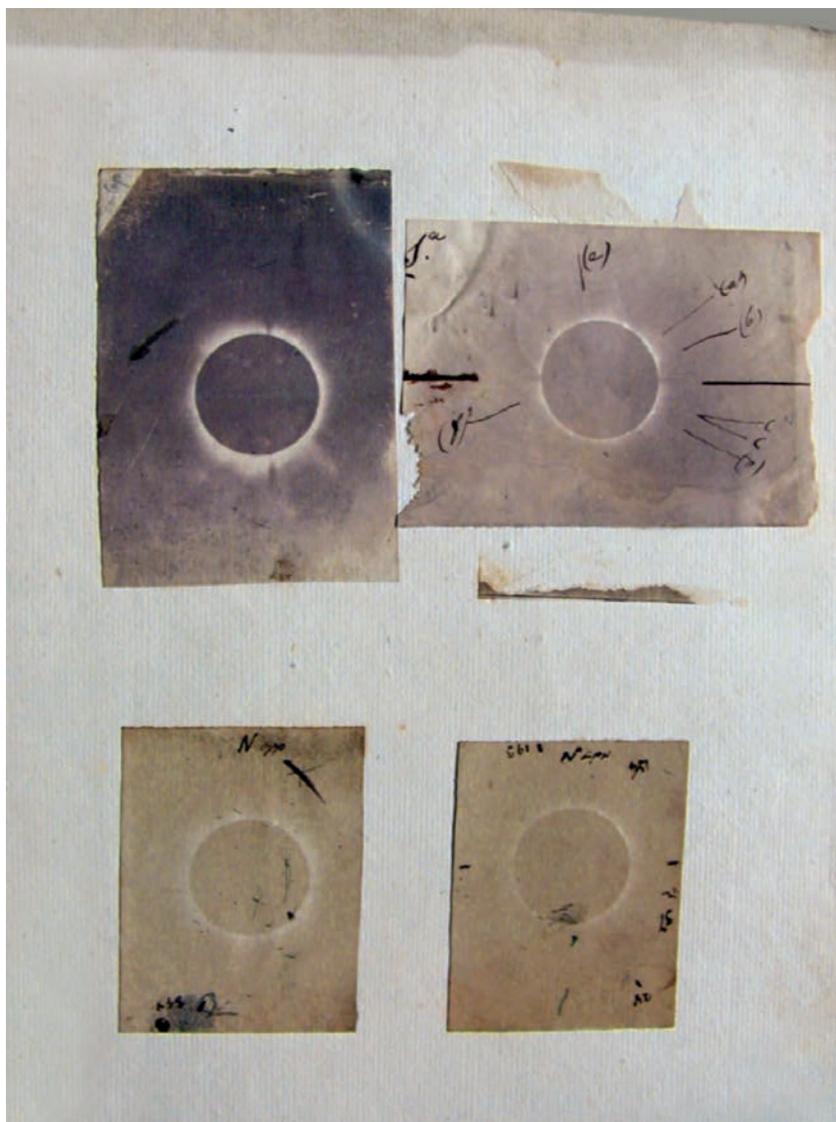


FIG. 4. Fotografie della totalità, con annotazioni di mano Secchi.

no le buone colazioni, trinciando buoni pezzi di manzo arrosto, bevendo e cantando, che per noi, che vedevamo la nube colà inchiodata, faceva veramente invidia della loro bonarietà. Per noi la colazione non fu certo la più gustosa quel dì!

L'attesa fu fortunatamente ben ripagata: la nube infatti, poco a poco, iniziò ad assottigliarsi e l'osservazione dell'eclisse riuscì bene, malgrado un temporale in avvicinamento.

Col progredire dell'eclisse, Secchi e i suoi compagni presero nota di tutta una serie di dati, tra cui le variazioni di luce e di temperatura prodotte da questo fenomeno. Intanto, la falce solare si assottigliava sempre più e, poco prima che sparisse, Secchi vide finalmente comparire l'oggetto principale dei suoi studi, ovvero le protuberanze solari. Dopo aver esaminato il bordo solare, Secchi diede anche un'occhiata alla corona, tentando delle misure polariscopiche. Quindi, assistette alla progressiva fine del fenomeno, con la riapparizione del disco solare.

Il principale risultato della spedizione di Secchi in Spagna fu la registrazione fotografica delle varie fasi dell'eclisse; quattro di queste riprodussero la totalità, con la corona e le protuberanze, cosicché fu possibile fissarne il numero e la posizione, raccogliendone i dettagli in un disegno.

Le fotografie ottenute da Secchi in Spagna furono cruciali per dirimere una delle principali questioni scientifiche dell'epoca, ovvero se le protuberanze fossero fenomeni realmente appartenenti al Sole o piuttosto illusioni ottiche. Il confronto tra le fotografie eseguite da Secchi e quelle eseguite dall'astronomo inglese Warren de la Rue, altro pioniere della fotografia astronomica, in una stazione distante oltre 500 km da quella di Secchi, mise in evidenza la coincidenza dei dettagli nei due set di fotografie, confermando che le protuberanze sono fenomeni solari.

Va aggiunto che l'Archivio dell'INAF-Osservatorio di Roma possiede anche alcune lettere di De la Rue a Secchi su questo importante argomento, che meriterebbe di essere ulteriormente studiato e approfondito, insieme alle tante altre tematiche relative agli studi e alla figura di Angelo Secchi. Un primo tentativo che va in questa direzione è la pubblicazione di una biografia di Secchi in inglese, attualmente in fase di revisione, che farà parte della collana *Jesuit Studies* della casa editrice Brill, nella quale

ampio spazio viene dato ai materiali di archivio Dell'INAF-Osservatorio di Roma. Il "Fondo Secchi" dell'INAF-Osservatorio di Roma è infatti certamente, dopo quello della Pontificia Università Gregoriana, il fondo più ricco ed importante per approfondire la figura del celebre scienziato e i documenti sui quali qui si è voluta soffermare l'attenzione non sono che una delle tante preziose testimonianze ivi contenute, ancora da esplorare.

Referenze bibliografiche

- A. ALTAMORE, S. MAFFEO (a cura di), *Angelo Secchi e l'avventura scientifica del Collegio Romano*, Quater, Foligno, 2012.
- P. BAYART, *La méridienne de France et sa prolongation jusqu'aux Baléares*, «Revue XYZ», No. 116, 3° trimestre 2008, pp. 58-62.
- I. CHINNICI, RM.09. *SECCHI ANGELO (1818-1878) [Stazione astronomica al Desierto de Las Palmas]*, in *Starlight. La nascita dell'astrofisica in Italia*, a cura di I. Chinnici, Arte'm, Napoli, 2016, p. 50.
- I. CHINNICI, *Il profilo scientifico e umano di Angelo Secchi*, in *Angelo Secchi e l'avventura scientifica del Collegio Romano*, a cura di A. Altamore, S. Maffeo, Quater, Foligno, 2012.
- A. SECCHI, *Observations faites pendant l'eclipse totale du 18 juillet 1860 sur le sommet du mont saint-Michel au Desierto de Las Palmas en Espagne*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», LI, 1860, pp. 156-162; 276-279; 386-388.
- A. SECCHI, *Sull'eclisse solare totale osservato in Spagna nel 18 luglio 1860*, «Memorie dell'Osservatorio del Collegio Romano 1860-62», vol. II, 1863, pp. 33-52.

I DOCUMENTI:

Vedi le FIGURE e le relative didascalie (tutti i documenti provengono da: INAF-Osservatorio Astronomico di Roma, Archivio storico).

Ileana Chinnici è ricercatore astronomo dell'INAF-Osservatorio Astronomico "G. S. Vaiana" di Palermo e Adjoint Scholar della Specola Vaticana. Laureatasi nel 1992 in Fisica con tesi in storia dell'astronomia, i suoi interessi di ricerca vertono principalmente sulla storia dell'astronomia e dell'astrofisica nell'Ottocento, con particolare attenzione alle fonti archivistiche. Nel 2001 ha collaborato all'edizione dell'inventario di archivio del Fondo Secchi della P. Università Gregoriana.

Agnese Mandrino è responsabile della Biblioteca e dell'Archivio storico dell'Osservatorio Astronomico di Brera a Milano. Coordina il progetto "Specola 2000" per il riordino e la valorizzazione degli archivi storici degli Osservatori.

Mauro Gargano, laureato in Astronomia presso l'Università di Padova, ha un assegno di ricerca presso l'Osservatorio Astronomico di Capodimonte a Napoli, dove si occupa anche dello studio e valorizzazione della collezione storica esposta nel Museo degli Strumenti Astronomici.

Antonella Gasperini è responsabile della Biblioteca e dell'Archivio storico dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri. Collabora con le attività di diffusione della cultura scientifica e di valorizzazione del patrimonio storico dell'Osservatorio.

Spigolature astronomiche*

A cura di Annibale D'Ercole

INAF · Osservatorio di astrofisica e scienza dello spazio di Bologna (OAS)

La temperatura di equilibrio

Claudio Elidoro

FIN da piccoli abbiamo imparato che i pianeti non brillano di luce propria, ma il loro luccichio è dovuto al fatto che riflettono la luce solare. Sono le caratteristiche della loro superficie, le distanze in gioco e la geometria di questi giochi di luce che fanno risplendere in modo più o meno vistoso un pianeta (ne abbiamo parlato nelle “Spigolature” del settembre 2012, giugno 2013 e settembre 2014).

Non abbiamo mai considerato, però, le conseguenze dell'irraggiamento solare su una superficie planetaria. La radiazione che investe un pianeta, infatti, trasporta energia e dunque finisce inevitabilmente col contribuire al suo bilancio energetico. D'altra parte, la fisica ci insegna che qualunque oggetto caratterizzato da una temperatura non nulla irradia energia, il che significa che il bilancio energetico di un pianeta, oltre alla componente in entrata (energia proveniente dal Sole) deve contemplare anche una componente in uscita.

Con molto tempo a disposizione – beh, i pianeti del Sistema solare hanno potuto disporre di 4 miliardi di anni – e senza nessun'altra diavoleria in azione, è inevitabile che il bilancio energetico finisca con l'attestarsi sul pareggio, con l'energia apportata dal Sole in perfetto equilibrio con l'energia irraggiata dalla superficie planetaria. A questa situazione corrisponderà un ben preciso valore della temperatura della superficie planetaria e a tale grandezza verrà dato il nome di “temperatura di equilibrio”. Rimandiamo al livello avanzato le considerazioni che ci porteranno a trovare la sua formulazione.

Talvolta ci si riferisce a questa grandezza con il termine di “temperatura di corpo nero equivalenten-

te” di un pianeta, una terminologia che sottolinea in modo evidente come si stia considerando una situazione teorica. A rendere praticamente carta straccia le valutazioni della temperatura di un pianeta, ottenute dal calcolo della temperatura di equilibrio, infatti, contribuisce, in modo decisivo, la presenza di un'atmosfera e dell'effetto serra ad essa associato.

Il caso più evidente è quello di Venere. Il calcolo della temperatura di equilibrio di questo pianeta, infatti, suggerisce un valore di 250 K, dunque intorno a $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. I dati astronomici, però, indicano che la superficie del pianeta sperimenta temperature medie di $462\text{ }^{\circ}\text{C}$ (735 K) e che non c'è praticamente differenza tra temperatura diurna e notturna. La responsabilità di questo torrido calderone, costantemente riscaldato a temperature tranquillamente in grado di fondere il piombo ($T_{\text{fusione}} = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$) e persino lo zinco ($T_{\text{fusione}} = 419\text{ }^{\circ}\text{C}$), è del devastante “effetto serra” innescato dall'atmosfera del pianeta.

L'atmosfera di Venere è quasi cento volte più massiccia della nostra (al suolo la pressione è 92 volte quella terrestre) ed è costituita quasi esclusivamente da anidride carbonica. Queste molecole, assorbendo la radiazione termica infrarossa emessa dalla superficie, le impediscono di abbandonare il pianeta, con l'inevitabile conseguenza di un rovinoso aumento della temperatura superficiale. L'atmosfera di Venere, insomma, si comporta proprio come i vetri di un'automobile nei mesi estivi. È esperienza comune che, dovendo risalire in macchina dopo averla lasciata parcheggiata al sole e con i vetri alzati, ci ritroviamo a dover fare i conti con temperature infernali. L'effetto viene proficuamente utilizzato per mantenere un caldo tepore all'interno di una serra, anche nei gelidi mesi invernali ed è per tale motivo che viene chiamato effetto serra.

Per nostra fortuna, purché rimanga a livelli adeguati, anche la Terra sperimenta un benefico effetto serra. Se la situazione termica del nostro pianeta dovesse dipendere unicamente dalla temperatura di equilibrio, infatti, staremmo veramente freschi. Nel vero senso della parola, dato che sperimenteremmo una temperatura media di 250 K, equivalenti a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ sotto lo zero. Per nostra fortuna, la presenza in at-

* Questa rubrica si propone di presentare in modo sintetico e, per quanto possibile, autoconsistente argomenti che stanno alla base della conoscenza astronomica, spesso trascurati nella letteratura divulgativa, in quanto ritenuti di conoscenza generale oppure troppo difficili o troppo noiosi da presentare ad un pubblico non specialistico. Questi “fondamenti di astronomia”, volutamente trattati in uno spazio limitato, possono essere letti a due livelli; eventuali approfondimenti per i lettori che desiderino ampliare la conoscenza dell'argomento vengono esposti in carattere corsivo e incorniciati. Si suggerisce questa rubrica, quindi, a studenti dei vari tipi e livelli di scuole. Le *Spigolature astronomiche* si possono trovare anche in rete, nel sito Web del «Giornale di Astronomia», <http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/giornale.html>.

mosfera dei cosiddetti gas serra (anidride carbonica, vapore acqueo, metano, ...) intrappola parte del calore emesso dalla superficie, impedendogli di disperdersi nello spazio. Il processo è molto efficace e riesce ad innalzare la temperatura media della Terra al confortevole valore di 14 °C, condizione indispensabile per lo sviluppo della vita che noi conosciamo.

L'aspetto problematico è che molti gas serra sono di origine antropica – si pensi per esempio ai clorofluorocarburi (CFC) e molecole simili – e il loro aumento incontrollato finirebbe col potenziare in modo pericoloso l'effetto serra, trasformandolo da effetto benefico per il pianeta in problema estremamente grave. Volendo fare una battuta amara, tra i gas serra figura anche il protossido d'azoto, un gas altrimenti noto come gas esilarante. Ma c'è davvero poco da ridere: secondo l'agenzia americana per la protezione ambientale (EPA), infatti, valutando su un tempo di cento anni il suo potenziale di riscaldamento climatico per unità di massa, risulta 310 volte più significativo di quello dell'anidride carbonica.

Come anticipato, proviamo a calcolare quale potrebbe essere la temperatura di equilibrio di una superficie planetaria. Detto in modo estremamente sbrigativo, dovremo valutare quanta energia proveniente dalla sua stella raccoglie la superficie del pianeta e quanta a sua volta ne riemette sotto forma di radiazione di corpo nero. La temperatura di equilibrio sarà la temperatura alla quale questi due valori saranno uguali, cioè il bilancio energetico della superficie planetaria sarà in pareggio.

Chiamando R_p il raggio del pianeta, avremo che la sua sezione trasversale investita dall'energia della stella sarà πR_p^2 . Inoltre, poiché il pianeta è collocato a una certa distanza (d) dalla stella, la frazione di energia raccolta sarà il rapporto tra la sezione trasversale del pianeta e la superficie della sfera centrata nella stella con raggio d .

Rapporto che, in formule, è dato da:

$$\frac{\pi R_p^2}{4\pi d^2} = \frac{R_p^2}{4d^2} \quad (1)$$

Per calcolare l'energia complessiva emessa dalla stella (praticamente il valore della sua luminosità L_s) facciamo ricorso alla legge di Stefan-Boltzmann. Secondo questa legge, la luminosità di una stella è data da:

$$L_s = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4 \quad (2)$$

dove con R_s abbiamo indicato il raggio della stella, con T_s la sua temperatura superficiale e σ è la costante di Stefan-Boltzmann.

Tenendo conto della (1) e della (2) possiamo esprimere l'energia destinata a investire la superficie planetaria come:

$$E = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4 \cdot \frac{R_p^2}{4d^2} \quad (3)$$

Nella (3) è sottinteso che il pianeta raccolga tutta l'energia che lo investe, ma questo non è affatto vero. Sappiamo bene, infatti, che, tra le proprietà di ogni superficie, comprese quelle planetarie, vi è la capacità di riflettere parte della radiazione che la investe, una caratteristica chiamata "albedo" (A). Visto che, per definizione, una superficie perfettamente riflettente ha albedo pari a 1, la quantità $(1-A)$ indicherà la parte di energia che non viene respinta, ma viene catturata dalla superficie stessa. Questo significa che, per trovare l'energia che effettivamente rimane sulla superficie planetaria e contribuisce al suo bilancio termico (E_{IN}), dobbiamo correggere la (3) moltiplicandola per il fattore $(1-A)$. Otteniamo in tal modo:

$$E_{IN} = 4\pi R_s^2 \sigma_s^4 \cdot \frac{R_p^2}{4d^2} \cdot (1-A) \quad (4)$$

A questo punto dobbiamo valutare quanta energia emette la superficie planetaria sotto forma di radiazione di corpo nero (E_{OUT}). Anche in questo caso ricorriamo alla legge di Stefan-Boltzmann e, praticamente, riscriviamo la (2) riferendola al pianeta:

$$E_{OUT} = 4\pi R_p^2 \sigma T_p^4 \quad (5)$$

All'equilibrio la radiazione raccolta e la radiazione emessa dovranno essere uguali. Uguagliando dunque la (4) e la (5) ed estraendo opportunamente la radice quarta in entrambi i membri possiamo ottenere l'espressione che ci indica la temperatura di equilibrio della superficie planetaria:

$$T_p = \sqrt[4]{1-A} \cdot T_s \cdot \sqrt{\frac{R_s}{2d}} \quad (6)$$

Si tratta ora di mettere alla prova l'espressione trovata.

Già si è accennato a quanto la presenza dell'atmosfera mantenga lontano dalla temperatura d'equilibrio le superfici di Venere e della Terra. Approfittiamo della (6) per calcolare le temperature di equilibrio per gli altri due pianeti di tipo terrestre del Sistema solare.

Nel caso del pianeta Mercurio, dunque, inserendo nell'espressione il valore della sua albedo (0,138), quello della sua distanza media dal Sole (0,38 UA, dunque $5,7 \times 10^7$ km), la temperatura superficiale della nostra stella (5800 K) e la misura del suo raggio (7×10^5 km), otteniamo per T_p un valore di 438 K. I dati relativi alle temperature superficiali di Mercurio, però, ci dicono che, a causa del suo lento moto rotatorio, vi sono incredibili differenze di temperatura tra l'emisfero soleggiato (465 °C, pari a 738 K) e quello in ombra (-184 °C, pari a 89 K). La superficie, insomma, non riesce ad avvicinarsi a

una situazione di equilibrio termico; curiosamente, se facciamo una media tra i due valori otteniamo comunque una temperatura perfettamente in linea con quella calcolata con la (6).

Se effettuiamo gli stessi calcoli per il pianeta Marte (albedo 0,15 e distanza media dal Sole pari a $2,28 \times 10^8$ km) otteniamo per T_p il valore di 218 K, pari a circa -55 °C. Siamo dunque perfettamente in

linea con i valori medi di temperatura registrati sulla superficie del Pianeta rosso. Complice la rotazione sufficientemente rapida del pianeta (il giorno dura solamente 37 minuti in più di quello terrestre) e l'estrema rarefazione della sua atmosfera (oltre cento volte più rarefatta di quella terrestre), la temperatura della superficie si attesta proprio intorno alla temperatura di equilibrio.

Claudio Elidoro si è laureato in Astronomia presso l'Università di Bologna con una tesi riguardante i Corpi minori del Sistema solare e si è diplomato al Master in Comunicazione Scientifica presso l'Università di Milano. È insegnante di matematica in una scuola professionale di Cremona e svolge attività di divulgazione astronomica scrivendo articoli per riviste del settore. Ha curato la prima parte della versione *online* delle "Spigolature Astronomiche". Nel dicembre 2006 il *Minor Planet Center* ha assegnato il suo nome all'asteroide "(43956) Elidoro".

Marino Perissinotto.

Un astrofilo d'altri tempi, un astrofilo di serie "A"

Paolo Campaner

Italian Supernovae Search Project - ISSP

Ho trovato il tempo per una promessa – l'avevo fatta ad un grande carissimo amico di astronomia – il racconto, gli aneddoti di una vita di un astrofilo di altissimo livello, di una persona un po' riservata, modesta schiva alle esibizioni, ma appassionata e di profonda cultura.

In questa breve intervista che gentilmente mi ha concesso nella sua abitazione a Colfrancui, una frazione di Oderzo in provincia di Treviso, emergono le passate amicizie e l'emozione dei tanti suoi limpidissimi ricordi, tra passione e seria ricerca scientifica.

So di parlare con il top della ricerca amatoriale, da sempre, da quando giovane astrofilo incosciente venivo a disturbarlo per carpire qualche segreto, poche rubate parole mi bastavano per intuire le aggiornate tecniche di sviluppo o su come usare al meglio la metodica di ricerca, allora non c'era Internet, ma non se ne sentiva la mancanza.

Difficile trovare le parole per descrivere un astrofilo come Marino Perissinotto, primo perché raccontare la sua lunga attività di ricercatore, nato il 23 marzo 1931, non basterebbe un volume di dati e, secondo, perché è anche raccontare una parte della vita del grande prof. Giuliano Romano.

Nel suo studio, alle pareti, fanno mostra centinaia di dispense, pubblicazioni SAIt, grossi voluminosi atlanti, materiale fotografico accumulato, composto da migliaia di lastre meticolosamente catalogate, mentre da un'ampia finestra a sud si può scorgere, a pochi metri, l'annessa casetta osservatorio con tetto scorrevole, immersa in un verde orizzonte, testimone silenziosa di tante notti passate sotto le stelle.

Il racconto inizia e si perde parecchi anni fa, quando Marino, allora quattordicenne studente, interessato sia di letteratura che di astronomia, leggendo una rivista di autocostruzione astronomica, riesce ad imbastire il suo primo semplicissimo cannocchiale con dei tubi, lenti da occhiali e un contafile.

I seppur modesti risultati lo incuriosiscono e lo emozionano, a tal punto da prendere contatti con la scienza ufficiale, direttamente all'Osservatorio di Trieste, scrivendo al prof. Leonida Martin e al prof. Alberto Abrami, i quali, intuendone la grande passione, lo indirizzarono al prof. Giuliano Romano di Treviso.

Proprio da Romano, riceve i primi consigli e indirizzi su dove trovare utili informazioni, abbonan-

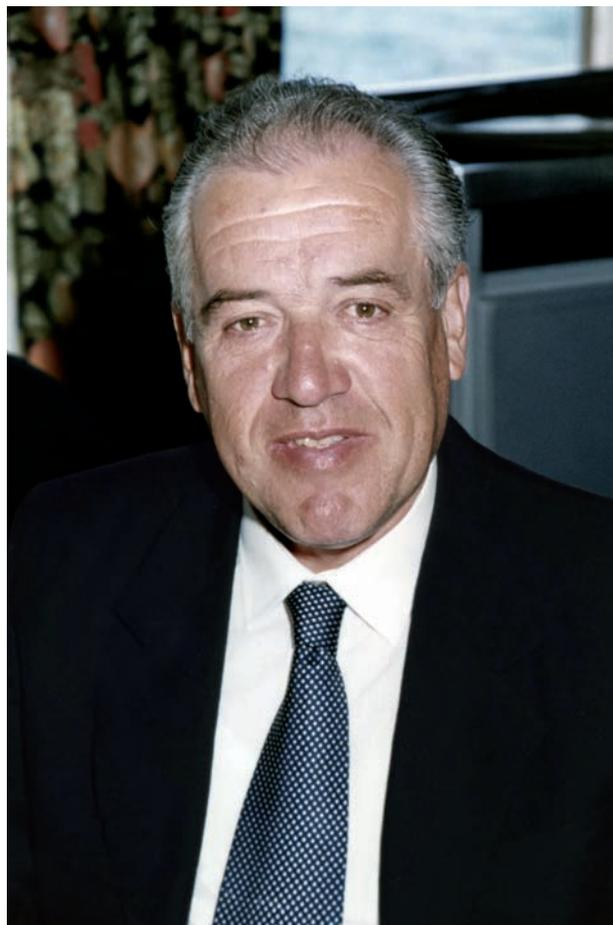


FIG. 1. Marino Perissinotto, nato nel 1931, fervente e appassionato astrofilo, formò negli anni '60 con Giuliano Romano un formidabile binomio nel campo delle stelle variabili. (per questa e tutte le altre foto, crediti: Marino Perissinotto)

dosi alle allora principali riviste astronomiche, come *L'Astronomie*, *Sky & Telescope* e *Coelum*, avendo avuto poi anche la fortuna, nel 1950 a Bologna, di conoscerne l'allora direttore, il grande prof. Guido Horn D'Arturo.

Le esigenze osservative lo spinsero in seguito a costruire un semplice moto orario ricavato da un vecchio giradischi, gli servì allora per studiare alcune stelle variabili in collaborazione con il prof. Romano, le riprese erano eseguite con una semplice Rollei e i risultati non mancarono.

Fu così che, dopo pochissimi anni, intraprese l'autocostruzione ben più complessa di un telescopio newtoniano da 22 cm di diametro! In questo modo, l'allora diciottenne Marino, trafficando di meccanica in un'officina, con il supporto poi del



FIG. 2. Il primo telescopio newton da 22 cm, autocostruito con ottica di Virgilio Marcon.

grande prof. Virgilio Marcon che gli procurò lo specchio e le parti ottiche necessarie, riuscì nell'impresa di produrre le prime serie ed emozionanti osservazioni.

Solo pochi anni dopo, nel 1956, la sua strumentazione si potenziò, con un nuovissimo telescopio newtoniano (Conte/Marcon) da 25 cm F/5, progettato gemello di quello installato da Romano a Treviso, era l'inizio di un grande progetto di indissolubile collaborazione scientifica e umana tra i due astrofili! Già nel 1957, presentato da Romano, entra a far parte della Società Astronomica Italiana (SAIt).

È in questo periodo che riesce ad accumulare moltissime immagini, usando lastre Ferrania "Cappelli blu" e producendo stime fotometriche visuali, di una tale rigorosa precisione, che il grande prof. Leonida Rosino, sentiti gli apprezzamenti di Romano, lo volle al lavoro all'Osservatorio di Asiago, per l'utilizzo dei prestigiosi Schmidt, al piccolo 47/60 e al grande 67/90.

Nel 1961, si realizza in Italia un evento eccezionale che Perissinotto non si lascia scappare, l'eclisse totale di Sole del 15 febbraio. L'equipe dell'Osservatorio di Padova e Asiago, formata per lo scopo da Rosino, Romano, Francesco Bertola e Guido Chincarini, trascina l'ancora giovanotto Marino in questa impresa.

Trasferisce per l'evento ad Alassio, in Liguria, ben due strumenti, entrambi da lui stesso progettati e allestiti. Parliamo di un newtoniano da 300 mm ar-



FIG. 3. Il secondo telescopio newton da 25 cm con montatura Conte, ottica Virgilio Marcon.

gentato e di un astrografo con vari filtri. L'impresa per l'epoca ebbe risultati eccellenti: lo dimostrano un esempio delle immagini riprese manualmente in tutti i sensi, con lastre, portalastre e otturatori a soffietto, nulla poteva essere lasciato al caso. Tutto questo a dimostrare le sue grandi doti di serietà, professionalità ed esperienza, richieste in quei pochi concitati minuti, immagini che finirono poi sulle riviste scientifiche come *Coelum* e quotidiani come *l'Osservatore Romano*.

Parentesi come questa non fermano l'ormai attivo studio delle stelle variabili condiviso con Romano, portando, tra gli anni 1964-'66 alle prime pubblicazioni scientifiche sulle *Memorie della SAIt* che riportano ricerche dell'Osservatorio Astronomico di Padova su centinaia di stelle di tipologie diverse, come RR Lyr, U Gem, irregolari, Cefeidi, Mira, ad eclisse, sospette da confermare, studi riconosciuti e riportati anche in ambienti scientifici ungheresi e russi.

Ma, oltre agli studi citati, seguirono tante emozionanti scoperte, circa 30 variabili, depositate presso gli archivi dell'International Astronomical Union, che non passavano inosservate all'accurato esame comparativo visuale dei campi stellari analizzati.

Credo sia stato fra primi in Italia a progettare e utilizzare, nel 1973, telescopi di tipo Schmidt, appositamente gemelli e allestiti per i due "superastrofili" dalla ditta Marcon di San Donà di Piave e accoppiati in montatura con i precedenti newtoniani da 25 cm.

Racconta Marino che, nelle straordinarie immagini da 5° di campo prodotte dal telescopio Schmidt, le stelle erano talmente puntiformi da metterlo a volte in difficoltà nell'analisi fotometrica.

La coppia Romano-Perissinotto in quell'epoca diventò così un riferimento nello studio delle variabili, un esempio per tutta l'astronomia amatoriale e professionale, sia nazionale che internazionale, dall'AAVSO all'Accademia delle Scienze Sovietica, ricevendo riconoscimenti invidiabili da tutto il mondo



FIG. 4. Attuale configurazione realizzata dalle Officine Marcon, Schmidt e Newton in parallelo, entrambi da 25 cm di apertura, con rifrattore di guida.

scientifico; da citare alcuni studi su conferme e scoperte, pubblicati sullo storico catalogo russo di stelle variabili, il *General Catalogue of Variable Stars* di B. V. Kukarkin e P. P. Parenago.

In quegli anni, ricorda Marino, lo studio delle variabili era basato su una paziente procedura, fatta di tanta ricerca sui poderosi atlanti, su cartine fatte a mano col dettaglio del campo e l'oggetto centrato attorno dalle stelle di confronto con magnitudine conosciuta, ma questo, aggiunge, era soltanto la preparazione. Seguivano poi ore di posa notturna all'oculare di guida, cambi di lastra e di campo, in tutto riusciva a registrare circa 6 oggetti per sessione, poi di corsa a sviluppare meticolosamente il materiale fotografico impressionato, seguito dalle attente e scrupolose analisi visuali successive.

Tutte le riprese erano effettuate con filtro giallo per riportare i parametri al V (visuale), riuscendo con la sua capacità visiva a discernere variazioni di un decimo di magnitudine. Spesso i *target* venivano seguiti per mesi e anche per decenni, raccogliendo una enorme mole di dati.

Per lo scopo venivano stampate immagini dei campi stellari in negativo su carta, per facilitare le stime. In mezzo alle stelle note poteva esserci una nuova variabile!

Purtroppo, una rivoluzione epocale era in arrivo, dopo i primi anni Ottanta, con l'avvento dei sensori digitali, ebbe inizio un processo irreversibile e per molti astrofili diventò una difficile battaglia per la sopravvivenza.

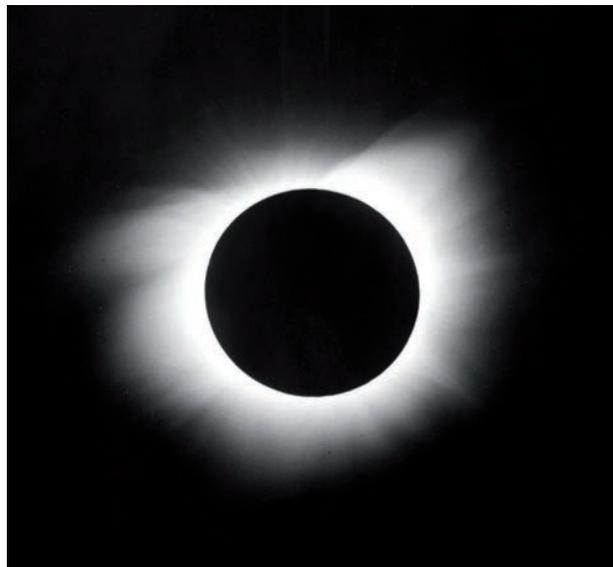


FIG. 5. Corona solare ripresa durante l'eclissi di Sole del 15 febbraio 1961, ripresa ad Alassio con il telescopio da 30 cm di diametro e 180 cm di lunghezza focale.

Di fatto, questo processo fece tramontare le vecchie lastre fotografiche e mise in crisi un sistema, un certo tipo di cultura e quel duro lavoro operativo, essenzialmente legato alle capacità umane, difficile da riorganizzare alla luce delle nuove tecnologie.

Ma il fermento astronomico trevigiano non conosce soste, nel 1992 Marino, assieme a Romano, organizza un memorabile convegno su "Astronomia nel Veneto", collegandolo a un concorso artistico a tema per studenti trevigiani e a portare nella città di Oderzo (TV) gran parte della scienza astronomica italiana, direttori di Osservatori e studiosi collegati, nomi come F. Bertola, R. Barbon, M. Capaccioli, V. Castellani, G. Favero, G. Maccagni, C. Pecile, L. Rosino, R. Ruffini, oltre a numerosi astrofili convenuti, fra cui lo scrivente, legati e riconoscenti di tanta esemplare passione.

Un bellissimo emozionante evento, ricorda Marino, fu la degna e gratificante conclusione di un periodo storico irripetibile e indimenticabile.

Molti astrofili d'altri tempi, come il carissimo Marino Perissinotto mi racconta, non abituati alle tastiere dei computer ed alle elaborazioni digitali, dovettero arrendersi, consapevolmente, al dilagante progresso ma non alla passione, di cui rimarranno indimenticabili le emozioni e i ricordi in un posto sperduto in fondo al cuore.

Paolo Campaner, nato nel 1952 a Zenson di Piave, diplomato analista chimico, è residente a Ponte di Piave. Appassionato di astronomia dal 1968, con diverse pubblicazioni su *Coelum* e *Coelum Astronomia*. Si occupa di ricerca di supernovae dal 2013, fa parte del gruppo italiano ISSP (*Italian Supernovae Search Project*: <http://italiansupernovae.org/>), ha in attivo 15 scoperte. Dal 2017 è tra i primi 10 cacciatori di supernovae da sempre in Italia.

A cura di Alberto Cappi

INAF · Osservatorio di astrofisica e scienza dello spazio di Bologna (OAS)

L'infinita curiosità Breve viaggio nella fisica contemporanea

Vincenzo Barone, Piero Bianucci
Edizioni Dedalo, 2017
Copertina flessibile, pp. 192, € 22,00
ISBN 9788822057013
www.edizionidedalo.it

QUESTO libro trae titolo e contenuti dalla mostra "L'infinita curiosità. Un viaggio nell'universo in compagnia di Tullio Regge" ospitata dal 22 settembre 2017 al 18 marzo 2018 al palazzo dell'Accademia delle Scienze di Torino. Ho avuto il piacere di visitare questa interessante mostra, realizzata nell'ambito delle attività del Sistema Scienza Piemonte, con un accompagnatore d'eccezione: Piero Bianucci, giornalista e maestro di divulgazione scientifica in Italia, che ha curato la mostra insieme a Vincenzo Barone, fisico teorico.

Gli stessi Barone e Bianucci sono gli autori del libro, che ci propone con rigore e semplicità un viaggio ideale dall'immensamente grande all'estremamente piccolo, attraverso lo spazio, il tempo e la materia, alla scoperta delle meraviglie della fisica contemporanea.

Nel corso del Novecento la nostra visione del mondo è stata rivoluzionata da due formidabili teorie fisiche, la relatività (ristretta e generale) e la meccanica quantistica, che hanno ampliato i confini dell'universo noto. Fino al Seicento, si conosceva sostanzialmente ciò cui la vista poteva accedere: dagli oggetti più piccoli che l'occhio era in grado di percepire (come, per esempio, un granulo di polline) alle stelle fisse visibili in cielo, la cui distanza era stimata intorno ai 20.000 raggi terrestri (100 milioni di chilometri). Grazie all'invenzione e all'utilizzo del microscopio e del telescopio, la scala cosmica si è allungata in entrambe le direzioni e nell'arco di tre secoli ha guadagnato ben 31 ordini di grandezza verso il basso e 19 verso l'alto! Oggi, al fondo della scala cosmica, la dimensione minima che riusciamo a concepire in linea teorica è la lunghezza di Planck, 10^{-35} metri; in cima alla scala cosmica c'è l'orizzonte cosmologico che è dell'ordine di 10^{26} metri.

Percorrendo i gradini della scala cosmica, tra paradossi e simmetrie, ipotesi, teorie e osservazioni, il libro *L'infinita curiosità* offre una panoramica sia sui temi più affascinanti e intriganti della fisica contemporanea, dalle onde gravitazionali (rivelate direttamente per la prima volta nel settembre 2015) ai buchi neri, dalla relatività ai quanti, dalle particelle elementari ai nanosistemi, sia su alcuni dei protagonisti.

La narrazione è rigorosa ma allo stesso tempo coinvolgente, arricchita da preziose immagini degli strumenti scientifici, dei documenti storici e dalle fotografie dei protagonisti, e ci conduce fino alle frontiere delle attuali conoscenze. Potremo andare oltre? L'avventura della ricerca ovviamente continua ed è raccontata nelle pagine di questo libro. A muovere l'uomo è la sua infinita curiosità.

Tra i protagonisti della storia, gli autori si concentrano su Tullio Regge (1931-2014), uno dei fisici italiani più creativi della seconda metà del Novecento, autore di importanti scoperte in molti campi della fisica. In Italia e nel mondo è famoso per i suoi lavori nel campo della fisica teorica (i "Poli di Regge" e il "Calcolo di Regge", la prima versione quantizzata della relatività generale di Einstein). Regge è noto anche per la sua intensa attività di divulgatore, l'impegno come parlamentare, la lotta contro le pseudoscienze e la difesa dei disabili. Regge riteneva che il cammino verso l'immenso, il minuscolo e il profondo non avesse fine... proprio come la curiosità umana.

Il volume è ben strutturato in sei capitoli ed è accessibile a chiunque, mosso dalla curiosità, voglia conoscere le tante tematiche trattate e la figura poliedrica di Tullio Regge. Completano il testo una ricca bibliografia e un utile indice dei nomi.

ANDREA SIMONCELLI

Vincenzo Barone insegna fisica teorica all'università del Piemonte Orientale ed è socio dell'Accademia delle Scienze di Torino. Fa parte del comitato scientifico di *Asimmetrie*, la rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, collabora con quotidiani e periodici, ed è autore di diversi libri di successo.

Piero Bianucci è uno dei più noti giornalisti scientifici e divulgatori italiani, creatore del supplemento *Tuttoscienza* de *La Stampa* e autore di numerosi libri di divulgazione scientifica. Per molti anni ha diretto il mensile di cultura astronomica *le Stelle* fondato da Margherita Hack e Corrado Lamberti.

*

Le rivoluzioni dell'universo Noi umani tra corpi celesti e spazi cosmici

Giovanni F. Bignami
Giunti Editore, 2017
Copertina rigida, pp. 240, € 20,00
ISBN 9788809834583
www.giunti.it

L'ULTIMO libro di Giovanni Bignami, Nanni per molti, è sul mio tavolo per essere recensito sul

Giornale di Astronomia. È e sarà veramente l'ultimo perché l'autore non è più tra noi. L'amico Nanni, il collega, l'autorevole personaggio, lo sportivo, lo scienziato famoso, giornalista, noto divulgatore, sicuramente conosciuto a tutti i lettori di questo *Giornale*, è improvvisamente mancato il 24 maggio 2017. Gran parte dei successi che hanno caratterizzato i molteplici aspetti della sua intelligenza e che hanno contribuito alla sua fama sono già stati elencati da amici e autorevoli colleghi, i quali lo hanno affettuosamente ricordato su queste pagine (GdA vol. 43, n. 4, dicembre 2017). Per quanto mi compete, quindi, cercherò di fare ciò che Nanni avrebbe desiderato da me: una recensione del suo ultimo libro come se non fosse successo nulla.

Il volume è un *pot-pourri* di storie, riflessioni, previsioni concernenti le scienze dell'universo, le meglio qualificate, secondo l'Autore, a stimolare la rivoluzione, iniziata alcuni decenni fa, che contribuirà a salvare l'umanità; un'umanità che sta dando prova, più di qualsiasi altra causa, di essere la peggior nemica di se stessa. Prima di tutto, Nanni, il docente, non si limita ad elencare fatti e misure a supporto delle proprie tesi, ma spiega con chiarezza e semplicità la logica su cui basa le proprie convinzioni. Lo scopo finale è destare la fiducia dei giovani in un futuro che, momentaneamente, soffre di depressione.

I temi presi in considerazione sono cinque. Un capitolo iniziale analizza i "ferri del mestiere" dell'astrofisica. I giganteschi passi in avanti fatti dalla fisica nell'ultimo secolo hanno permesso di accedere all'informazione proveniente dall'universo attraverso l'intero spettro elettromagnetico. Giganteschi telescopi sono già operativi, altri in costruzione o in programma, sia per osservazioni da terra che dallo spazio, con sempre maggior risoluzione e area, capaci di rivelare radiazioni di intensità progressivamente minore e rendere visibili oggetti sempre più flebili e lontani.

Il primo tema dominante è la cosmologia osservativa, disciplina grazie alla quale sono stati stravolti secoli di teorie filosofiche. La conoscenza del Sistema solare in cui ci troviamo è arricchita al punto che l'astronomia classica ormai non consiste solo nell'osservare, ma nel "visitare" gli oggetti celesti, con la promessa di "visite guidate" grazie alla presenza di astronauti, inizialmente almeno su Marte. Non è necessario sottolineare questa rivoluzione, se si pensa che Galileo rischiò il rogo "semplicemente" per aver sostenuto che la Terra orbita intorno al Sole e non viceversa. Il povero Giordano Bruno invece non riuscì a scampare il rogo per aver sostenuto, senza cenno di pentimento, che esistevano altri pianeti nel firmamento gravitanti intorno a stelle lontane, probabilmente abitati da altri esseri viventi.

Oggi, la ricerca di pianeti extrasolari ha superato i 3000 oggetti ed è finanziata da governi di molti paesi. Questo numero dovrebbe essere sufficiente a convincere molti monsignori. Se tali pianeti siano abitati o meno, è una ricerca cui molti ricercatori stanno lavorando. Come conseguenza delle scoperte

dell'esplorazione planetaria extrasolare è nata una nuova disciplina: l'astrobiologia. Sull'argomento l'Autore sconfinava nella biologia e nell'annoso problema dell'origine della vita. È interessante leggere quali fossero le opinioni in merito di un astrofisico delle alte energie, famoso per la scoperta della famosa stella di neutroni Geminga. L'ultimo argomento affrontato, per alcuni lettori forse il più intrigante, ma che non desta molto interesse per il sottoscritto, si basa su una ipotesi "non fisica", ovvero non verificabile in quanto nessun essere vivente potrà verificarlo perché la vita, si prevede, sarà estinta da miliardi di anni. Questo evento potremmo forse definirlo l'Apocalisse Cosmica. Moderne teorie, difatti, tendono a immaginare che l'universo, come fase finale, collasserà in una miriade di buchi neri.

In quasi ogni racconto Bignami inserisce aneddoti di vita vissuta, perlopiù di natura autobiografica. Quasi istantanee di eventi che testimoniano la veridicità dei fatti, senza pretese di completezza né di generalizzazione storica. Talvolta la testimonianza non riguarda Bignami nel ruolo di scienziato, ma quale supervisore tecnico di una missione spaziale o manager politico o di presidente più o meno diplomatico in una agenzia nazionale (ASI, CNES) o istituto di ricerca (INAF, CNRS), o a livello superiore in istituzioni internazionali (ESA, COSPAR). Questi inserti storici spesso sfociano nell'aneddotica e qui scatta il divulgatore. Quando affronta temi complessi e necessariamente si inoltra sul fragile sentiero della previsione del futuro, Nanni alleggerisce la tensione rivolgendosi al lettore come se stesse leggendo un copione a un pubblico presente, inserendo dotte citazioni ma anche proverbi nell'amato dialetto milanese.

Nel 1900 Lord Kelvin, in un discorso tenuto alla *Association for the Advancement of Science* annunciò la fine della fisica. A suo giudizio, le leggi fondamentali erano state scoperte e rimanevano solo dettagli. Fu clamorosamente smentito dalle scoperte nei decenni seguenti che videro sorgere fondamentali modifiche della termodinamica, la nascita della meccanica quantistica e della relatività, per citarne alcune tra le più famose. Derivazioni logiche dalle nuove teorie sfociarono in ramificazioni tra cui la fisica dello stato solido, la fisica delle particelle, la fisica dei plasmi, l'astrofisica. Bignami fonda le sue previsioni sugli ultimi risultati ottenuti dall'inizio del ventesimo secolo: l'evoluzione stellare, Supernovae, stelle di neutroni e buchi neri, espansione dell'universo e radiazione di fondo cosmico. Associandosi a una diffusa tendenza, correla arditamente le conoscenze della fisica subatomica con il Big Bang che possono essere inquadrati in un modello di unificazione, anche se non ancora dato per scontato, ma forse prossimamente dimostrabile. La cosa che, a mio parere, manca è la definizione dei limiti e la corrispondente attuale rilevanza delle aspettative istituzionali.

Il libro spinge ad immaginare un futuro con grande visione ed entusiasmo, anche correndo il rischio di sconfinare nella fantascienza, mentre il depri-

mente realismo attuale vede le risorse allontanarsi dalla scienza per essere indirizzate verso obiettivi diversi. Ma si sa, come disse Oscar Wilde «L'uomo ha un'insaziabile curiosità di conoscere ogni cosa, eccetto quelle che meritano di essere conosciute». In conclusione, se mi è concesso un azzardato paragone, Nanni vede il futuro dell'umanità come una nuova conquista, un "Far West" cosmico dove la sfida adesso consiste nel valutare i limiti fra frontiere geografiche e frontiere concettuali. La storica avventura americana dimostrò che le frontiere sono sempre precarie e, col tempo, si spostano. Possono essere luoghi selvaggi (in questo caso l'esplorazione umana dei pianeti) e difficili da raggiungere non solo dall'uomo ma anche a causa dei limiti intrinseci nella crescita dei telescopi. Mentre pionieri avventurosi, ma certamente anche disperati, avanzavano verso l'Ovest alla ricerca di nuove risorse, nella fattispecie l'oro, i ricercatori moderni esplorano le loro frontiere nella speranza di trovare più generose sovvenzioni da casa loro, contando che le nuove scoperte focalizzino le risorse a disposizione dei politici sulle loro ricerche. La crescita incoraggia a sopporre eventuali sfruttamenti delle risorse acquisite su altri pianeti e nuove sorgenti di energia, quale l'antimateria. Questo può succedere, ma solo per alcuni risultati che possono sviluppare prodotti inseribili nel mercato in vista di lautissimi guadagni o per arricchire il potenziale bellico dei governi. Questo parametro va tenuto in conto e realisticamente valutato dagli entusiasti desiderosi di superare le frontiere della conoscenza del cosmo. Descrivendo le grandi aspettative nelle rivoluzioni dell'universo, Bignami non sembra considerare questo un problema reale.

È dunque un libro che stimolerà interrogativi, entusiasmo e sogni. Forse servirà anche a tranquillizzare persone che ritengono di essere state private del loro futuro. Proprio guardando al futuro, mi auguro che principalmente il libro delle rivoluzioni cosmiche dia spunti ai lettori per riflettere sul presente.

GIORGIO G. C. PALUMBO

Giovanni F. Bignami (1944-2017) è stato professore ordinario presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia, presidente dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e del Committee on Space Research (COSPAR). Scopritore delle prime sorgenti celesti gamma, ha ricevuto il *Bruno Rossi Prize* dell'*American Astronomical Society* nel 1993, la *Massey Medal* della *Royal Astronomical Society* nel 2002 ed è stato insignito della *Legion d'Honneur* francese nel 2006. Ha ricoperto diversi incarichi di responsabilità in progetti spaziali e in enti di ricerca italiani e stranieri. In italiano ha pubblicato diversi libri di divulgazione, fra i quali: *La storia nello spazio* (Mursia, 2001), *L'esplorazione dello spazio* (Il Mulino, 2006), *I marziani siamo noi* (Zanichelli, 2010), *Il Futuro spiegato ai ragazzi* (con Cristina Bellon: Mondadori, 2012), *Il mistero delle sette sfere. Cosa resta da esplorare: dalla depressione di Afar alle stelle più vicine* (Mondadori, 2013).

★

Luce

Una storia da Pitagora a oggi

Andrea Frova

Carocci editore (Sfere), 2017

Copertina flessibile, pp. 306, € 29,00

ISBN 9788843088010

www.carocci.it

ANDREA FROVA, fisico e autore di vari libri di divulgazione, affronta in questo suo nuovo volume la tematica della luce, della quale offre una sintesi storica che include i vari aspetti teorici, sperimentali, tecnologici e anche artistici. In realtà, il libro costituisce quasi un'enciclopedia della luce. In effetti, i suoi diciassette capitoli, pur seguendo generalmente il percorso storico, possono essere letti in ordine sparso, secondo i propri interessi, dato che ogni capitolo si focalizza su un argomento ben definito. Si parte da un esame delle teorie ed esperimenti dell'antichità, e passando per Leonardo, Keplero, Cartesio, Hooke e Huygens si arriva alla rivoluzione di Newton. Seguono i contributi successivi, con la scoperta della diffrazione, dell'interferenza e della polarizzazione, la misura della velocità della luce, la visione a colori e le illusioni ottiche, fino al campo elettromagnetico e alla sintesi di Maxwell. Viene poi l'era dei quanti, mentre due capitoli di carattere tecnologico trattano delle fonti di illuminazione attraverso i tempi e delle applicazioni odierne (fibre ottiche, laser, cd-rom...). Il capitolo 16 è incentrato sul ruolo della luce nell'esplorazione dell'universo e sulla cosmologia, mentre l'ultimo capitolo riguarda la pittura e si chiude con un paragrafo tecnico sulle tecniche di fluorescenza. Questo elenco dà un'idea della ricchezza del libro e della sua interdisciplinarietà. Non vi è dubbio che anche i lettori e le lettrici più esperti potranno apprendere qualcosa di nuovo su questi argomenti.

Nonostante l'approccio storico, l'autore non manca di commentare certe vicende e di offrire la propria visione delle cose, in maniera talvolta ironica o polemica, il che non è male perché contribuisce a vivacizzare la narrazione. Naturalmente, si potrà non concordare con alcune delle sue osservazioni; ad esempio, le sue severe critiche alla Chiesa sono legittime, ma appaiono talvolta eccessive. Appare poi discutibile, in quello che è un approccio storico, qualche giudizio *a posteriori* sugli errori del passato: infatti, ciò che a noi oggi può apparire assurdo e antiscientifico, nel quadro delle conoscenze di un'altra epoca poteva, al contrario, apparire logico e scientifico, e viceversa. Questo vale in particolare laddove l'autore scrive che «la trasmissibilità dei segnali luminosi attraverso il vuoto fu un problema che assillò i fisici per lungo tempo e li spinse a fare assurde congetture, anche remote dalla scienza, come si vedrà tra breve quando entrerà in gioco il misterioso etere di aristotelica provenienza». Ma in passato l'osservazione diretta mostrava che le onde sono oscillazioni di un mezzo materiale: se la luce era un'onda che si propagava nello spazio, ri-

sultava naturale postulare l'esistenza di un mezzo nel vuoto e sarebbe anzi parso assurdo immaginare un'onda laddove non c'era nulla che potesse oscillare.

Inoltre, in un'opera di tale portata è comprensibile che l'autore non possa avere competenze approfondite su ogni argomento, pertanto si ritrova qua e là qualche inesattezza. Da questo punto di vista, il capitolo 16, quello sulla *Luce nell'esplorazione dell'universo*, è secondo me il meno riuscito. Vi è imprecisione in alcune note storiche (ad esempio si attribuisce anche ad Anassimandro l'opinione di Talete che la Terra fosse posta sull'acqua) e in qualche affermazione di carattere scientifico (laddove si parla di disaccordo fra l'accelerazione dell'universo osservata e le previsioni della relatività generale, il che non è vero se si include la costante cosmologica; la descrizione del paradosso di Olbers non è chiara e il testo sembra suggerire che la sua soluzione sia data dall'espansione, che dà invece un contributo marginale rispetto all'orizzonte creato dall'età finita dell'universo e dalla velocità finita della luce). Si tratta di dettagli che in una eventuale seconda edizione del libro potrebbero essere facilmente corretti.

Tali osservazioni rimangono comunque secondarie rispetto alle qualità del libro. Il volume include numerose figure che permettono di visualizzare e comprendere i fenomeni descritti nel testo, ed è arricchito nella sua parte centrale da 33 tavole a colori. In appendice si trova una lista di premi Nobel per scoperte legate alla luce e una bibliografia generale (manca però un indice analitico). Pertanto chiunque sia interessato alla natura della luce e alla storia della scienza troverà in questo libro una fonte preziosa di informazioni e una guida per eventuali approfondimenti.

ALBERTO CAPPI

Andrea Frova è stato professore ordinario di Fisica Generale e docente di Acustica Musicale presso la Sapienza - Università di Roma, dal 1967. Ha svolto ricerca nel settore della fisica della materia e ha scritto diversi libri di narrativa e di divulgazione scientifica, fra i quali *Luce colore visione. Perché si vede ciò che si vede* (RCS-BUR, 2000), *La passione di conoscere* (RCS-BUR, 2012) e *Newton & Co. Geni bastardi* (Carocci, 2015; Premio Città di Como 2016).

*

La scienza e l'Europa Dal Seicento all'Ottocento

Pietro Greco

L'asino d'Oro (Le gerle), 2016

Copertina flessibile, pp. 538, € 24,00

ISBN 9788864433868

www.lasinodoroedizioni.it

TRE secoli in cui avvengono eventi straordinari, non solo nella storia del mondo ma, in parti-

colare, nel mondo della scienza. Pietro Greco affronta la sfida nel terzo volume de *La scienza e L'Europa* con particolare coraggio e non risparmiando specifici aspetti di ciò che, contemporaneamente, avviene al di fuori dell'Europa. Nelle più di 500 pagine, con ormai abituale lucidità, documenta un evento che non poteva essere ignorato. L'Europa cambia, ma i mutamenti non sono causati, come nei precedenti secoli, come nelle precedenti epoche, solo da rotture di equilibri politici, guerre e diverse formulazioni di dottrine filosofiche, politiche e religiose; adesso gli "europei" devono tener conto dell'emergere di un nuovo continente: l'America del Nord e del Sud.

Il cambiamento avviene in modo disuniforme in paesi diversi, a seconda dei coinvolgimenti nell'esplorazione e nella colonizzazione. I grandi imperi, vedi Spagna, Germania etc. sono penalizzati dalle ingenti spese militari obbligate dal mantenimento di grandi eserciti che non lasciano molto margine per investimenti di altra natura. Semplificando, si separano i paesi del Nord europeo da quelli del Mediterraneo che nel nuovo continente si raggrupperanno, i primi concentrandosi sulla parte nord del continente, i secondi, nella fattispecie Spagna e Portogallo, nella parte sud, in seguito identificati come *Latinos*.

Nel mondo scientifico, che man mano si sta specializzando in diverse discipline, avviene una vera e propria "rivoluzione". Gli artefici delle scoperte, degli esperimenti, delle teorie non si identificano più con la scuola e, quindi, il paese di origine, ma con la disciplina cui appartengono: gli astronomi, i fisici, i matematici. Nascono "nuove scienze" come la chimica, che definitivamente sancisce il tramonto dell'alchimia. Ancora più rilevante l'affermarsi delle "scienze della vita", ovvero la biologia e la medicina, che compiono epocali progressi, e via di seguito.

La concezione di scienza subisce un mutamento impensabile nei precedenti secoli. Con felice slogan, Greco lo definisce il passaggio "dall'Autorità alla Prova". Conseguenza di tale rivoluzione l'artigianato, che finora era stato disgiunto dal processo scientifico, esplose in tutte le direzioni, si organizza, si specializza. Ora si chiama "tecnologia". Ed è qui che l'autore sottolinea l'importanza della colonizzazione dell'America del Nord; il legame tra colonizzazione e crescita dell'industria che, prontamente, fa crescere l'interesse economico. Basta con velieri che esplorano le isole degli oceani in cerca di piantagioni di spezie a basso costo, arricchendo i mercanti che portano pepe, noce moscata, cannella e chiodi di garofano sui ricchi deschi dei regnanti dei vari stati, ma vaporiere che trasportano macchine attraverso i mari a estesi mercati di coloni e industriali.

La filosofia di Kant "dei lumi" perde via via di popolarità. Si afferma il "positivismo" ed emerge una disciplina mai pensata prima, lo studio del rapporto "scienza-società". L'Autore, che naturalmente tiene sempre un vigile sguardo sull'Italia, traccia

interessanti considerazioni sul posto occupato in questi tre secoli dal nostro paese nella storia del mondo. Quello che, ad un primo esame può sembrare un limite, la frammentazione, l'individualismo, il campanilismo, giova all'Italia, ancora una definizione puramente geografica, ma politicamente inesistente come nazione, a rimanere fuori dai guai. Ad esempio la guerra dei trent'anni che ha letteralmente smembrato la Germania. Particolare attenzione è data alla fisica e alla astronomia, dominante per lo straordinario ruolo avuto da Galileo Galilei con la pubblicazione del *Sidereus Nuncius*. I progressi apportati alla disciplina dal britannico Newton trasferiscono autorità in Gran Bretagna. Per motivi di compattezza e per la dovizia di studi storici già esistenti su questo tema, Greco traccia un percorso lucido, ma conciso, delle situazioni e degli scienziati che portano notevoli contributi individuali sia alla fisica che all'astronomia, fino alla moderna astrofisica.

Molta attenzione è data sia alla chimica, in particolare al contributo di Lavoisier e al ruolo che ha avuto sia nella sua fondazione, sia alla geofisica, ovvero allo studio del nostro pianeta, dal momento che le esplorazioni della Terra stavano raggiungendo un ottimo livello di completezza.

Un'interessante presentazione dell'autore riguarda l'evoluzione della vita. Punto critico perché, più da vicino di ogni altro, tocca le credenze religiose, i libri sacri, la teologia e le teorie sulla creazione, cui non solo le religioni sono sensibili, ma anche in gran parte le persone normali le quali, in un modo o in un altro, sono state esposte sin dall'infanzia a credenze e valori della società in cui vivono e fanno parte. Le teorie evidenziate da Greco sono quella di Lamarck, secondo cui le specie viventi si evolvono "verticalmente" al passare del tempo, e quella di Darwin, secondo cui le specie viventi sulla Terra si evolvono "orizzontalmente" nello spazio.

Come ho avuto occasione di scrivere a proposito dei primi due volumi di questa imponente opera, Pietro Greco è conciso, esauriente, preciso, informativo. Espone gli eventi con chiarezza e le conclusioni con lucidità. In particolare, concisione, chiarezza e completezza sono state rispettate in questo voluminoso tomo, a mio parere il più difficile da trattare dei tre. Non esito ad espormi a critiche per ripetizioni di giudizi espressi nei commenti ai precedenti due volumi, ma sinceramente penso che questa storia dovrebbe essere letta da ogni persona che si occupa di scienza e tecnica e, forse anche di più, da coloro che si occupano di altre cose. Infatti, al di là delle guerre e delle filosofie che hanno indubbiamente influenzato l'evoluzione della società umana, non si dovrebbe perdere l'occasione di apprendere qual sia stata l'origine e le tappe del lavoro condotto da pochi esseri umani, che ha però prodotto le conoscenze e gli strumenti tramite i quali noi oggi siamo in grado di farci un quadro non completo, ma sufficientemente chiaro, del mondo in cui viviamo.

Dopo la lettura di ormai tre quarti dell'opera su *La scienza in Europa* di Pietro Greco, non solo la consiglio ad un vasto pubblico, ma ritengo che dovrebbe essere consultata in svariati corsi universitari, in particolare per quelli che trattano la storia dell'Europa.

GIORGIO G. C. PALUMBO

Pietro Greco, laureato in chimica, è giornalista scientifico, studioso di comunicazione della scienza e scrittore di opere scientifiche divulgative. Conduttore storico di *Radiò3 Scienza*, dal 1987 al 2014 è stato editorialista scientifico e ambientale del quotidiano *l'Unità*. È socio fondatore della Fondazione IDIS-Città della Scienza di Napoli.

*

L'origine dell'universo

Pietro Greco

Editori Riuniti University Press, 2017

Copertina flessibile, pp. 144, € 12,00

ISBN 978-8864731896

www.editoririuniti.it

P IETRO GRECO è un giornalista scientifico molto accreditato e di lunga esperienza, autore di diversi volumi divulgativi. Qui si cimenta in un argomento di gran voga, la cosmologia, il cui ruolo è divenuto pervasivo nella scienza professionale e presso il grande pubblico, grazie agli sviluppi dell'ultimo ventennio. Di conseguenza, i libri di cosmologia per il grande pubblico abbondano ed alcuni, forse per la prima volta nella storia, sono diventati *best-seller* mondiali (si pensi ai libri di Stephen Hawking o di Brian Greene). Anche sul fronte italiano l'offerta è abbondante e di elevata qualità: il vincitore del premio nazionale di divulgazione per il 2017 nella categoria "Scienze matematiche, fisiche e naturali" è stato il libro *L'universo oscuro - Viaggio astronomico tra i misteri del cosmo*, dell'astrofisico bolognese Andrea Cimatti (recensito nello scorso numero del GdA). Non è facile trovare uno spazio con un'offerta così vasta.

Greco tenta un approccio sequenziale, descrivendo la storia dell'universo come se fosse un film. Lo stile, almeno nella prima parte, è asciutto e attento all'essenziale, senza indulgere in notazioni fantasiose tipiche del *marketing* scientifico che piaga tanta divulgazione (per fare un esempio espressioni esiziali come "la particella di Dio", riferita al "bosone di Higgs"). La base "filosofica" dell'opera di Greco è che l'universo è "razionale", cioè spiegabile e descrivibile sulla base di leggi conoscibili. I fenomeni fisici cruciali vengono introdotti di volta in volta, cercando di chiarire il loro ruolo nei passaggi più importanti della storia evolutiva del Tutto. Il testo è praticamente privo di illustrazioni ma contiene diverse utili tabelle. Il racconto è largamente fondato sulle solide basi teoriche che erano già valide trent'anni fa, la fonte di gran lunga

più citata è *Origine ed evoluzione dell'universo* di Livio Gratton, del 1992.

Io ho molto apprezzato questa linea di conduzione dell'opera, tuttavia, inevitabilmente, essa ne costituisce un limite molto chiaro. La copertura degli sviluppi dell'ultimo ventennio che hanno rifondato la nostra idea del Cosmo è piuttosto limitata e in qualche caso appare vagamente posticcia. L'energia oscura entra in campo brevemente, solo a pag.137, la missione Planck è menzionata una sola volta, WMAP mai, ma sono i loro risultati sul fondo a microonde, più ancora delle Supernovae, ad aver cambiato il paradigma della cosmologia moderna.

Inoltre, lungo il percorso del film, lo stile diviene meno asciutto ed entrano in campo argomenti la cui trattazione è meno limpida. Emergono un po' di confusione e imprecisione (ed esempio nei capitoli sulla formazione delle strutture e sull'evoluzione delle stelle). Riporto un solo esempio per dare un'idea del tipo di problema riscontrato (il peccato è forse veniale ma era anche facilmente evitabile).

A pagina 116, a conclusione di una sezione sulla *Cold Dark Matter*, Greco scrive «Inutile dire che sono state elaborate svariate MOND (*Modified Newtonian Dynamics*), ovvero "teorie alternative" a quelle della gravità di Newton (e di Einstein) che risolvono il problema in questo modo. Peccato, però, che non ci sia uno straccio di prova empirica che le corrobori». Ora, è certamente vero che molti modelli di gravità modificata sono stati proposti, nel tentativo di estromettere dalla scena un attore scomodo e imbarazzante come la materia oscura, e che molti di questi non provvedono predizioni soddisfacenti. Tuttavia, MOND è solo una di queste ed è in ottima salute, benché sia sulla scena scientifica da quasi quarant'anni (proposta nel 1983 da Mordehai Milgrom), perché descrive in modo eccellente un ampio fronte di dati osservativi su scala galattica. Il problema con MOND è l'opposto di quello presentato da Greco, gli scienziati faticano a trovarne una confutazione definitiva.

Credo che avrebbe giovato al libro il limitarne l'ambito, rinunciare all'ambizione di raccontare troppi dettagli di un film troppo complesso. Resta una ragionevole opera introduttiva che delinea lo schema dei fatti in maniera accessibile e, soprattutto, assai lontano dal modo insopportabile nel quale la materia viene sovente proposta nelle trasmissioni televisive.

MICHELE BELLAZZINI

Pietro Greco, laureato in chimica, è giornalista scientifico, studioso di comunicazione della scienza e scrittore di opere scientifiche divulgative. Conduttore storico di *Radio3 Scienza*, dal 1987 al 2014 è stato editorialista scientifico e ambientale del quotidiano *l'Unità*. È socio fondatore della Fondazione IDIS-Città della Scienza di Napoli.

Endurance

Un anno nello spazio, una vita di scoperte

Scott Kelly, Margaret Lazarus Dean

Traduzione di S. Malfatti, D. Ferrari

Mondadori (Soggettive), 2017

Copertina flessibile, pp. 470, € 22,00

ISBN 9788804681779

www.librimondadori.it

SCOTT KELLY e suo fratello Mark detengono il singolare primato di essere la prima coppia di gemelli omozigoti selezionata dalla NASA per il ruolo di astronauti, entrambi come piloti dello Space Shuttle nel Gruppo 16 del 1996. Per aggiungere curiosità a curiosità, nello stesso Gruppo era presente un altro Kelly, James, anch'egli selezionato come pilota e con nessuna relazione di parentela con gli altri due. Da quando la NASA ha iniziato ad arruolare astronauti, nel 1959, i tre sono, ad oggi, i suoi primi e unici Kelly. Scott e Mark vantano un curriculum professionale di grande rispetto: entrambi piloti di jet e in seguito piloti collaudatori della Marina USA prima, astronauti poi, con all'attivo quattro missioni ciascuno (Scott due voli Shuttle e due Soyuz con lunghe permanenze sulla ISS, la Stazione Spaziale Internazionale, Mark quattro voli Shuttle). Entrambi hanno recentemente lasciato il servizio: Scott si è ritirato dalla Marina nel 2012 e dalla NASA nel 2016, Mark nel 2011 da NASA e USN.

Mark visse un particolare, e certamente indesiderato, momento di notorietà nel gennaio 2011 quando la moglie Gabrielle Giffords, membro della Camera dei Rappresentanti USA, rimase gravemente ferita in un attentato che causò anche sei morti e altri tredici feriti (se ne parla estesamente nel libro). Scott invece ha raggiunto gli onori delle cronache a seguito della sua partecipazione a una missione di lunga durata a bordo della ISS, assieme al collega russo Mikhail Korniyenko, tra il 27 marzo 2015 e il 2 marzo 2016, particolarmente concepita per studiare gli effetti sull'organismo umano di una lunga permanenza in orbita, anche in vista di future missioni spaziali con equipaggio, dirette verso Marte.

Nel corso di quest'ultima missione, Scott Kelly ha avuto modo, per quasi un anno, di interagire a bordo della ISS con colleghi russi, americani, giapponesi ed europei (inclusa la nostra Samantha Cristoforetti), aggiungendo nuove significative esperienze professionali e di vita a quelle già accumulate nel corso delle sue precedenti imprese spaziali.

Ben coadiuvato dall'esperta coautrice Margaret Lazarus Dean e, per questa edizione italiana, dalla precisa e scorrevole traduzione di Dario Ferrari e Sarah Malfatti, Kelly è molto bravo nel descrivere per quasi cinquecento pagine, senza mai annoiare, i risvolti più interessanti della sua missione annuale in compagnia del collega russo, a cominciare dalle ragioni che lo portarono a farsi avanti quando la NASA era alla ricerca di un astronauta disposto a trascorrere un anno nello spazio per consentire al-

★

la scienza, in primis alla medicina aerospaziale, di accumulare nuove, importanti conoscenze (nel suo caso doppiamente significative, perché gli scienziati possono confrontare i suoi livelli di degenerazione fisici e genetici in rapporto a quelli di suo fratello Mark, rimasto nel frattempo sulla Terra). Avendo dovuto soggiornare a lungo in Russia, come ufficiale di collegamento della NASA e in preparazione a due lanci verso la ISS a bordo di veicoli Soyuz, Kelly è perfettamente in grado di raccontare passo passo i suoi lunghi e complessi iter addestrativi, e lo fa impreziosendo la narrazione con gustosi dettagli e aneddoti, centrati soprattutto sul confronto tra due mondi e due concezioni di vita così diverse come quella russa e quella americana. Nel libro c'è tutta la sua missione annuale (e anche molto di più, come si vedrà tra poco), con ampi approfondimenti sulle sue diverse fasi: la preparazione, il lancio, la permanenza in orbita e il successivo rientro a terra.

Il titolo *Endurance* richiama, non casualmente, il libro *Endurance. L'incredibile viaggio di Shackleton al Polo Sud*, di Alfred Lansing, che descrive la disastrosa epopea polare dell'equipaggio della nave *Endurance*, rimasto bloccato sui ghiacci per mesi prima di essere finalmente tratto in salvo. Kelly aveva portato questo libro con sé nello spazio, nella sua ultima e più lunga missione, così come nelle precedenti, ed era solito leggerne dei passi quando era tentato di autocommiserarsi per le difficoltà e privazioni che una lunga permanenza sulla ISS comportava. Ricordare come gli uomini di Shackleton fossero arrivati a mangiarsi i cani della spedizione, dopo l'affondamento della nave avvenuto nel 1915, e per mesi avessero vissuto nell'incertezza su quale sarebbe stata la loro sorte, costituiva infatti per lui un ottimo antidoto per ridimensionare problemi, insicurezze e difficoltà che pure si presentavano in continuazione durante la sua permanenza in orbita.

Come accennato più sopra, Kelly ha condiviso – per circa due mesi e mezzo – gli ambienti della ISS con, tra gli altri, Samantha Cristoforetti, e il ritratto che egli ne dipinge è estremamente positivo. La nostra astronauta viene apprezzata per il carattere aperto e solare e l'umanità, ma anche e soprattutto per la preparazione scientifica e professionale: a questo proposito rimando all'emozionante descrizione, riportata nel cap. v, della cattura della capsula di rifornimento Dragon di SpaceX effettuata con grande precisione e lucidità da Samantha, utilizzando il braccio meccanico della ISS e con l'assistenza dei due statunitensi Virts e Kelly (in altra parte del libro l'Autore ha modo di ricordare, con uguale apprezzamento, anche Paolo Nespoli, incontrato sulla ISS durante la sua precedente missione di lunga durata). Un altro aspetto che mi ha particolarmente colpito è il sentimento di fratellanza che accomuna gli esploratori spaziali, indipendentemente dalla provenienza e dal vissuto personale. Un sentimento di rispetto e ammirazione che Kelly sottolinea più volte, con particolare riferimento ai colleghi

russi con cui si è trovato a interagire e che, trattandosi come lui di piloti di jet da combattimento, se il mondo avesse ad un certo punto preso una piega diversa, avrebbe potuto ritrovarsi non già come colleghi e amici, ma come avversari da abbattere.

Mi sembra anche molto significativa la consistente attenzione dedicata a questioni più prettamente personali e familiari, che in una missione della durata di quasi un anno vengono inevitabilmente ad assumere una valenza particolare. E l'Autore non ha ritrosie o falsi pudori nel raccontare vicende anche sofferte e spinose del proprio trascorso familiare, come pure ad avventurarsi in questioni intime come il proprio rapporto (o meglio, non-rapporto) con la religione, le non sempre facili relazioni con le figlie Samantha e Charlotte, il divorzio dalla moglie Leslie, il nuovo rapporto sentimentale instaurato con l'attuale compagna Amiko e il tumore alla prostata (con relativo intervento chirurgico) che ha colpito contemporaneamente, a poco più di quarant'anni di età, entrambi i gemelli Kelly senza peraltro interromperne la carriera di astronauti.

Questo libro non è, infatti, soltanto il racconto di una pur esaltante missione spaziale, che basterebbe da solo a riempirne le pagine. È anche una completa autobiografia dell'Autore, che racconta la propria storia personale – e quella della propria famiglia – alternandone i capitoli con quelli centrati sulla missione annuale a bordo della ISS.

Una tecnica narrativa vincente, che permette di tenere sempre viva l'attenzione del lettore. Perché, se da un lato è scontato l'interesse suscitato dalla narrazione di fatti e fatterelli – spesso divertenti al limite del surreale – accaduti a bordo della ISS, è anche appassionante il dipanarsi del percorso di vita precedente dell'Autore, adolescente non proprio modello e negato per gli studi, folgorato in un momento decisivo della propria esistenza dalla lettura quasi casuale di un libro, il fondamentale *The Right Stuff* di Tom Wolfe, che narra la storia dei primi astronauti americani. Poi la consacrazione, con l'abilitazione come pilota di jet della Marina e, finalmente, il coronamento di un sogno: quello di diventare astronauta.

Anche in queste pagine, non ancora o non del tutto direttamente legate allo spazio, c'è molto da scoprire e da emozionarsi: non può essere altrimenti quando si apprende come nascono i futuri piloti di una delle aviazioni militari più efficienti del mondo, o si assiste in presa diretta a un adrenalinico appontaggio notturno su una portaerei, in condizioni meteo avverse, da parte di un F-14 Tomcat pilotato dall'Autore. I capitoli IV, VI e VIII sono esemplari in questo senso. Ma sono naturalmente le parti legate all'attività astronautica – con la descrizione particolareggiata di tutte le missioni spaziali compiute da Kelly – ad avere una certa preminenza ed è naturale che sia così. Interessantissimo e illuminante, per esempio, è il cap. XI, con la presentazione della domanda per entrare nel corpo astronauti della NASA, i test e il relativo insidioso

colloquio con la commissione di valutazione. E anche il cap. XIV, con la toccante disamina dell'incidente dello Shuttle Columbia, in cui i fratelli Kelly si trovarono a perdere in un sol colpo – tra i sette membri dell'equipaggio periti nel disastro – tre compagni della loro stessa classe di astronauti, è di quelli che non si dimenticano facilmente.

Non voglio abusare oltre della pazienza di chi mi sta leggendo, anche se tanto ci sarebbe ancora da dire su questo libro, che davvero mi sento di definire ottimo sotto tutti i punti di vista, per il suo coniugare in maniera sontuosa la descrizione delle mille sfaccettature di un lavoro (a dir poco) stimolante, come quello del pilota e dell'esploratore spaziale, con l'umanità e la determinazione di un uomo che ha fortemente voluto diventare quello che voleva essere, affrontandone consapevolmente rischi e sacrifici in un percorso personale e professionale davvero rimarchevole. Credo ci sia sempre bisogno di esempi come questo.

MARCO ORLANDI

Scott Kelly è un astronauta della NASA. È stato pilota aeronautico della Marina, pilota collaudatore e ha compiuto quattro viaggi nello spazio: è stato a capo della missione della navetta spaziale *Endeavour* nel 2007 ed è stato due volte comandante a bordo della Stazione Spaziale Internazionale.

Margaret Lazarus Dean è professoressa associata presso l'Università del Tennessee a Knoxville. È autrice di un romanzo (*The time it takes to fall*, Simon & Schuster, 2007) e di un saggio che documenta l'ultimo anno dello Space Shuttle (*Leaving Orbit: Notes from the Last Days of American Spaceflight*, Graywolf Press, 2015).

*

L'astrologia convinta di falso col mezzo di nuove esperienze, e Ragioni Fisico-Astronomiche, o sia la caccia del Frugnuolo

Geminiano Montanari

A cura di V. Zanini, A. Satta

Saggi introduttivi di F. Bònoli e V. Zanini

Cooperativa Libreria Editrice Università di Padova (CLEUP), 2017

Ristampa anastatica in 500 esemplari dell'originale (Nicolini, Venezia, 1685), pp. 210

Per informazioni: INAF-Osservatorio Astronomico di Padova

ISBN 9788867878192

www.cleup.it

IL *Frugnuolo*, secondo il Vocabolario della Crusca (v edizione) è «una sorta di grande lanterna a riverbero, adoperata in una specie di caccia o di pesca notturna, e che messa dinanzi agli occhi degli uccelli o de' pesci, gli abbarbaglia col suo lume». Con un'ardita metafora, l'astronomo modenese Geminiano Montanari (1633-1687) paragonava questi animali imbambolati dalla lampada ai seguaci del-

l'astrologia che, attoniti di fronte al lume di tutte le argomentazioni contro la loro disciplina, non riescono tuttavia ad abbandonarla.

Astronomo, Montanari, ma non solo. Dopo una laurea in Diritto civile, venne subito irretito dalle scienze matematiche, fisiche e astronomiche. Successore di Giovanni Domenico Cassini alla cattedra di Matematica dell'Università di Bologna dal 1669, si fece apprezzare per la sua poliedrica attività di ricerca, che spaziò dall'astronomia, all'idraulica, all'economia, alla metallurgia, con geniali intuizioni che precorsero i tempi. Passato alla cattedra di Astronomia e Meteore dell'Università di Padova nel 1678, mise tutte queste competenze al servizio della Repubblica di Venezia. Non è da stupirsi, quindi, che il fondatore dell'Osservatorio astronomico di Padova, Giuseppe Toaldo (1719-1797), abbia fatto raffigurare Montanari fra i "grandi dell'astronomia" nella torre della Specola. E forse apparteneva a Toaldo l'esemplare de *L'astrologia convinta di falso*, passato poi per le mani di un altro decano dell'astronomia padovana, Giovanni Santini (1787-1877), e riproposto in ristampa anastatica in occasione della ricorrenza dei 250 anni della Specola. La ristampa è accompagnata da due pregevoli saggi introduttivi e da un inedito testo scritto dal Montanari stesso, probabilmente pensato per una prima stesura de *L'astrologia convinta di falso*, ma mai utilizzato.

Agli astronomi del Seicento veniva spesso chiesto di redigere oroscopi; anzi, si pensava che potessero fare predizioni più accurate proprio a causa della loro più esatta conoscenza delle effemeridi. Ne *L'astrologia convinta di falso*, Montanari confessò di averne fatti a migliaia, in parte per soddisfare gli amici, e in parte per «sperimentar la verità, o bugia dell'arte». Ma nei consessi accademici che frequentava si dimostrava sempre scettico sull'efficacia delle predizioni ed anzi aveva sfidato gli astrologi a confrontare un anno di loro pronostici basato su calcoli celesti con quello che lui avrebbe potuto fare a caso. Visto però che nessuno aveva accettato questa scommessa palese, Montanari decise di pubblicare un simile almanacco in segreto, per catturare quanti più «Uccellacci» possibile: *il Frugnuolo de gli influssi del gran Cacciatore di Lagoscuro*. L'almanacco, pubblicato per ben nove edizioni, fino a quando, con *L'astrologia convinta di falso*, fu resa pubblica la burla, era compilato in maniera aleatoria. Ad ogni quarto di Luna, il *Frugnuolo* dava predizioni su sei argomenti: condizioni meteorologiche, malattie, condizioni del mare (che potevano spaziare dalle tempeste allo sbarco di corsari), guerre, affari politici e affari comuni. Per ciascuna stagione, venivano predisposti 18 possibili pronostici per argomento; grazie ad un disco numerato con un ago mobile, ne venivano estratti (in media) 12, avendo cura di evitare le ripetizioni. A fare l'estrazione e testimoni di tutto il procedimento erano i «Compagni Cacciatori», sodali di Montanari prima a Bologna e poi a Padova; non è poi difficile immaginare

«quanto lieta fosse la Conversazione frà le varie barzellette!» L'estrazione proseguiva in ordine di argomento, lunazione e stagione fino a completare l'almanacco. Per ciascuna stagione, il primo pronostico che veniva estratto una seconda volta, argomento per argomento, era utilizzato da Montanari per una predizione generale sulla stagione stessa, avendo cura che l'almanacco restasse verosimile, sia per quanto riguardava gli eventi atmosferici che le vicende umane.

Come raccontato ne *L'astrologia convinta di falso*, il *Frugnuolo*, ebbe un gran successo e venne ritenuto più veritiero degli altri almanacchi astrologici del tempo. La conclusione non poteva che essere una: gli «Astrologi non indovinanò se non a caso»; un risultato, ripetuto più volte nel testo, che Montanari ebbe anche cura di verificare confrontando, ad esempio, le reali condizioni atmosferiche con le predizioni di vari almanacchi.

Montanari non nega esistano «gl'Influssi» dei corpi celesti, primi fra tutti «il Lume, il Calore & il Moto», ben determinabili per il caso del Sole e della Luna; addirittura concede l'esistenza di «Influenze occulte», ovvero di forze dovute agli astri di cui l'uomo non è ancora a conoscenza. Ma ritiene che concorrano ben altre influenze dell'ambiente terrestre a determinare il corso degli eventi naturali, come ad esempio i venti, sulle cui cause si dilunga. Predire sulla base della sola posizione dei corpi celesti, e sulle loro «qualità», è analogo a voler predire l'ora segnata sul quadrante di un orologio a partire dalle qualità del solo contrappeso, anche quando «di quell'Orologio tutte le parti, eccetto il contrappeso, fossero così esposte non solo all'ingiurie dell'aria, e dei venti, mà all'Arbitrio d'huomini, e fanciulli, e fin d'altri animali, che potessero à loro talento, hora impedire, hora accelerare il moto di quelle ruote [ingranaggi], hora eziandio cangiarne l'ordine [...]».

Con la sua competenza sia in materie astronomiche che in computo astrologico, Montanari evidenzia, ne *L'astrologia convinta di falso*, tutte le incongruenze della disciplina divinatoria. Ad esempio, mostra la differenza fra i segni zodiacali e le attuali posizioni delle costellazioni in cielo, a causa della precessione degli equinozi; ridicolizza la pretesa, introdotta in testi astrologici del secolo precedente, della dipendenza delle sorti di una città o di un popolo dalle stelle che passano allo zenit in una determinata epoca (fra queste Algol, il «capo di Medusa», della cui variabilità Montanari fu scopritore). Per ovviare a tutte queste incongruenze gli astrologi avevano introdotto numerose varianti nel calcolo e si erano divisi in varie scuole non in accordo fra di loro «onde si come quelli d'una Setta dicono, che quelli dell'altre Sette non indovinanò, che per fortuna, essendo falsa l'opinione loro, e gli altri dicono di questi lo stesso, così ho più ragione io di dire di tutti loro».

Mentre avrebbe dovuto essere relativamente facile per gli astrologi predire gli eventi naturali, do-

ve l'intervento umano era ininfluenza (e pur l'astrologia falliva anche in quel caso), molto più complicato era il discorso sui pronostici riguardanti le caratteristiche e la vita degli individui, dove dominava necessariamente il libero arbitrio, «il più nobile fregio» dato dalla Natura alla specie umana; qui l'astrologia, con la sua pretesa di derivare tutti gli eventi dal cielo, si scontrava addirittura con i dogmi della Chiesa. Montanari mostra che la volontà degli individui può più dei pretesi influssi celesti e, sulla base delle sue vicende personali, propone un *test*. Venendo spesso addotta come scusa per mancate previsioni la conoscenza non accurata dell'ora natale di un individuo, Montanari aveva chiesto a più riprese agli astrologi di trovare l'ora natale che più si addicesse agli eventi notabili della sua vita (elencati nel testo) e che non fosse troppo discosta da quella ricordata dai suoi genitori e dal suo atto di battesimo. Lui stesso si era cimentato in questo esercizio. Due oroscopi fatti da due astrologi diversi sembravano meglio in accordo con parte delle sue vicende degli altri, ma erano per due ore di nascita ben diverse, e diversi gli eventi previsti. Per Montanari questa era una nuova riprova della «fortuità» degli oroscopi: «senza dubbio [è] mero Accidente, che habbiano così l'uno, come l'altro quella corrispondenza benché imperfetta, che egl'hanno con la mia vita». E incalza altri astrologi a fare migliori oroscopi, in grado di trovare anche un altro grave evento, non incluso nella sua lista, che gli occorse all'età di 41 anni.

Le argomentazioni di Montanari, scientifiche e statistiche, sono analoghe a quelle tuttora usate per confutare la validità dell'astrologia, e non potrebbe essere altrimenti, visto che le conoscenze dell'astronomia alla fine del Seicento erano più che sufficienti per falsificare una credenza ben più antica. Tuttavia, ancora oggi gli oroscopi vengono giornalmente diffusi da quotidiani, radio e televisione e vi sono persone che credono alla loro validità, facendo caso solo a quelle previsioni che sembrano avverarsi. A questa tendenza a “credere” non furono immuni nemmeno gli scettici «Compagni Cacciatori»: dopo i primi successi del *Frugnuolo*, alcuni di loro si chiesero se Montanari non avesse usato, se non l'astrologia stessa, qualche altra arte divinatoria, per scegliere i pronostici da estrarre a sorte; a che l'astronomo rimediò facendo sì che la stessa brigata li indicasse a turno. Anche fra le persone più razionali, non manca poi una buona dose di scaramanzia: non tennero Montanari e compagni il fiato sospeso sperando che non si avverasse la previsione «Cada finalmente quella Città tanto importante», assegnata al 29 agosto 1683, proprio durante l'assedio ottomano di Vienna? Meglio non fare più previsioni contrarie alla Cristianità, risolsero poi! Infine, Montanari si fece beffe delle predizioni astrologiche sulla sua morte per la fine del 1685. Ed infatti non si avverarono, visto che morì due anni più tardi... o forse sì, avrà pensato qualche astrologo, considerando in maniera diversa “Genitura”,

“Direzioni”, “Significatori”, “Promissori”, “Moto retto” o “converso”...

SIMONE BIANCHI

Geminiano Montanari (1633-1687) è stato un astronomo italiano. Nato a Modena, studiò legge a Firenze e si laureò in diritto civile e canonico a Salisburgo. Nel 1661 fu nominato Filosofo e Matematico ducale da Alfonso IV d'Este. Ebbe la cattedra di Scienze Matematiche all'Università di Bologna nel 1664 e quella di Astronomia e Meteore all'Università di Padova nel 1678. È noto in particolare per le sue osservazioni della variabilità della stella Algol.

*

L'esplorazione dell'universo La rivoluzione che sta svelando il cosmo

Priyamvada Natarajan

Traduzione di F. Pè

Bollati Boringhieri (Saggi), 2017

Copertina flessibile, pp. 236, € 24,00

ISBN 9788833928234

www.bollatiboringhieri.it

DESIDERO innanzitutto sottolineare la presenza di un'autrice di origini non occidentali in un ambito che una certa abitudine alla frequentazione delle librerie porta a credere di pertinenza europea o americana. Se la cosa mi desta meraviglia, non è certo per quella maldestra xenofobia alla quale subito qualcuno avrà pensato leggendo le righe precedenti. Tutt'altro. La mia sorpresa nasce dal fatto che a raccontare “bolometricamente” le immense rivoluzioni culturali avvenute in ambito cosmologico non siamo più noi occidentali – forse, non sapendo quale sia l'integrale delle pubblicazioni uscite negli ultimi anni, farei meglio a dire «non siamo più solo noi» – oramai persi dietro alla specificità di singoli aspetti, di fatti particolari, di minimi dettagli da sondare fino a perderci in tecnicismi comprensibili solo a pochi.

Grazie alla libera circolazione delle idee e delle persone, a farlo oggi possono essere anche donne e uomini di culture diverse dalla nostra, ma che la nostra l'hanno avvicinata con grande rispetto, studiata, assorbita e metabolizzata mantenendo intatto quello “spirito greco” che spesso lo stesso occidentale mostra di aver perduto.

Questo splendido libro di divulgazione, infatti, affrontando i temi che narra, adotta una ricetta ottenuta mescolando l'astrofisica con una gran quantità di aromi letterari, di odori storici e spezie antropologiche, capace di donare al testo un respiro freschissimo e molto piacevole.

L'autrice, una vera e propria “maga delle spezie” indiana, non è certo una neofita: la sintesi del suo curriculum in terza di copertina garantisce infatti la sua capacità di fare ricerca, ma non dice nulla circa la sua grande cultura umanistica e la sua capa-

cià di mescolarla nell'ordito delle sue descrizioni divulgative.

Leggendo poi la sua introduzione al libro, scegliendo di stare sulle righe, ma soprattutto tra di esse, si apprende molto di più su di lei, intuendo anche che tipo di corsa ci attenderà nei sette, densissimi capitoli di questo suo saggio. Si tratta infatti di una introduzione che definirei “critica” in quanto, senza addentrarsi nel riassunto analitico delle singole sezioni, l'autrice descrive “a volo d'angelo” l'anima dell'intera opera, rivelando così la vera natura del suo punto di vista: quello di una filosofa, di una storica o forse di una sociologa della scienza, incidentalmente in possesso di una quantità enorme di notizie scientifiche.

In quelle pagine iniziali, tra le altre cose, ha modo di dire di sé: «Nei miei anni universitari al Massachusetts Institute of Technology ho studiato fisica, matematica e filosofia. In seguito, sempre al MIT, la curiosità mi ha indotto a specializzarmi in Scienze, Tecnologie e Società finché non sono volata dall'altra parte dell'Atlantico per un dottorato in Astrofisica a Cambridge».

Un percorso, quindi, che dal generale si è approssimato al particolare della conoscenza astrofisica, adagiandola su una solida impalcatura generalista, dalla quale la filosofia non poteva mancare (in fondo, la cosmologia è una materia *border line* per sua stessa natura, sospesa com'è tra pensiero fisico e filosofico) e che credo costituisca, tra le altre cose, un modello importante da sottoporre a studenti di liceo, i quali ancora non sanno bene cosa scegliere all'università.

Più avanti, sempre nell'introduzione, afferma che quella che narrerà sarà «la storia di formidabili sforzi di immaginazione, di idee nuove e rivoluzionarie alimentate da dati e scoperte. Il viaggio di un'idea dalla sua formulazione alla sua accettazione rivela molte altre facce della scienza: la dimensione emotiva, psicologica, personale e sociale della scienza, al di là della pura ricerca intellettuale della conoscenza. Ciò contraddice la percezione popolare dell'indagine oggettiva, condotta da studiosi imparziali che si adoperano per ricavare verità fisse della natura. Dopotutto la scienza è una attività umana, e in quanto tale non è mai priva di soggettività».

Una serie di affermazioni che inseriscono l'immaginazione, la creatività scientifica e la psicologia umana, quindi anche quella dello scienziato, in un ambito cosmologico. Questa impostazione ha il potere di fare apparire quasi necessarie allo sviluppo della scienza quelle che sono normali spinte umane e, per questo, contingenti, nobilitando così peculiarità tipiche della nostra specie. La scienza è fatta da uomini donne e, nonostante la sua pretesa asetticità, non può che essere soggetta alle nostre spinte più umane.

Credo che questo modo di porre le cose sia ancora una novità, specie –mi duole dirlo– tra gli stessi scienziati, i quali, a volte, sembrano rimpiangere i tempi in cui venivano visti come infallibili pensa-

tori, privi di quella dimensione umana messa a nudo dall'autrice.

Questo carattere così attento alla dimensione personale di chi la scienza la fa – si vedano, ad esempio, i gustosissimi ritratti di Vera Rubin, di Fritz Zwicky e di molti altri dei personaggi che di volta in volta si avvicenderanno sul palco della storia oggetto del libro – è il collante di una vicenda a dir poco colossale: la progressiva scoperta, ancora in corso, dell'immane dimensione del cosmo e dei processi che lo modificano nel tempo.

Il libro, essenzialmente un testo di storia dell'astrofisica, conduce quindi alle ultime scoperte di pianeti extrasolari e alla teorizzazione dell'esistenza di altri universi, accompagnando per mano il lettore attraverso le varie tappe che hanno reso possibile arrivare a vedere così lontano nello spazio e nel tempo: espansione cosmica, buchi neri, materia oscura, energia oscura, CMB.

Mi ha colpito in modo particolare la costante e puntuale introduzione, a piè di pagina, dei riferimenti agli articoli di ricerca e ai libri scritti dagli studiosi citati nel testo: non c'è una sola informazione importante ai fini della narrazione della Natarajan che non sia stata giustificata dalla presenza del relativo articolo di riferimento e potrei spingermi oltre dicendo che la storia della cosmologia da lei proposta forse non è altro che il riflesso di un particolare percorso intellettuale tra tutti e soli gli articoli citati.

Si potrebbe obiettare che le bibliografie poste a fine libro hanno, in generale, la stessa funzione, ma qui appare chiaro come il rapporto uno a uno tra gli eventi narrati e i riferimenti antologici sia più stretto del solito.

Da astronomo divulgatore so che a volte capita di affermare cose per averle lette o studiate “di se-

conda mano”, passando cioè dalla rielaborazione di altri autori che forse, a loro volta, le hanno apprese da chissà chi e mi piace pensare che invece l'autrice di *L'esplorazione dell'universo*, con grande onestà intellettuale, abbia davvero deciso di leggere tutte le pietre miliari della letteratura cosmologica riportate. Credo che, oltre ai contenuti descritti con vibrante interesse e competenza, questo sia uno dei punti di maggiore forza del libro: il suggerimento, cioè, di un metodo intellettuale per fare divulgazione e ricerca nel particolare ambito che si è scelto, mantenendo sempre una profonda consapevolezza di quali siano i mattoni creati da altri e sui quali la nostra visione del mondo, dai massimi sistemi alla ristretta nicchia dei nostri studi personali, poggia.

Ma non è tutto: come dicevo, l'autrice ha condotto l'opera con appropriati riferimenti letterari dimostrando così grande attenzione a quanto la filosofia e la sociologia della scienza hanno avuto da dire circa questa travolgente evoluzione culturale.

Insomma, si tratta di un libro capace di fornire una lezione di storia della scienza, ma dal quale emerge anche un grande rispetto per la cultura umana in generale e per la complessità del nostro modo di indagare il mondo con occhi che, se dotati di sole lenti scientifiche, vedono molto, ma perdono decisamente di più.

ANGELO ADAMO

Priyamvada Natarajan insegna Astronomia e Fisica all'Università di Yale e occupa la Sophie and Tycho Brahe Professorship presso il *Dark Cosmology Centre* del Niels Bohr Institute di Copenhagen. È membro del comitato di *NOVA ScienceNow*, partecipa regolarmente al *World Science Festival* e scrive per la *New York Review of Books*.

Alberto Cappi è astronomo associato dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) presso l'Osservatorio di astrofisica e scienza dello spazio di Bologna (OAS). Il suo lavoro di ricerca è centrato sullo studio degli ammassi di galassie e la cosmologia osservativa.

*Le nostre riviste Online,
la nostra libreria Internet*

www.libraweb.net

★

*Our Online Journals,
our Internet Bookshop*

www.libraweb.net



Fabrizio Serra
editore®



Accademia
editoriale®



Istituti editoriali
e poligrafici
internazionali®



Giardini editori
e stampatori
in Pisa®



Edizioni
dell'Ateneo®



Gruppo editoriale
internazionale®

Per leggere un fascicolo saggio di ogni nostra rivista si visiti il nostro sito web:

To read a free sample issue of any of our journals visit our website:

www.libraweb.net/periodonline.php