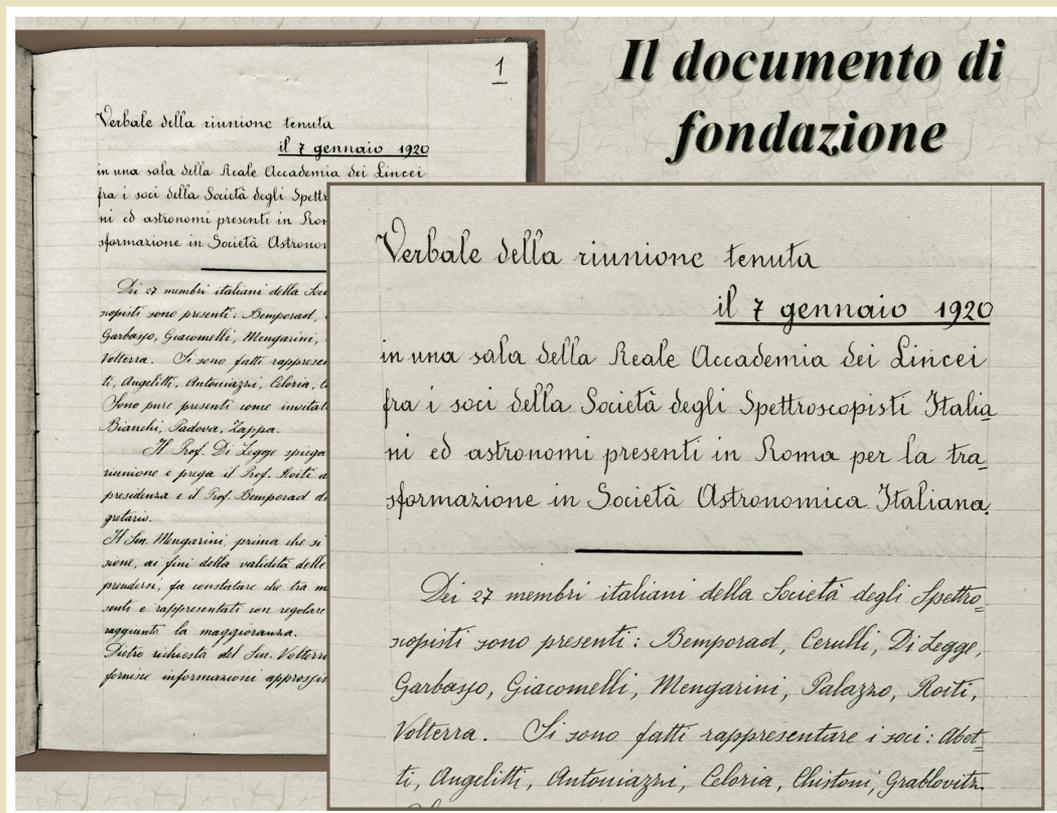




# GIORNALE DI ASTRONOMIA

Rivista di informazione, cultura e didattica  
della Società Astronomica Italiana



Fabrizio Serra editore  
Pisa · Roma

Marzo 2020  
Vol. 46° · N. 1

# GIORNALE

DI

# ASTRONOMIA

Rivista di informazione, cultura e didattica  
della Società Astronomica Italiana

**Publicato 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](http://www.bo.astro.it/sait/giornale.html)

Per informazioni rivolgersi alla Segreteria della  
Società Astronomica Italiana  
Largo E. Fermi 5, 1 50125 Firenze  
tel. +39 055 2752270  
[sait@arcetri.astro.it](mailto: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, 1 40127 Bologna  
tel. +39 051 2095701, fax +39 051 2095700  
[fabrizio.bonoli@unibo.it](mailto:fabrizio.bonoli@unibo.it)

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

Pubblicazione trimestrale  
Vol. 46° · N. 1 · Marzo 2020



**Fabrizio Serra editore**  
Pisa · Roma

## Sommario

### Astronomia oggi

- 2 A che punto è la notte? La cosmologia venti anni dopo  
L. AMENDOLA

### Storia

- 9 Darwin tra le stelle  
L. CRIVELLARI
- 17 Arthur Eddington e la teoria della *Gestalt*  
A. CURIR
- 22 Grandi e piccole scoperte all'Osservatorio di Palermo  
nell'Ottocento  
I. CHINNICI
- 27 L'antica ora italiana e i suoi vantaggi  
G. PALTRINIERI
- 34 Le "mire" del meridiano dell'Osservatorio Astronomico del  
Collegio Romano. La "mira ritrovata" di Villa Medici  
B. LEONI, B. CARACCILO
- 38 La Meridiana di Temistocle Zona a Castiglione di Sicilia  
M. L. TUSCANO

### Didattica

- 45 L'arte di competere con l'infinito e il tentativo di superarlo  
F. VIOLI, C. DE SANTIS

### Cieli d'inchostro (a cura di A. Mandrino, M. Gargano, A. Gasperini)

- 51 Cento di questi anni!  
A. MANDRINO

### Spigolature astronomiche (a cura di A. D'Ercole)

- 54 Luna ballerina  
C. ELIDORO

### Biblioteca (a cura di A. Cappi)

- 57 J. BAGGOTT, *Massa* (recens. di M. Bellazzini)
- 58 H. COLLINS, *Un bacio tra le stelle. Come sono state individuate le  
onde gravitazionali* (recens. di A. Adamo)
- 59 G. DI PASQUALE, *Le macchine nel mondo antico. Dalle civiltà  
mesopotamiche a Roma imperiale* (recens. di A. Cappi)
- 60 A. JONES, *La macchina del cosmo. La meraviglia scientifica del  
meccanismo di Anticitera*
- 60 F. NATI, *L'esperienza del cielo. Diario di un astrofisico* (recens. di  
M. Bellazzini)
- 61 S. SAVAGLIO, *Tutto l'universo per chi ha poco spazio-tempo*  
(recens. di A. Simoncelli)
- 62 A. SIMONCELLI, *Il lato oscuro dell'universo. Viaggio nel "buio"  
del cosmo* (recens. di A. Cappi)
- 62 N. THOMPSON, *Light This Candle. The Life & Times of Alan  
Shepard* (recens. di M. Orlandi)

### In copertina

Verbale della riunione della Società degli Spettroscopisti Italiani  
del 7 gennaio 1920, presso la R. Accademia dei Lincei, nella quale  
si definì l'atto di nascita della Società Astronomica Italiana (Osser-  
vatorio astronomico di Brera, Archivio della Società Astronomica  
Italiana). [Si veda all'interno l'articolo di A. MANDRINO nella ru-  
brica *Cieli d'inchostro*]

# A che punto è la notte?

## La cosmologia venti anni dopo

Luca Amendola

Institut für Theoretische Physik, Ruprecht-Karls Universität Heidelberg, Germania

«LA Natura si fa beffe di loro e di tutte le loro cieche congetture»: così, con l'*Elogio della Follia* di Erasmo, concludevo all'inizio del nuovo millennio una rassegna della cosmologia su questo stesso *Giornale*.<sup>1</sup> Così mi sembra giusto riprendere il filo del discorso, tanti anni dopo, per vedere a che punto è questa notte infinita in cui la cosmologia sembra essersi cacciata.

Erasmo aggiungeva che essi (i filosofi, e quindi un po' anche i cosmologi) «non sono d'accordo su nulla, foss'anche la minima questione». Curiosamente, per una scienza in crisi di crescita come la cosmologia, questa critica di Erasmo colpisce solo di striscio. I cosmologi, purtroppo, sono d'accordo su tutto, eccetto sulle minime questioni, come vedremo nel seguito.

Com'è ben noto ai lettori di questo *Giornale*, anche la cosmologia, da sempre un po' invidiosa della sorellastra fisica delle particelle, ha il suo Modello Standard. Modello che si stava delineando con precisione proprio nel periodo in cui scrissi quell'articolo.

Formidabili quegli anni! Stavamo appena prendendo confidenza con l'euro; il 9/11 metteva in moto processi di cui, tragicamente, ancora non vediamo la fine; Wikipedia si affacciava timidamente sui nostri schermi; l'attività più social era ancora la pausa caffè. Ma formidabili anche per la cosmologia. Nel giro di pochi mesi, alla scoperta dell'accelerazione cosmica era succeduta la determinazione della densità di materia grazie alle mappe del fondo cosmico di *Boomerang* e *Maxima*, realizzate da Paolo de Bernardis e Silvia Masi della Sapienza di Roma e dai loro collaboratori. Il mondo del pressappoco cedeva il passo all'Universo della precisione. Scoprivamo così che il nostro universo è composto per un terzo di materia aggregata in galassie e ammassi di galassie, e per due terzi di energia oscura, diffusa omogeneamente nello spazio. C'era anche la fettina di limone, in questo cocktail cosmico: un 5% di atomi ordinari, raccolti in stelle, gas, polveri, pianeti, comete, cellule, neuroni. Proprio come con la fettina di limone, senza quel 5% il cocktail sarebbe molto più insipido: un universo spento, inospitale, invivibile, inintelligibile.

Poiché questo articolo è una sorta di *sequel*, il primo compito è di aggiornare lo spettatore sui fatti in-

tercorsi. Non ci vorrà molto: il Modello Standard è rimasto sostanzialmente invariato. I numeri hanno adesso anche i decimali: densità di materia oscura 26,6%, densità di atomi 4,96%, il resto energia oscura. Le voci cosmologiche registrate sulla bibbia della fisica, il *Particle Data Group Booklet*, un libriccino edito ogni anno che riporta tutte le misure sperimentali di interesse fisico, hanno ormai incertezze confrontabili con quelle dei "particellari". Anzi, possiamo dire con malcelato orgoglio che conosciamo l'età dell'universo con maggiore precisione del tempo di decadimento del mesone neutro  $\pi$ .

### Il problema di Lambda

Naturalmente, il nostro amico fisico delle particelle, chiamiamolo Ettore, sarà pronto a ribattere. «Beh, però noi sappiamo che il mesone  $\pi$  è composto da quark Up e Down, ha spin zero e decade preferenzialmente in fotoni, mentre voi ancora non sapete nulla del 95% della materia cosmica!». Ettore ha ragione. A parte la fettina di limone atomica (o barionica, come amano dire i cosmologi, trascurando il contributo degli elettroni), il 25% circa di materia oscura e il 70% di energia oscura sono finora solo numeri sulla carta. Spiegano meravigliosamente le osservazioni, certo, ma se quelle componenti siano nuove particelle, buchi neri primordiali, extra-dimensioni arrotolate come un tappeto o cristalli di kryptonite, nessuno lo sa.

La ragione per cui possiamo finora vivere bene, e perfino vantarci, di questa beata ignoranza, è che il cocktail cosmico spiega davvero bene una montagna di dati. Ecco una lista incompleta: le abbondanze degli elementi prodotti nell'universo primordiale; la relazione distanza-*redshift* di un migliaio di supernovae Ia; le fluttuazioni della radiazione di fondo cosmico, fino a una risoluzione di circa un minuto d'arco; le disomogeneità della distribuzione di galassie e la loro crescita negli ultimi dieci miliardi di anni; le distorsioni delle immagini delle galassie (effetto lente gravitazionale); e diverse altre osservazioni promettenti ma più incerte come le masse degli ammassi di galassie misurate con l'emissione di raggi X o con la dinamica delle galassie membri, le fluttuazioni delle nubi di idrogeno neutro, ecc. ecc. Non saprei bene come stimare l'impatto statistico di tutta queste messe di dati, ma diciamo che solo lo spettro di fondo cosmico è co-

<sup>1</sup> *Fine della cosmologia?*, «Giornale di Astronomia», 2001, n. 1, p. 2, e n. 4, p. 3.

stituito da circa tremila misure indipendenti, e che al Modello Standard occorrono solo sei quantità teoriche per riprodurlo con grande precisione. È come se un giocatore di biliardo riuscisse a centrare tremila birilli con solo sei colpi!

Anche Ettore ammette che è un bel trionfo, ma non demorde: «D'accordo, questo cocktail di materia ed energia oscura funziona benissimo, non saprei trovare di meglio; adesso discutiamo di fisica: cosa sono?». È qui che il mio compito di scrivere il sequel diventa difficile, perché la storia, lontana dallo sciogliere i nodi, si è ingarbugliata ancora di più (o forse è questo che i *sequel* fanno sempre?). Dopo tanti anni, ancora non abbiamo idee chiare né sulla materia né sull'energia oscura. Semmai, le abbiamo meno chiare di quando siamo partiti.

Cominciamo dalla materia oscura. Venti anni fa eravamo quasi sicuri: doveva essere costituita da particelle di circa 100 GeV, ovvero cento volte più massive dei protoni. Forse non proprio 100, anche 10 o 200 andava bene, ma quella era l'arena. Negli anni Ottanta fu calcolato che una particella di quella massa che risponde solo all'interazione nucleare debole fornisce al presente esattamente la densità richiesta, quel 25% che ci occorre per il cocktail. Queste particelle ipotetiche furono battezzate WIMPS, per *Weakly Interacting Massive Particles*, e la predizione era talmente incoraggiante che venne chiamata il "*WIMP miracle*". Poiché l'esistenza delle WIMPS era predetta dalle teorie di supersimmetria, si sperava, trovandole, di rivoluzionare in un colpo solo la fisica delle particelle e la cosmologia. «Eh già, ricordo, bei tempi quelli», dice Ettore ravviandosi la pettinatura demodé, «sembrava tutto a portata di mano, nuove terre, nuovi cieli, nuova fisica». Furono costruiti immensi laboratori sotterranei ricolmi di cisterne in cui catturare WIMPS di passaggio, come reti a strascico, con rivelatori sintonizzati sul canale dei 100 GeV o giù di lì. Anche il *Large Hadron Collider* del CERN – costruito primariamente per rivelare il bosone di Higgs (missione compiuta!) – era fiducioso di rintracciare WIMPS tra i cascami delle sue potenti collisioni. Eppure, tanti anni dopo, nulla, se si eccettuano le ormai decennali polemiche sui segnali rivelati dall'esperimento DAMA al Gran Sasso. Forse la massa non è di 100 GeV, e neppure 200 GeV; forse sono mille o centomila, al di là della sensibilità degli espe-



William Blake (1757-1827), *The ancient of Days*, 1794. [Fitzwilliam Museum, Cambridge University]

rimenti; oppure non sono WIMPS e non interagiscono neppure con la più debole delle forze nucleari; oppure non sono particelle; oppure abbiamo sbagliato tutto.

Poi, per farci ancora più male, c'è l'altro buco nero della conoscenza, l'energia oscura. La forma più semplice, e tuttora osservativamente più valida, di energia oscura è la famosa costante cosmologica. Inventata da Einstein nel 1917 per permettere un universo statico, a costo di intaccare l'eleganza delle sue stesse equazioni della relatività generale, poi ripudiata quando Lemaître, Hubble ed altri astronomi degli anni Venti scoprirono l'espansione cosmica, la costante cosmologica venne nuovamente invocata nel 1998 da Perlmutter, Schmidt e Riess per spiegare l'accelerazione indicata dalle supernovae. Da allora la costante, nome in codice  $\Lambda$  (Lambda), è divenuta un ingrediente essenziale della ricetta: senza di essa, non sapremmo spiegare non solo l'accelerazione cosmica, ma neppure l'ammontare complessivo dell'energia che riempie l'universo, ov-

vero il gap tra il 30% di materia (ordinaria più oscura) e il 100% che sappiamo essere presente dalle misure di fondo cosmico (e predetto dai primi anni Ottanta dalla teoria dell'inflazione cosmica).

Ettore, finora un po' perso nei suoi ricordi, sembra risvegliarsi. «L'energia del vuoto quantistico, quella che voi chiamate la costante cosmologica! Un altro disastro!». Il disastro era stato già avvistato da Boris Zel'dovich nel 1967, giusto 50 anni dopo l'invenzione della Lambda. Zel'dovich, oltre ad essere uno dei grandissimi della fisica del Novecento, è noto anche perché ogni volta che uno ha un'idea, poi scopre che Zel'dovich l'aveva già avuta nel 1961 o nel 1974, e pubblicata, magari solo in russo, sul giornale *I successi della scienza sovietica*. Nel 1967, in un articolo della bellezza di 41 righe compresi i ringraziamenti, Zel'dovich notava che l'energia residua, quella che secondo la teoria quantistica dei campi rimane anche quando tutte le particelle reali sono rimosse – l'energia del vuoto appunto – potrebbe, o meglio dovrebbe, esercitare gravità come ogni altra forma di energia. Solo che se si cerca di stimare la gravità indotta dall'energia del vuoto, si scopre che l'universo avrebbe dovuto collassare su se stesso in una frazione di secondo. La Lambda oggi misurata in cosmologia ha un valore che, nella migliore delle ipotesi, è 56 ordini di grandezza inferiore a quello teoricamente atteso (Ettore sorride sardonico). Il problema di Zel'dovich è stato da allora vivisezionato in lungo e in largo, ma rimane inalterato: non c'è modo, nell'ambito della fisica attuale, di spiegare il valore di Lambda mediante ricorso a particelle o forze a noi note. Zel'dovich saggiamente concludeva:

*It must be emphasized in conclusion that the final word with respect to the quantity  $\Lambda$  belongs to astronomical observations; it cannot be regarded as proved that  $\Lambda \neq 0$ .*

Come si può intuire dalle ultime parole, Zel'dovich si era occupato del problema perché in quegli anni la Lambda era tornata brevemente sugli allori, per poi risprofondare nel suo sonno secolare. Oggi quasi tutti i cosmologi sono d'accordo che Lambda sia effettivamente diversa da zero, ma ancora non sappiamo perché abbia un valore così innaturale, dal punto di vista della fisica quantistica, e neppure perché, al tempo presente, questo valore sia molto simile a quello dell'energia trasportata dalla materia oscura.

Quest'ultimo problema, detto della *coincidenza*, merita qualche riga in più. La ricetta del cocktail, un terzo di materia, due terzi di energia oscura, è valida all'epoca presente. L'energia oscura, come vediamo già dal nome della sua più semplice incarnazione, la costante Lambda, ha una densità di energia costante o approssimativamente costante nel tempo, mentre la densità di materia diminuisce a mano a mano che lo spazio si espande, come fanno tutte le forme di materia benedicate. Appare quindi chiaro che nel futuro l'energia oscura sarà la componente dominante, mentre nel passato deve aver prevalso la ma-

teria oscura. Ci deve essere quindi un momento in cui le due componenti devono aver avuto lo stesso peso. Combinando le osservazioni più recenti, scopriamo che questa epoca di equivalenza materia-Lambda si è prodotta tre miliardi di anni fa, il che in cosmologia è come dire stamattina. Due ingredienti che non dovrebbero avere nulla in comune, che hanno abbondanze e andamenti diversi in tutta la storia cosmica passata e futura, sembrano essersi messi d'accordo per incrociarsi letteralmente davanti a noi, ovvero nel breve intervallo tra il momento in cui qualche alchimia terrestre ci ha dotato di occhi e cervello e quello in cui l'espansione accelerata avrà reso invisibile, spingendolo oltre l'orizzonte, il resto del Cosmo (sempre che non ci siamo autodistrutti ben prima). Forse è solo una coincidenza. Oppure, è un segnale che ci indica qualcosa.

## Raggi gravitazionali

Ma se negli ultimi venti anni non abbiamo compiuto molti progressi per quanto riguarda materia ed energia oscura, cosa abbiamo fatto? I satelliti WMAP prima e Planck poi hanno creato mappe complete ad alta risoluzione del fondo cosmico e misurato un gran numero di parametri cosmici con altissima precisione. Nuove campagne osservative hanno scandagliato l'universo presente, misurando le minute fluttuazioni della densità di galassie e delle loro distorsioni gravitazionali. Altre centinaia di supernovae e nuovi indicatori di distanza si sono aggiunti a quelli di Perlmutter, Schmidt e Riess. Tutti questi nuovi dati sono ancora perfettamente compatibili con la costante cosmologica. I pochi numeri necessari per spiegare l'inizio della storia cosmica, stampato sul fondo di radiazione, sono anche sufficienti per spiegarne lo stato attuale. Il campione di biliardo continua ad abbattere birilli senza sbagliare un colpo.

Nel frattempo, orde di teorie rivali sono state giustiziate. Per un po', per esempio, si era pensato che l'accelerazione potesse essere solo apparente, una sorta di effetto ottico dovuto all'assunzione che l'universo, a parte piccole fluttuazioni, sia sostanzialmente omogeneo quando è osservato a grandi distanze. Immaginiamo, invece, di vivere al centro di una gigantesca bolla quasi vuota estesa per centinaia di milioni di anni-luce. Le poche galassie in essa presenti sarebbero allora attratte dalle più dense regioni oltre i confini della bolla. La differenza di velocità media tra galassie vicine e lontane apparirebbe come un'accelerazione, senza dover ricorrere a nessuna costante cosmologica. Questi modelli ebbero vita breve: le grandi bolle quasi vuote sono del tutto improbabili e in contrasto con altre osservazioni; ancora più improbabile è che la nostra Via Lattea sia posizionata giusto al centro (e se così non fosse, si osserverebbero marcate differenze nel fondo cosmico a seconda della direzione in cui si guarda).

Altre teorie di energia oscura, alternative alla Lambda, sono ancora perfettamente accettabili, ma

solo perché, in effetti, assomigliano moltissimo alla capostipite. Invece di una densità costante, predicono una densità debolmente variabile nel tempo; invece di un'energia distribuita in maniera assolutamente uniforme, permettono leggere fluttuazioni.

Alcune di queste teorie sono tuttavia molto interessanti per altre ragioni, soprattutto perché predicono nuovi fenomeni, come una modifica della gravità di Einstein, e trasformano l'energia oscura da uno spettatore ingombrante, ma passivo, in una nuova forza che agisce a grandissime distanze, come la stessa gravità. La gravità è ovunque: se la tocchi, tutto cambia. La fenomenologia di queste teorie è quindi molto ricca: ad esempio, la gravità modificata agisce in modo diverso sulla materia rispetto alla luce.

Forse l'effetto più sorprendente predetto da alcune di queste teorie è che la velocità di propagazione delle onde gravitazionali è diversa da quella della luce. Secondo la teoria della relatività generale, le onde gravitazionali, ovvero le microscopiche fluttuazioni del campo gravitazionale indotte, per esempio, da eventi eccezionali come la collisione di due buchi neri, viaggiano con la stessa velocità della luce, poiché, come le onde luminose, sono formate da particelle senza massa. La stessa luce, però, si propaga a 300.000 km/s nel vuoto ma a velocità inferiore in un mezzo trasparente (ad esempio, a 225.000 km/s in acqua). Ebbene, in queste teorie di gravità modificata, è come se le onde gravitazionali si propagassero in un mezzo con indice di rifrazione diverso da 1 e quindi, pur rimanendo senza massa, avessero una velocità differente, anche maggiore di 300.000 km/s. Ma ovviamente non c'è nessun oceano cosmico: è la nuova forza che rende le onde gravitazionali più lente o più veloci di quelle luminose.

Nel 2014, I. Saltas, I. Sawicki, M. Kunz ed io scrivemmo un articolo su queste teorie che, tra l'altro, metteva in luce la possibilità di osservare tale discrepanza tra le velocità (purtroppo, pubblicammo l'articolo una settimana dopo due colleghi giapponesi, nonostante avessimo i risultati già da diverso tempo). Aggiungemmo una frase di routine in molti articoli teorici: «*Such observations are clearly extremely challenging and futuristic, but may one day be possible*». Tre anni dopo, il 17 agosto del 2017, il futuro arrivò, per una volta in netto anticipo sulle previsioni, non solo nostre. L'osservazione simultanea di onde gravitazionali e di raggi gamma, generati nella fase finale dell'incontro tra un buco nero e una stella di neutroni, permise al team di *Virgo* (a Pisa) e *LIGO* (negli USA) di misurare con straordinaria precisione la velocità delle onde gravitazionali e luminose. Risultato: nessuna differenza! Il cestino delle teorie estinte cominciava a tracimare.

## Tensioni

Intanto i dati continuavano ad accumularsi e le incertezze sperimentali a diminuire. Una delle gran-

dezze più amate dai cosmologi è anche la più antica: il tasso di espansione, detto anche costante di Hubble-Lemaître. Fino a due anni fa, la costante era nota col solo nome di Hubble, anche se Lemaître fu il primo non solo a calcolarla nel 1927, ma anche a interpretarla correttamente. Finalmente, nel 2018, l'Unione Astronomica Internazionale, in un'insolita benché giusta decisione, ha corretto la denominazione ufficiale (ma non il simbolo, che rimane  $H$ !).

La costante  $H$ , o meglio  $H_0$ , per indicare il valore all'epoca presente, moltiplicata per la distanza in megaparsec (1 megaparsec = 3,26 milioni di anni luce) di una galassia, fornisce la sua velocità di allontanamento in km/s. Poiché  $H_0$  vale circa 70, una galassia distante 10 Mpc, come ad esempio M66 nella costellazione del Leone, si allontana a circa 700 km/s.  $H_0$  è davvero la misura di tutte le cose cosmologiche: l'espansione cosmica, l'età dell'universo, le distanze degli oggetti lontani, la magnitudine delle supernovae, le fluttuazioni del fondo cosmico, e tanto altro ancora.

La saga quasi secolare delle misure di  $H_0$  è una sorta di *Game of Thrones* scientifico. Niente draghi, ma grandi personaggi, rivalità decennali, colpi di scena, battaglie di articoli, telescopi e satelliti. Dalle prime misure, rivoluzionarie ma del tutto fuori strada, di Hubble e Lemaître ( $H_0$  pari a circa 500), per anni il suo valore oscillò tra 100 (Van den Bergh e de Vaucouleurs) e 50 (Sandage e Tammann), per poi iniziare a convergere negli anni Novanta intorno a 70, con un'incertezza di circa 10, poi 8, poi 5, ... Proprio come in *GoT*, sembrava ormai fatta, musica struggente, lieto fine, e tutti a casa. Ma ecco la crisi. Negli ultimi anni, prima in sordina, poi sempre più rumorosamente, due diverse misure di  $H_0$ , entrambe precise, entrambe autorevoli, forniscono risultati inconciliabili. Una, ottenuta dal satellite *Planck* e basata essenzialmente su osservazioni ad alto *redshift*, ci dice che  $H_0$  è tra 67 e 68; l'altra, basata su osservazioni a piccolo *redshift* prodotte da Riess (uno dei tre Premi Nobel 2011 per la scoperta dell'accelerazione cosmica) e collaboratori, dà  $H_0$  tra 73 e 75. Stime settacciate senza pietà e in tutte le maniere, eppure ancora lì, divergenti, beffardamente contraddittorie.

La stima di *Planck* assume che il Modello Standard, il nostro cocktail, sia corretto. Quella di Riess non dipende dal cocktail ma naturalmente si basa su altre ipotesi, non tutte facilmente verificabili. Se Riess ha ragione, il cocktail è sbagliato. Anche perché altre piccole crepe stanno emergendo, altre piccole cose su cui accapigliarsi, non potendo per ora attaccare frontalmente l'intero Modello Standard. Per esempio, le fluttuazioni di materia osservate mediante l'effetto lente gravitazionale sembrano significativamente minori di quelle misurate sempre dal satellite *Planck*. Gli stessi dati di *Planck* favoriscono, per ora solo marginalmente, una nuova forza cosmica. Se queste discrepanze saranno del tutto confermate, non basterà rimodulare il 30% del cocktail in 28 o 32% o cose così; occorrerà veramente una nuova ricetta e certamente almeno un nuovo

ingrediente. Forse gravità modificata? Una bolla meglio architettata? Dragoni lanciefiamme?

## I castelli di carta

Il nostro amico Ettore è ora intento a sfogliare gli ultimi articoli sottomessi sull'archivio elettronico. Me ne indica alcuni, con un'aria di sfida. Hanno tutti la parola *swampland* nel titolo, insieme con altri termini arcani. Da diversi anni, articoli come questi spuntano a decine, a centinaia. La *swampland*, la Palude, sembra un altro termine da racconto fantasy, "là donde nessuno è mai tornato". È un termine inventato dai teorici delle superstringhe, la formulazione della teoria quantistica dei campi in cui le particelle sono rimpiazzate da oggetti estesi, come stringhe o membrane, che vivono in dieci dimensioni spazio-temporali. Questa teoria, ancora tutta da verificare, ha un'infinità di soluzioni. Per ogni soluzione, l'universo che ne discende è completamente diverso: in uno non c'è nessuna costante cosmologica, in un altro ci sono dodici forze fondamentali invece di quattro, in un altro ancora i neutrini pesano come palle da tennis, eccetera. Altro che fantasy!

L'insieme delle soluzioni possibili all'interno della teoria delle stringhe viene indicato col nome di *landscape*, il Paesaggio. Il Paesaggio è enorme e infinitamente complesso, ma benché sia composto da un gran numero di universi, ce ne sono molti di più nella Palude, ovvero quelli che nessuna teoria delle stringhe è in grado di generare. È come con i castelli di carte: ne possiamo realizzare in infinite forme, ma tutti quelli che stanno in piedi devono soddisfare certe ristrette regole di equilibrio. Se dispongo le carte a caso, crollano.

*Landscape* più *swampland* rappresentano il mondo delle possibilità illimitate, sogni più incubi. Questo insieme non ha ancora un nome, per cui lo chiamerò Uruk, come l'antica capitale dei Sumeri, eretta ai bordi delle grandi paludi mesopotamiche. Il mondo di Uruk è una vasta distesa di più o meno riusciti castelli di carte. La grandissima maggioranza giace sparsa a terra – la *swampland*. Solo qui e là si ergono strutture integre – il Paesaggio degli universi possibili.

Siamo ancora lontanissimi dall'esplorare Uruk in maniera sistematica. È per questa ragione che i teorici sfornano articoli a raffica: per identificare le regole necessarie a stabilizzare i castelli. Ettore, fisico di un'altra generazione, segue questi lavori con attenzione ma non si sente molto a suo agio: «Nessun dato, nessun teorema, tutte congetture!». La congettura più interessante per noi, formulata recentemente da Cumrun Vafa, è che la costante cosmologica è un castello di carte fallito, che non può stare in piedi. Ovvero: un universo dotato di costante cosmologica non può essere correttamente inquadrato all'interno di una teoria delle stringhe.

Nessuno è obbligato a credere a Uruk o alla teoria delle stringhe, super o meno, anche perché come

detto non ci sono ancora basi sperimentali. Ma è la frontiera più avanzata della fisica fondamentale, su cui lavorano le menti migliori della nostra generazione, e merita rispetto. In un certo senso, se la teoria delle stringhe è falsa, dovremmo seriamente chiederci perché questa raffinata costruzione matematica non trovi rappresentazione nella realtà, come l'hanno trovata le teorie di *gauge* che sono alla base dell'attuale visione del mondo. Ma se è corretta, e se le congetture finora formulate saranno effettivamente dimostrate, l'accelerazione cosmica avrà pure una valida spiegazione fisica, ma la costante cosmologica non sarà tra queste.

## Fuochi d'artificio

Crisi di crescita, abbiamo detto. Oggi disponiamo di mappe di fondo cosmico cento volte più estese e dettagliate degli anni Novanta. Possediamo cataloghi di galassie migliaia di volte più ricchi, rilevazioni di distorsioni da lente gravitazionali senza precedenti, supernovae in abbondanza, e tanto altro ancora. Ormai sono i particellari come Ettore che provano un po' d'invidia per come è cresciuta la cosmologia, per la precisione raggiunta dal nostro Modello Standard, e forse soprattutto per quello che deve ancora arrivare.

I fisici delle particelle hanno il loro LHC, e se lo dovranno tenere ben stretto per un bel po'. In una decina di anni, una versione potenziata, detta *High Luminosity LHC*, aumenterà il numero di collisioni, ma non la loro energia, se non marginalmente. Il progetto dell'*International Linear Collider*, costo almeno dieci miliardi di euro, è solo sulla carta e non è chiaro chi possa farsene carico. Altri progetti, ancora più futuristici, non sono neppure su carta, ma solo nelle menti dei proponenti. Bene che vada, non ci sarà un super LHC prima di venti anni.

Le prospettive per la cosmologia osservativa sono decisamente più brillanti, un vero spettacolo pirotecnico. Nel 2021 sarà lanciato il satellite *Euclid* dell'ESA, con partecipazione NASA. *Euclid* scandagherà per sei anni un terzo di cielo, registrando posizione e *redshift* di quasi quaranta milioni di galassie, e immagini (utili per rivelare l'effetto lente gravitazionale) di altre due miliardi. Da questi dati, sarà possibile ricostruire non solo la geografia ma anche la storia del cosmo degli ultimi dieci miliardi di anni. *Euclid* misurerà la crescita delle fluttuazioni dovute alla gravità con precisione enormemente superiore a quella nota finora. E se la gravità non è quella predetta da Einstein, se una nuova forza agisce nello spazio, visibile solo a grandissime distanze e perciò finora sfuggita ai nostri sensi, *Euclid* ne rivelerà gli effetti. Invece di sparare protoni l'uno contro l'altro per scoprire le forze che agiscono nel mondo di sotto, gli astrofisici di *Euclid* seguiranno il moto delle silenziose galassie per ascoltare nuovi fenomeni nel mondo di sopra.

Subito dopo che *Euclid* sarà spento, entrerà in funzione in Cile il LSST, *Large Synoptic Survey Telescope*. Con il suo ampio campo di vista, potrà registrare l'intero cielo in tre notti, individuando quindi tutti i fenomeni transienti come le supernovae. In dieci anni, il LSST identificherà ogni anno almeno diecimila supernovae di tipo Ia, quelle necessarie per misurare le distanze cosmologiche e l'accelerazione.

Sul finire degli anni Venti dovrebbe cominciare a pieno ritmo la costruzione in Sud Africa e Australia di SKA, lo *Square Kilometer Array*, un radio telescopio formato da migliaia di piccole antenne distribuite su vaste aree desertiche, la cui sensibilità sarà pari a quella di un disco parabolico di un chilometro quadrato. SKA riceverà segnali radio emessi durante l'epoca della reionizzazione, quando l'universo aveva solo duecento milioni di anni e le prime stelle cominciavano appena a formarsi.

E poi ancora *SphereX*, un satellite nel vicino infrarosso, il satellite WFIRST, complementare a *Euclid*, il *James Webb Space Telescope*, buono per tutti gli usi astronomici, e poi più in là l'EELT, l'*European Extremely Large Telescope*... Per non parlare della nuova astronomia, quella delle onde gravitazionali, tutta ancora da sviluppare, con progetti fantascientifici come LISA, una squadra di tre satelliti in formazione che agiscono come un gigantesco interferometro.

Il fuoco di fila di questi progetti è impressionante. Espanderemo la nostra conoscenza in tutte le dimensioni, qualitative (alte risoluzioni spettrali e d'immagine), quantitative (più cielo, maggiore profondità), e tipologiche (nuovi segnali, nuove sorgenti). Cosa scopriremo?

## L'ultimo assalto

Salto nel futuro. Gennaio 2035. La grande cornucopia dei dati osservativi è stata ormai digerita dai supercomputer, strizzata come un limone per distillarne ogni segreto. Una grande conferenza stampa è stata convocata a Ginevra dal congresso mondiale dei cosmologi (che per fortuna non esiste) dopo settimane di rumors contraddittori. I microfoni grac-



William Blake (1757-1827), *When the Morning Stars Sang Together*, 1804/1807. [The Morgan Library & Museum]

chiano. Il brusio in sala si spegne. Il *beamer* si accende. Il risultato è...

Scenario A: il Moloch ha vinto. Il Modello Standard ha retto anche a questa prova. Il cocktail cosmico è stato accuratamente revisionato e con qualche ritocco funziona ancora benissimo. Abbiamo anche imparato un mucchio di cose sull'evoluzione delle galassie, sulla distribuzione di gas e polveri, sulla formazione stellare, sulla planetologia extrasolare. Ma avremo capito cosa è davvero la costante cosmologica? E quali particelle, se di particelle davvero si tratta, formano la materia oscura? E perché le loro densità di energia sono così vicine proprio durante l'epoca attuale?

Molti ne dubitano. Per quanti dati accumuliamo, se tutto quello che riusciamo a misurare è il valore

della Lambda e della densità di materia oscura, non faremo molti progressi. Il Modello Standard funziona benissimo, ma rimane una scatola nera.

Lo scenario A assomiglia a un epitaffio: «Qui giace, invitto». Potremo permetterci più il lusso di nuovi satelliti e megatelescopi dedicati alla cosmologia, se non c'è nessun problema da dirimere, a parte le esoteriche congetture dei teorici di Uruk, nessuna nuova direzione in cui cercare, nessuna indicazione di nuova fisica? Non saranno più che giustificate le agenzie che finanziano la ricerca nel dare la preferenza a progetti che promettono di trovare pianeti extrasolari abitabili (hai visto mai ne avessimo bisogno...), o onde gravitazionali che illuminino il mistero dei buchi neri, in attesa che la cosmologia si chiarisca le idee?

Scenario B: eppur si muove. Nel 2035, dopo anni di tenaci controversie, finalmente i dati ottici, infrarossi, radio, gravitazionali, unanimemente chiariscono che il venerabile Modello Standard ha fatto il suo tempo e non è più sufficiente. Forse la costante cosmologica non è davvero costante nel tempo o nello spazio: minute deviazioni sono state misurate oltre ogni dubbio. Oppure la materia oscura evidenzia chiari segni d'interazione con altre componenti; o magari si dimostra che non è composta da particelle ma da buchi neri primordiali. Oppure, scanda-

loso, la gravità einsteiniana deve essere modificata, una nuova forza appare necessaria.

È chiaro che Ettore ed io facciamo il tifo per lo scenario B. La fisica avrebbe molto da ripensare: quale teoria di *gauge* giustifica la nuova forza? Che tipo di materia oscura può interagire con se stessa o con le altre particelle? Come sono stati prodotti i buchi neri primordiali? Tante nuove idee da sottoporre a test, da legare a ciò che già conosciamo, da investigare per estrarne ulteriori conseguenze. Magari non saranno necessari nuovi costosi satelliti; forse basterà tornare alla lavagna e reimpostare le nostre equazioni sapendo un po' meglio che tipo di soluzioni andiamo cercando, che è poi la maniera più proficua di fare scienza.

La conclusione di questo articolo, questa tappa intermedia tra i tumultuosi anni a cavallo del millennio e la messe di nuove campagne osservative in corso o imminenti, è che abbiamo delimitato abbastanza bene il campo di battaglia. Il moloch del Modello Standard è ancora saldo ma le prime crepe che sembrano aprirsi qui e lì invitano all'assalto. I macchinari sono pronti: satelliti, telescopi, interferometri, antenne radio.

Se l'assalto fallisce, non avremo molte altre chances.

Se riesce, la fortezza, speriamo, sarà ricca di tesori.

---

**Luca Amendola** (Roma, 1963) ha conseguito il dottorato in Astronomia alla Sapienza di Roma ed è stato ricercatore astronomo presso l'Istituto Nazionale di Astrofisica. Dal 2009 è professore di Fisica Teorica presso l'Università di Heidelberg in Germania, dove lavora nel campo della cosmologia. Oltre a più di 150 articoli scientifici, ha pubblicato insieme a Shinji Tsujikawa la monografia *Dark Energy. Theory and Observations*, presso Cambridge University Press. Nel 2018 ha pubblicato il libro divulgativo *L'altra faccia dell'Universo*, edizioni Il Mulino.

# Darwin tra le stelle

Lucio Crivellari

INAF · Osservatorio Astronomico di Trieste e Instituto de Astrofísica de Canarias

## Prefazione

NEL SUO libro *The Conceptual Developments of Quantum Mechanics* (JAMMER, 1966), Max Jammer afferma che il contesto filosofico dell'epoca in cui uno scienziato vive ha sovente un'influenza determinante sull'origine dei concetti innovativi da lui introdotti. Se questo punto di vista è largamente condiviso, personale è la sua successiva osservazione che le considerazioni filosofiche di uno scienziato non sono per lui espliciti orientamenti, ma agiscono sul suo pensiero come una corrente sotterranea. Ne troviamo una prova nelle parole che Einstein scriveva nel 1915 a Moritz Schlick:<sup>1</sup>

Avete già visto come questa corrente di pensiero [il positivismo] è di grande influenza sui miei sforzi, in particolare E. Mach e soprattutto Hume, di cui ho studiato con entusiasmo ed ammirazione il suo 'Saggio sull'Intelletto Umano' poco prima della scoperta della relatività. È ben possibile che, senza questi studi filosofici, non sarei pervenuto alla soluzione.

Per altro, la natura stessa del metodo scientifico porta necessariamente lo scienziato a confrontare i suoi preconcetti filosofici con l'evidenza dei dati di fatto; ogni teoria originale apre nuovi cammini all'indagine, indipendentemente dal fatto che possa essere confutata più tardi proprio dai risultati sperimentali a cui essa stessa ha fornito l'accesso.

In questo articolo desidero ricordare la figura di Norman Lockyer, uno dei pionieri dell'astrofisica nella seconda metà del XIX secolo. Il suo cospicuo apporto all'applicazione della spettroscopia nell'interpretazione degli spettri stellari, che segna la nascita dell'astrofisica, costituisce un perfetto esempio delle precedenti affermazioni. Cercherò nel seguito di riassumere le sue intuizioni e teorie, frutto di un'ingente mole di lavori sperimentali e di osservazioni astronomiche, e di mettere in evidenza quanto è rimasto confermato dai successivi sviluppi della fisica atomica, a differenza della sua congettura sull'evoluzione stellare, smentita dalle teorie odierne. Una particolare attenzione sarà dedicata al suo libro *Inorganic Evolution as Studied by Spectral Analysis* (LOCKYER, 1900), dove maggiormente si fa sentire l'influsso delle teorie evoluzionistiche, dominanti nel clima culturale dell'epoca.

<sup>1</sup> MORITZ SCHLICK (1882-1936), filosofo tedesco, studiò fisica ad Heidelberg, Losanna e a Berlino con Max Planck. Fondatore del "Circolo di Vienna", fu un promotore dell'empirismo logico.

## L'evoluzionismo alla fine del XIX secolo

La teoria dell'evoluzione di Darwin è senza dubbio un'altra 'rivoluzione copernicana' nella storia del pensiero occidentale. Dopo la pubblicazione nel 1859 di *The Origin of Species*, non senza riserve e controversie principalmente di ordine teologico, il darwinismo si sviluppò come una corrente che andava estendendo le idee evoluzionistiche ad un sempre più vasto ambito, tanto filosofico come socio-politico. Si deve soprattutto ad Herbert Spencer l'aver portato l'evoluzionismo al centro del dibattito intellettuale nelle ultime decadi del XIX secolo, non solo teorizzandolo nei suoi termini più generali, ma considerando anche le sue applicazioni a svariati campi della realtà sociale e della ricerca scientifica.

La conservazione della materia, la continuità del movimento e la persistenza della forza sono, per Spencer, i principi più ampi cui è pervenuta la scienza. Essi, per altro, vanno unificati in quello più generale della redistribuzione continua della materia e del movimento secondo un progressivo mutamento di stato, che Spencer identifica con la legge dell'evoluzione: un cambiamento che parte da una forma meno coerente per arrivare ad una più coerente. Non si deve però ignorare – dice Spencer – che una trasformazione ancor più rilevante è quella per cui ogni tutto si suddivide in parti. Se nella prima trasformazione si passa da uno stato diffuso ad uno concentrato, nella seconda si va da uno stato omogeneo ad uno eterogeneo: i componenti della materia, mentre si integrano, nello stesso tempo si differenziano. L'evoluzione è dunque, per Spencer, oltre che un passaggio dell'incoerente al coerente, una mutazione dall'uniforme al multiforme. Tale legge generale vale nella differenziazione del Sistema solare in vari corpi celesti, nelle differenze che si vanno determinando all'interno della massa terrestre, nell'articolarsi degli organismi viventi, così come nei gruppi e classi all'interno della società.

## Lockyer e l'analisi spettrale

L'analisi spettrale è uno strumento fondamentale nello studio dell'emissione e assorbimento della radiazione luminosa ed offre – come si comprese fin dagli inizi – la chiave per dedurre la composizione chimica e lo stato fisico dei corpi celesti. Prima di riassumere la sua lunga e fruttuosa attività, è opportuno menzionare gli sviluppi delle tecniche spettroscopiche nell'arco di tempo che abbraccia le

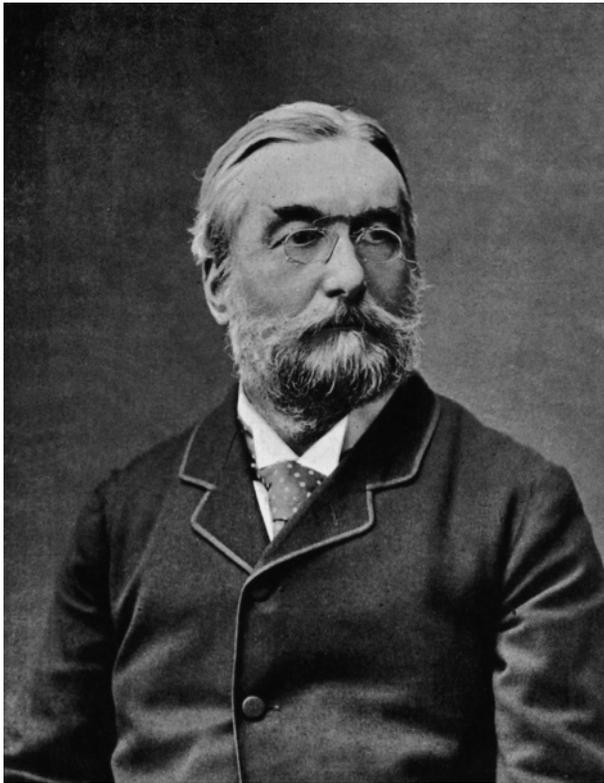


FIG. 1. Joseph Norman Lockyer (1836-1920), astronomo inglese, è uno dei padri dell'astrofisica. A partire dal 1867 iniziò sistematiche osservazioni spettroscopiche delle macchie solari che lo portarono all'identificazione di una regione negli strati più esterni del Sole, da lui denominata cromosfera. Indipendentemente dall'astronomo francese Jules Jansen, nel 1868 giunse alla conclusione che una riga gialla osservata nello spettro solare era dovuta ad un elemento chimico sino ad allora non identificato, che battezzò elio dal nome greco del Sole. Fu anche un pioniere dell'archeoastronomia. Nel 1869 fondò la rivista *Nature*. Membro della Royal Society dal 1869, venne condecorato nel 1897 con il titolo di Knight Commander of the Bath Order.

osservazioni di Lockyer, dagli inizi fino alla pubblicazione dei risultati che presenteremo nel seguito, perché il progresso tecnologico è intrinsecamente legato con quello delle teorie scientifiche. Dall'uso del prisma come mezzo disperdente, nella prima metà del secolo XIX si passò ai reticoli di trasmissione (introdotti da Fraunhofer nel 1814) e successivamente a quelli di riflessione. Si deve l'introduzione di questi ultimi ad Andres J. Ångström nel 1869; Henry A. Rowland negli ultimi due decenni del secolo portò la tecnica dei reticoli di riflessione al suo culmine. Fondamentale fu poi l'introduzione della lastra fotografica, collocata come ricettore dietro allo spettrografo.

#### *Le righe spettrali 'rinforzate' e i proto-elementi*

Verso la metà dell'Ottocento, le ricerche di Kirchhoff e Bunsen stabilivano i fondamenti per lo studio quantitativo della radiazione termica, cioè quella emessa da un corpo a spese della sua energia interna e funzione quindi della sua temperatura. Sulla base dei loro risultati, l'idea generalmente accettata era che ad ogni elemento corrispondesse un unico spettro. Soggiacente a tale congettura stava

l'ipotesi che gli elementi fossero costituiti da atomi 'chimici' indivisibili, definiti dal loro peso atomico, o da molecole, combinazioni dei precedenti. Tale ipotesi era però viziata dal fatto che gli spettri osservati in laboratorio erano ottenuti da sorgenti di radiazione termica a basse temperature (fiamme). Solo più tardi l'introduzione di correnti elettriche (arco voltaico o bobine d'induzione) per eccitare il campione esaminato permise di ottenere spettri (di scarica o di scintilla) corrispondenti a temperature più elevate di quelle raggiungibili con un bruciatore Bunsen.

A partire dal 1865 Lockyer cominciò ad applicare i principi dell'analisi spettrale ai corpi celesti, ottenendo risultati che – come egli stesso scrisse – dimostravano la perfetta armonia dei fenomeni osservati nelle stelle, nella cromosfera solare e in laboratorio. In particolare, si dedicò allo studio dei cambiamenti negli spettri di metalli e gas, prodotti in laboratorio a differenti temperature. Osservò che per metalli di basso peso atomico, come il litio ed il sodio, una fiamma è sufficiente per produrre uno spettro. Però, nel caso di metalli come il rame o lo zinco, era necessario ricorrere ad un arco voltaico. Nemmeno questo bastava per metalli quali il magnesio, il calcio o il ferro, il cui spettro poteva essere ottenuto solamente per mezzo di una scarica prodotta da una bobina d'induzione ad alto voltaggio. Il risultato più importante ottenuto e riportato da Lockyer – confermato più tardi dagli sviluppi della fisica atomica – fu la scoperta che, passando dallo spettro di arco a quello di scintilla (e giocando in questo caso con tensioni crescenti), apparivano nuove righe o le righe presenti anteriormente risultavano più intense. Lockyer chiamò queste ultime 'righe rinforzate'. Successivamente, Lockyer osservò che il conseguimento di righe rinforzate richiedeva si mantenesse la regione di formazione entro gli elettrodi al riparo dall'abbassamento della temperatura. Impossibili nella pratica di laboratorio, le condizioni di omogeneità si verificavano però secondo lui nelle atmosfere stellari.

Sulla base delle sue sistematiche osservazioni, fin dal 1879 Lockyer mostrò la convinzione che gli atomi costituenti gli elementi chimici non erano i componenti ultimi e indivisibili della materia. Al contrario, per effetto di temperature molto elevate o di forti scariche elettriche, potevano spezzarsi in componenti più elementari, da lui chiamati 'proto-elementi'. In quello stesso periodo, il chimico francese Marcel Berthelot affermava che lo studio approfondito delle proprietà fisiche e chimiche di quelli che venivano classificati come corpi semplici portava sempre più a considerarli non come atomi indivisibili ed omogenei, ma come strutture complesse dotate di moti interni. Nel 1897, Pickering<sup>2</sup> scoprì negli

<sup>2</sup> WILLIAM HENRY PICKERING (1858-1938), astronomo statunitense, fu direttore per tre decenni dell'Harvard College Observatory ed è il padre della classificazione spettrale di Harvard.

spettri di  $\zeta$  Pup una serie di righe non identificate e attribuite in un primo tempo ad un elemento ancora sconosciuto. Rydberg<sup>3</sup> dimostrò per primo che le lunghezze d'onda della nuova serie potevano essere ottenute introducendo valori semi-interi per l'indice della formula di Balmer. Pickering e Kayser attribuirono le righe ad una nuova forma di idrogeno, non osservata in laboratorio perché prodotte da una temperatura estremamente elevata. Lockyer si rese conto che la relazione tra le nuove serie e quella ordinaria era analoga alla relazione osservata tra le righe proto-metalliche e metalliche, e non esitò a chiamare proto-idrogeno la nuova sostanza. Solamente i successivi lavori di Fowler, Evans e Parker, tra il 1914 ed il 1916, alla luce della teoria atomica di Bohr, stabilirono che la serie di Pickering era dovuta all'elio ionizzato.

#### *L'evoluzione dei corpi celesti secondo l'ipotesi meteorica*

Nel suo libro *The Meteoritic Hypothesis* (LOCKYER, 1890) Lockyer avanza l'ipotesi che i corpi celesti sono il risultato di un processo evolutivo, a partire da meteoriti primigenie. Il processo inizia con la formazione di nebulose, il prodotto di costanti collisioni interne dentro sciami di meteoriti. In una prima fase di condensazione si va sviluppando un nucleo sul quale vanno cadendo le meteoriti, attratte dal crescente campo gravitazionale della massa che si va accumulando nel centro dello sciame. Dall'analisi degli spettri delle nebulose, dominati dalle righe di elementi allo stato gassoso (H, He, composti carbonici) e con scarse righe dei metalli, la cui presenza è certificata per altro nelle meteoriti terrestri, Lockyer trasse la conclusione che le nebulose sono un coacervo di gas e vapori metallici, risultato delle collisioni. La presenza di righe metalliche e l'assenza di righe rinforzate erano per Lockyer la prova di una temperatura relativamente bassa dell'insieme.

Indipendentemente dalla sua estensione e forma iniziale, ogni nebulosa deve contrarsi gravitazionalmente e tutte le meteoriti cadere verso il centro di condensazione. Al crescere dell'efficacia degli impatti, la temperatura della condensazione centrale aumenta e alla fine tutto il materiale originariamente contenuto nello sciame è ridotto e si mantiene allo stato gassoso. Il risultato finale è una sfera di gas, il cui centro ad altissima temperatura è circondato da un'atmosfera più fredda che ne assorbe la radiazione emessa. Nella terminologia dell'epoca quest'atmosfera esterna veniva chiamata lo 'strato assorbente'. A partire dal momento in cui il processo di accrescimento termina per esaurimento del materiale meteorico disponibile inizia una seconda fase, nella quale l'evoluzione termica della massa di gas che costituisce la stella è quella di un corpo che

<sup>3</sup> JOHANNES RYDBERG (1854-1919), fisico svedese. Il suo più importante contributo alla spettroscopia atomica fu la generalizzazione ad altri elementi della formula di Balmer per le righe spettrali dell'idrogeno.

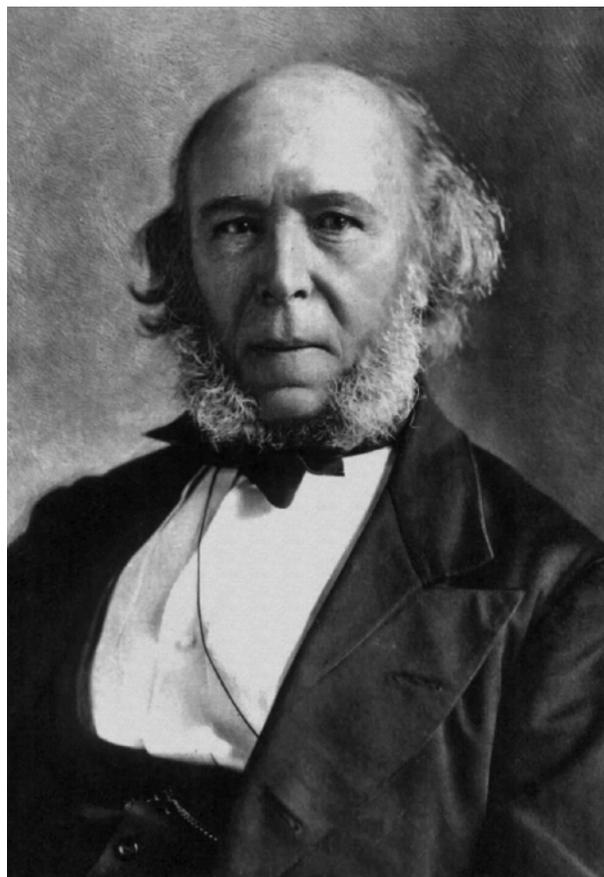


FIG. 2. Herbert Spencer (1820-1903), filosofo, biologo, antropologo e sociologo inglese. Fu Spencer a introdurre il concetto che l'evoluzione abbraccia il progressivo sviluppo del mondo fisico, degli organismi biologici e della mente umana, così come della cultura e delle società umane. Sua è la famosa espressione «la sopravvivenza del più forte». Figura dominante nel panorama culturale europeo della fine del XIX secolo, la sua influenza declinò rapidamente dopo il 1900.

si raffredda. Lockyer chiamò 'ascendente' la prima delle due fasi, 'discendente' la seconda.

Un importante corollario della teoria era la differente struttura delle atmosfere delle stelle nella sequenza ascendente e in quella discendente. Nel primo caso, per effetto del bombardamento meteoritico, tutta la massa dell'atmosfera sarebbe costituita da vapori eterogenei a temperature differenti, che si muovono con velocità diverse nelle differenti regioni. Nel caso di un corpo già condensato e in fase di raffreddamento, l'atmosfera si troverebbe invece in uno stato di relativa quiete, caratterizzata da una distribuzione graduale dei vapori con la profondità. Ne consegue – secondo Lockyer – che le differenze osservate negli spettri sarebbero dovute principalmente al diverso grado di condensazione e alla temperatura del materiale, differenze da attribuire a differenti meccanismi di assorbimento della radiazione e non ad un'essenziale differenza di composizione chimica.

#### *La classificazione 'chimica' delle stelle*

Dopo la presentazione della memoria di Kirchhoff davanti all'Accademia delle Scienze di Berlino,

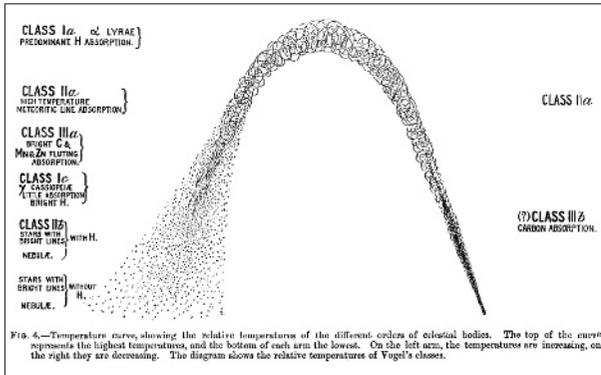
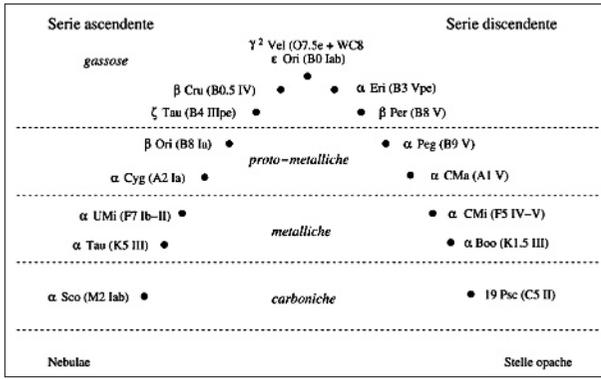


FIG. 3. In alto: schema della classificazione chimica di Lockyer. Le stelle rappresentative dei tipi spettrali sono ordinate dall'alto verso il basso, secondo una sequenza decrescente di temperatura, dedotta dai criteri spettrali elencati in TABELLA 1. Nella figura, ad ogni circolo corrisponde un genere (tipo spettrale), individuato dalla sua stella rappresentativa, della quale è indicata in parentesi la classificazione attuale. La presente figura è stata elaborata sulla base della Figura 4 dell'articolo originale (LOCKYER, 1888). In basso: la figura 4 dell'articolo originale di Lockyer del 1888 (p. 3).

nell'ottobre del 1859, vari astronomi cominciarono a studiare sistematicamente gli spettri stellari. Anche se le tre leggi dell'analisi spettrale, dedotte da Kirchhoff e Bunsen, permettevano una spiegazione qualitativa delle righe osservate da Fraunhofer nello spettro solare, rimaneva aperta la questione di quale fosse il reale significato fisico delle differenze spettrali osservate nei singoli oggetti celesti. In particolare, era lecito chiedersi se ogni stella avesse il suo proprio spettro o se, invece, famiglie di stelle distinte condividessero le medesime caratteristiche. È ben noto che Angelo Secchi fu un precursore nella classificazione spettrale delle stelle, basata sulla variazione del 'colore' del loro spettro continuo e della presenza di determinate righe spettrali. In due successive memorie (SECCHI, 1867 e 1869) egli introdusse una classificazione nella quale si individuavano quattro gruppi con caratteristiche ben definite, che interpretò correttamente come dovute ad una sequenza di temperature. Negli stessi anni, Hermann Vogel all'Osservatorio di Postdam era giunto indipendentemente a conclusioni analoghe.

In una nota letta davanti alla Royal Society (LOCKYER, 1899), Lockyer affermava che i più recenti progressi nella 'chimica delle stelle' permettevano di stabilire uno schema generale di classifica-

zione, in accordo con la sua teoria dell'evoluzione cosmica. Il confronto tra lo spettro della cromosfera solare, osservata nelle eclissi, con quello di una stella più calda come  $\alpha$  Cygni e con quelli di stelle che, per l'estensione del loro spettro continuo, dovevano essere ancora più calde, confermava che a differenti temperature corrispondevano ben distinte caratteristiche spettrali. La presenza e l'aspetto delle righe visibili negli spettri stellari, confrontati con quelli generati in laboratorio da sorgenti a temperature via via crescenti, portò Lockyer a definire una sequenza termometrica crescente, secondo il criterio che alle temperature più alte corrisponde la 'chimica' più semplice. Nelle intenzioni di Lockyer tale classificazione spettrale doveva sostenere la sua ipotesi meteorica. I suoi criteri spettroscopici per la determinazione della temperatura sono riassunti nella TABELLA 1;<sup>4</sup> si basano sul principio che a temperature più elevate corrisponde la chimica più semplice. La classificazione 'chimica', schematizzata in FIG. 3, raggruppa quelli da lui chiamati 'generi' (oggi tipi spettrali) in quattro grandi famiglie di stelle: gassose, proto-metalliche, metalliche e carboniche. Pur con rimarcabili differenze, a grandi linee la classificazione di Lockyer è affine a quella di Secchi.

Un'ulteriore e importante osservazione di Lockyer fu che, a parità di temperatura media, dedotta dalla presenza di certe righe spettrali, l'aspetto di queste ultime può essere differente. Per esempio, nello spettro di  $\zeta$  Tau le righe dell'idrogeno sono ben definite e non molto larghe, mentre altre, specialmente quelle dell'elio neutro, sono allargate al punto da risultare quasi invisibili. Dentro l'ipotesi meteorica questo si spiegava con la grande differenza di velocità e direzione dei flussi meteorici. Lo spettro di  $\zeta$  Tau era la chiave interpretativa delle differenze osservate nell'aspetto delle righe degli spettri di Sirio ( $\alpha$  CMa, sequenza discendente) e di Deneb ( $\alpha$  Cyg, sequenza ascendente), e di quelli di Procione ( $\alpha$  CMi, discendente) e di Sadr ( $\gamma$  Cyg, ascendente), riprodotti in FIG. 4. Resta allora definito un ulteriore criterio spettroscopico che permette di discriminare le stelle della sequenza ascendente da quelle della sequenza discendente. Nel suo schema originale, Lockyer definisce esplicitamente i criteri per separare i due gruppi: le stelle della sequenza ascendente presentano righe 'proto-metalliche' allargate e righe dell'idrogeno sottili; per quelle della sequenza discendente vale il contrario. È significativo mettere in risalto che le righe 'rinforzate' di

<sup>4</sup> Nella TABELLA 1 è menzionato l'asterium. Dopo che Ramsay, nel 1895, ebbe estratto in laboratorio l'elio dalla cleveite (minerale radiativo dell'uranio), Paschen e Runge registrarono uno spettro completo dell'elio, nel quale osservarono una serie di doppietti ed una di righe singole. Pensarono che l'elio fosse un composto di due gas differenti: *ortoelio* e *paraelio*; Lockyer battezzò *asterium* il secondo. Oggi (stabilito grazie ad una maggiore risoluzione che i doppietti sono in realtà tripletti) sappiamo che le differenti serie dell'ortoelio e paraelio si devono ai livelli energetici dell'atomo di elio, determinati secondo il principio di esclusione di Pauli dall'allineamento degli spin dei due elettroni.

Lockyer coincidono con le righe intense identificate da Miss Maury<sup>5</sup> nel suo gruppo 'c'. Come si può vedere nella FIG. 3, le stelle del ramo ascendente (con l'eccezione di  $\beta$  Cru) sono oggi classificate come stelle giganti o supergiganti, quelle del ramo discendente (con l'eccezione di  $\alpha$  Boo) come stelle nane.

## L'evoluzione inorganica

Nell'ultima parte dell'*Inorganic Evolution* Lockyer riconsidera l'insieme dei dati osservativi raccolti per il Sole e le stelle da un punto di vista che giustifica il titolo del presente articolo: i fenomeni non sono più esaminati alla luce della sua teoria della dissociazione, bensì da un punto di vista evolutivo. L'evoluzione organica viene da lui definita come la produzione di nuove forme a partire da altre preesistenti, di modo che le piante e gli animali attuali discendono da un numero limitato di prototipi più semplici attraverso una lunga serie di modifiche e trasformazioni, sequenziali o simultanee. Caratteristica essenziale del processo evolutivo è il passaggio dal semplice al complesso per effetto di cause naturali. Accettata come un dato di fatto l'evoluzione del mondo organico, Lockyer postula che anche gli elementi chimici siano il risultato di un processo evolutivo, governato dalla temperatura. Per effetto del calore gli elementi si dissociano o si ricombinano a seconda dei cambiamenti di temperatura. I differenti gradi di dissociazione rivelano i modi in cui la ricombinazione ha prodotto quello che può essere successivamente dissociato. In tale prospettiva, il prodotto ultimo della dissociazione per effetto di un'elevata quantità di calore somministrata deve costituire la forma chimica primitiva. Al contrario, l'abbassamento della temperatura conduce alla formazione di elementi più complessi, rivelati dalla crescente complessità dei loro spettri (il 'coagula et solve' degli alchimisti!). I proto-elementi, prodotto di elevate temperature come dimostrato dall'analisi spettrale, devono pertanto costituire le più semplici specie primigenie.

Lockyer attribuisce a Joseph Proust<sup>6</sup> la prima idea di un'evoluzione inorganica, quando nel 1815 afferma che l'idrogeno è l'elemento primigenio e tutti gli altri elementi sono aggregati di questo, con pesi atomici multipli di quello dell'idrogeno. La legge periodica degli elementi, suggerita da John Newlands nel 1864 ed elaborata compiutamente da Dmitri Mendeleev nel 1865, conferma che le proprietà chimiche e fisiche degli elementi sono funzio-

<sup>5</sup> ANTONIA MAURY (1866-1952), astronoma statunitense, nipote di Henry Draper e collaboratrice di Pickering all'Harvard College Observatory. Il suo più originale contributo alla classificazione di Harvard fu la suddivisione dei tipi spettrali in tre gruppi, contraddistinti dalle lettere *a*, *b* e *c*, a seconda dell'apparenza nitida o diffusa delle righe osservate.

<sup>6</sup> JOSEPH LOUIS PROUST (1754-1826), farmacista e chimico francese, fu uno dei padri della chimica moderna. Si deve a lui la fondamentale legge delle proporzioni definite.

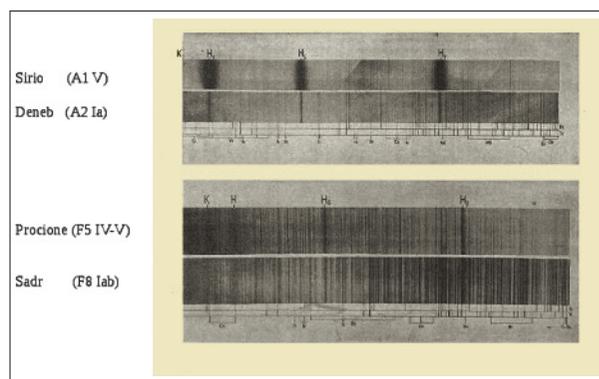


FIG. 4. Nella parte superiore sono riportati gli spettri di Sirio e Deneb, in quella inferiore quelli di Procyon e Sadra. Le prima e la terza, collocate da Lockyer sulla sua sequenza discendente, sono attualmente classificate come stelle nane; la seconda e la quarta, sulla sequenza ascendente, come supergiganti. Nei primi due spettri si nota il differente aspetto delle righe  $H\alpha$ ,  $H\beta$  e  $H\gamma$  della serie di Balmer dell'idrogeno. Nella parte di destra dello spettro di Sadra (lunghezze d'onda minori) il numero e l'intensità delle righe metalliche (Sr, Cr, Mn, Mo, etc.) sono notevolmente diversi rispetto a Procyon (riproduzione dalle figure originali 28 e 29 di *Inorganic Evolution*).

ni periodiche del loro peso atomico. Rydberg nel 1889 ritornò all'ipotesi di Proust. Secondo Lockyer, l'insieme di questi studi (che però per ammissione dello stesso Lockyer non hanno alcun rapporto con un'eventuale effetto della temperatura) indicherebbe un'azione continua che avrebbe prodotto col tempo trasformazioni da una materia primitiva semplice a forme più complesse. Gli elementi che noi conosciamo non sarebbero, quindi, il prodotto di una creazione specifica per ciascuno di essi, bensì l'azione di una legge generale di evoluzione, come nel caso delle piante e degli animali.

Risulta chiaro che tale evoluzione inorganica non ha una relazione diretta con l'evoluzione stellare. Però le stelle giocano per l'evoluzione inorganica un ruolo analogo agli strati geologici per quella organica. Le forme viventi evolvono con il tempo, e la successione dei giacimenti permette di stabilire una corrispondenza tra l'epoca di formazione dello strato e la fase evolutiva delle specie fossili in esso contenute. L'evoluzione inorganica è il prodotto della temperatura; pertanto lo spettro delle atmosfere stellari, che da questa dipende soprattutto, rivela le specie chimiche esistenti nelle distinte classi di stelle. I due rami, ascendente e discendente, della classificazione chimica sono il prodotto del processo evolutivo risultante dall'ipotesi meteorica. I criteri spettroscopici esaminati precedentemente assegnano una temperatura media a ciascun gruppo di stelle sui due rami, e questo permette di associare l'evoluzione delle specie chimiche con l'evoluzione temporale delle stelle.

## Considerazioni conclusive

La figura di Lockyer rimane oggi immeritabilmente in un secondo piano. Mentre la sua ipotesi meteori-

<i>Argoniane</i> ( $\gamma^2$ Vel) predominanti: H e proto-idrogeno deboli: He, proto-Mg, proto-Ca, asterium	
<i>Alnitamiane</i> ( $\epsilon$ Ori) predominanti: H, He, proto-Si, deboli: asterium, proto-H, proto-Mg, proto-Ca, C, N, O	
Sequenza ascendente righe proto-metalliche allargate righe H sottili	Sequenza discendente righe proto-metalliche sottili righe H allargate
<i>Crociane</i> ( $\beta$ Cru)	<i>Achernariane</i> ( $\alpha$ Eri)
predominanti: H, He, asterium, C, N, O deboli: proto-Mg, proto-Ca, proto-Si, Si	
<i>Tauriane</i> ( $\zeta$ Tau) predominanti: H, proto-Ca, proto-Mg, asterium deboli: proto-Ca, Si, C, N, O, proto-Fe, proto-Ti	<i>Algoliane</i> ( $\beta$ Per) predominanti: H, proto-Mg, proto-Ca, He, Si deboli: proto-Fe, asterium, C, proto-Ti, proto-Cu, proto-Mn, proto-Ni
<i>Rigeliane</i> ( $\beta$ Ori) predominanti: H, proto-Ca, proto-Mg, He, Si deboli: asterium, proto-Fe, C, N, proto-Ti	<i>Markabiane</i> ( $\alpha$ Peg) predominanti: H, proto-Ca, proto-Mg, Si deboli: proto-Fe, He, asterium, proto-Ti, proto-Cu, proto-Mn, proto-Ni, proto-Cr
<i>Cigniane</i> ( $\alpha$ Cyg) predominanti: H, proto-Ca, proto-Mg, proto-Fe, Si, proto-Ti, proto-Cu, proto-Cr deboli: proto-Ni, proto-V, proto-Mn, proto-Sr, righe arco Fe	<i>Siriane</i> ( $\alpha$ CMa) predominanti: H, proto-Ca, proto-Mg, proto-Fe, Si deboli: righe di altri proto-metalli, righe arco Fe, Ca, Mn
<i>Polariane</i> ( $\alpha$ UMi)	<i>Procioniane</i> ( $\alpha$ CMi)
predominanti: proto-Ti, H, proto-Mg, proto-Fe, righe arco Ca, Fe e Mn deboli: altri proto-metalli e metalli presenti nel genere Siriano	
<i>Aldebaraniane</i> ( $\alpha$ Tau)	<i>Arturiane</i> ( $\alpha$ Boo)
predominanti: proto-Ca, righe arco Fe, Ca, Mn, proto-Sr, H deboli: proto-Fe, proto-Ti	
<i>Antariane</i> ( $\alpha$ Sco) predominanti: scanalature del Mn	<i>Pesciane</i> (19 Psc) predominanti: scanalature del C
deboli: righe dell'arco degli elementi metallici	

TABELLA 1. I criteri della classificazione chimica. Dall'alto in basso, secondo una sequenza decrescente di temperature dedotta dalla presenza e dall'intensità di determinate righe spettrali, riportiamo i gruppi individuati da Lockyer (dei quali conserviamo la sua nomenclatura originale, ispirata dalla terminologia degli strati geologici) ed indichiamo in parentesi la stella rappresentativa da cui prendono il nome. Con l'eccezione delle stelle più calde, per le quali non si può determinare la separazione, le stelle del ramo ascendente sono riportate nella colonna di sinistra, quelle del ramo discendente nella colonna di destra.

ca venne presto confutata e la sua teoria dell'evoluzione inorganica rimane l'effimero prodotto del clima intellettuale dell'epoca, la sua ipotesi della dissociazione degli elementi chimici, basata sull'evi-

denza sperimentale delle righe spettrali rinforzate, e la congettura dei proto-elementi trovarono conferma tre decenni dopo negli sviluppi della fisica atomica. Rispetto all'evoluzione inorganica, Lockyer

non esita ad affermare esplicitamente che nelle condizioni ambientali (si legga temperatura) corrispondenti a ciascun 'genere' di stelle si mantengono le specie chimiche più adatte. Questa estrapolazione della sopravvivenza delle specie organiche che meglio si adattano al loro medio ambiente riflette una concezione ilozoistica della materia che il materialismo ottocentesco aveva ripreso dai filosofi presocratici. Citeremo al riguardo Ernest Haeckel,<sup>7</sup> che nel suo *Die Welträstel (I Problemi dell'Universo)*, pubblicato nel 1899, aveva avanzato la congettura che gli atomi stessi fossero animati e la materia e l'etere dotati di sensibilità e di volontà. L'ipotesi di una tale evoluzione inorganica non è sostenibile dentro l'attuale visione fenomenologica del mondo, perché non si attribuisce alla materia la memoria genetica degli organismi viventi. Oggi, dopo Boltzmann, tutto quello che possiamo dire è che ad una determinata temperatura troviamo la configurazione microscopica più probabile secondo le leggi della meccanica statistica.

È il caso di sottolineare che Lockyer ebbe l'intuizione della dissociazione degli elementi per opera del calore quando la struttura atomica era ancora sconosciuta. L'atomo di elettricità, l'elettrone, fu scoperto nel 1895 grazie agli esperimenti di Joseph J. Thomson, ed è nel 1904 quando questi pubblicò il suo articolo sul modello dell'atomo 'panettone', con gli elettroni liberi di oscillare dentro una distribuzione omogenea di carica elettrica positiva. Solamente nel 1913, dopo i risultati degli esperimenti di Rutherford dell'anno precedente, Bohr formulava la sua teoria dell'atomo, dove gli elettroni orbitano attorno ad un nucleo con carica positiva. Se l'energia fornita è sufficientemente elevata, l'atomo può essere ionizzato come conseguenza dell'espulsione di uno o più elettroni. Su queste basi teoriche Saha<sup>8</sup> enunciò nel 1920 la sua legge, che determina il grado di ionizzazione degli elementi in funzione della temperatura e della pressione elettronica. Conseguentemente, i proto-elementi di Lockyer potranno essere identificati con i differenti gradi di ionizzazione degli elementi. L'ultima parola la disse nel 1925 Cecilia Payne-Gaposchkin (PAYNE, 1925), quando fornì un'interpretazione fisicamente consistente della classificazione spettrale di Harvard sulla base della legge di Saha. Il fatto che, a parità di temperatura, la pressione sia differente nelle stelle oggi definite come nane, giganti e supergiganti fornisce criteri spettroscopici per la loro classificazione, in base alla presenza/assenza e all'aspetto delle righe osservate nel loro spettro.

<sup>7</sup> ERNEST HAEKEL (1834-1919), naturalista, biologo e filosofo tedesco, divulgò in Germania le teorie di Darwin. I suoi studi di biologia marina lo portarono a postulare un'origine inorganica per le forme organiche più semplici. Nel 1866 anticipò che i fattori ereditari risiedono nel nucleo della cellula.

<sup>8</sup> MEGHNAD SAHA (1893-1956), fisico indiano. Si deve a lui la legge sulla ionizzazione termica degli elementi, formalizzata nell'equazione che porta il suo nome.

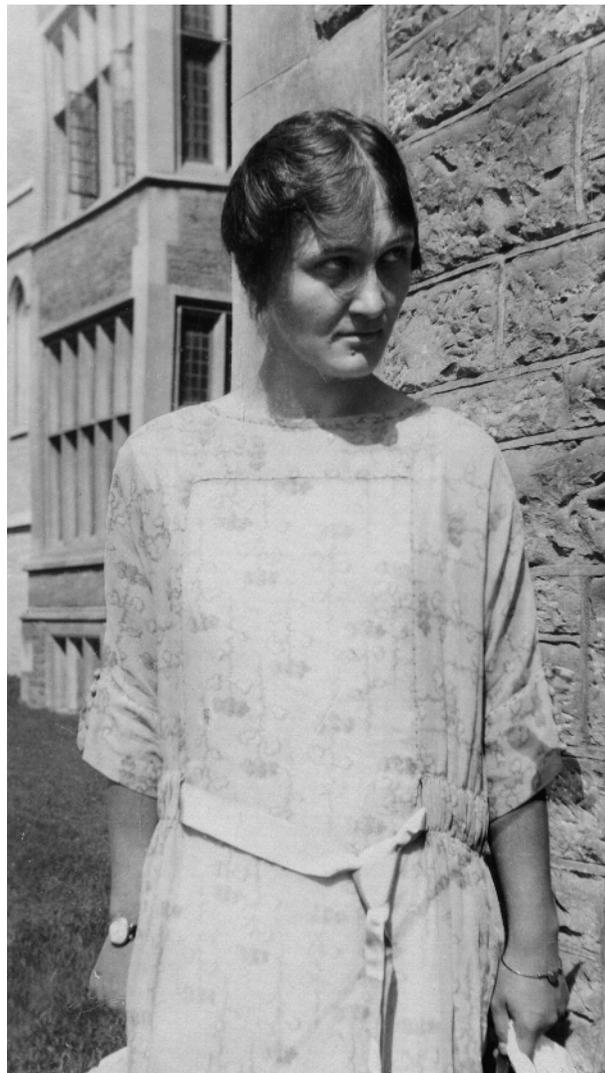


FIG. 5. Cecilia Helena Payne-Gaposchkin (1900-1979), astrofisica inglese, nazionalizzata statunitense. Studiò botanica, fisica e chimica al Newnham College dell'Università di Cambridge. Di fronte all'impossibilità di dedicarsi agli studi scientifici in Inghilterra per essere una donna, sollecitò ed ottenne una borsa di studio all'Harvard College Observatory, dove svolse la sua straordinaria carriera di ricercatrice. Incoraggiata da Harlow Shapley, scrisse nel 1925 una tesi dottorale che Otto Struve e Velta Zeberg definirono come la più brillante tesi in astronomia scritta fino a quel momento. Indipendentemente dai suoi meriti scientifici, Cecilia Payne è anche encomiabile per aver impiegato le sue non comuni doti nella lotta contro i pregiudizi discriminatori dell'epoca. Sposata con il fisico russo Sergei Gaposchkin, fu molto attiva socialmente in seno alla locale comunità quacchera di Lexington (Massachusetts), dove vivevano con i loro tre figli.

## Referenze bibliografiche

- M. JAMMER, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, McGraw-Hill, 1966.
- N. LOCKYER, *Suggestions on the Classification of the Various Species of Heavenly Bodies*, «Proceedings of the Royal Society of London», 44, 1, 1888, pp. 1-93.
- N. LOCKYER, *The Meteoritic Hypothesis: A Statement of the Results of a Spectroscopic Inquiry into the Origin of Cosmic Systems*, London, MacMillan and Co., 1890.
- N. LOCKYER, *On the Chemical Classification of the Stars*, «Proceedings of the Royal Society of London», 65, 387, 1899.

- N. LOCKYER, *Inorganic Evolution as Studied by Spectral Analysis*, London, MacMillan and Co., 1900.
- C. PAYNE, *Stellar Atmospheres. A Contribution to the Observational Study of Bright stars of High Temperature in the Reversing Layers of Stars*, The Observatory of Cambridge, Massachusetts, 1925.
- A. SECCHI, *Sugli Spettri Prismatici delle Stelle Fisse*, «Memorie della Società Italiana delle Scienze detta dei XL», Serie III, t. I-I, 1867, pp. 67-104.
- A. SECCHI, *Sugli Spettri Prismatici delle Stelle Fisse. Memoria II*, «Memorie della Società Italiana delle Scienze detta dei XL», Serie III, t. II, 1869, pp. 73-133.

---

**Lucio Crivellari** si è laureato in Fisica nel 1974 presso l'Università degli Studi di Trieste con M. Hack e R. Stalio e ha conseguito il Dottorato in Astrofisica nel 2004 all'Universidad de La Laguna (Tenerife) sotto la direzione di E. Simmoneau. Ha svolto attività di ricerca all'Osservatorio Astronomico di Trieste, il Queen Mary College (University of London), l'Observatoire de Paris-Meudon e l'Institut d'Astrophysique de Paris. Attualmente è ricercatore associato dell'INAF e dell'Istituto de Astrofisica de Canarias ed associato senior dell'INFN. Per anni ha impartito il corso di spettroscopia atomica all'Universidad de La Laguna.

# Arthur Eddington e la teoria della *Gestalt*

Anna Curir

INAF · Osservatorio Astrofisico di Torino

IL 2019 ha segnato un anniversario importante per l'astronomia e per la fisica, quello del centenario dell'eclissi di Sole che rappresentò la prima prova sperimentale della teoria della relatività generale.

La teoria di Einstein, infatti, aveva previsto che le masse imprimevano una curvatura nello spazio circostante. Questa curvatura intrinseca dello spazio-tempo fa sì che i raggi luminosi, passando vicino a una massa, si incurvino e possano essere focalizzati come avviene quando passano attraverso una lente convessa. Per questo, il fenomeno è oggi conosciuto come lente gravitazionale.

Nessuno aveva osservato un effetto di lente gravitazionale prima del 29 maggio del 1919, durante l'eclissi di Sole. L'effetto di incurvamento dei raggi luminosi provenienti da stelle prospetticamente vicine al Sole sarebbe stato misurabile perché avrebbe causato un lieve spostamento delle loro posizioni apparenti sulla volta celeste. Questo fenomeno avrebbe potuto essere osservato soltanto durante l'eclissi, dato che l'oscuramento della luce del disco solare avrebbe potuto permettere di misurare con precisione le posizioni di stelle prospetticamente vicine al Sole.

Va detto, però, che questa deviazione dei raggi di luce provocata da una massa poteva essere prevista anche in assenza di un incurvamento dello spazio. Newton aveva accennato alla possibilità che i raggi luminosi potessero incurvarsi passando vicino ad una massa a causa dell'attrazione gravitazionale da essa esercitata. E anche in relatività ristretta (che non prevede spazi curvi, ma che stabilisce l'equivalenza di massa ed energia) l'effetto è previsto. Lo spostamento delle immagini apparenti è però di minor entità rispetto a quello prodotto dagli effetti della relatività generale. Quindi, per avere una vera prova sperimentale di quest'ultima teoria gli astronomi avrebbero dovuto effettuare misure sufficientemente precise.

Quando Einstein presentò la sua teoria della relatività generale all'Accademia delle Scienze di Prussia, nel 1915, Inghilterra e Germania erano in guerra e non c'era alcuna comunicazione tra le comunità scientifiche tedesche e inglesi. Ma Arthur Eddington, allora professore di astronomia a Cambridge, ebbe la fortuna di essere amico di Willem De Sitter, un astronomo che sarebbe divenuto un fondatore della cosmologia moderna e che all'epoca viveva nella neutrale Olanda. De Sitter ricevette copia della memoria di Einstein e nel 1916 la passò a Eddington, che fu impressionato dalla bellezza della nuova teoria e ne divenne subito un divulgatore. Nel 1917, fece

presente alla Royal Astronomical Society quanto fosse importante effettuare un test sperimentale che sancisse la validità di una teoria così rivoluzionaria. E poche settimane dopo l'astronomo Frank Dyson comprese che l'eclissi solare che sarebbe avvenuta il 29 maggio del 1919 sarebbe stata adatta allo scopo.

Sir Arthur Eddington guidò la spedizione che doveva osservare l'eclissi di Sole visibile dall'isola Principe, al largo della costa ovest africana. In parallelo, un'altra spedizione astronomica doveva effettuare le stesse misure a Sobral, in Brasile. Benché disturbata dal brutto tempo, la spedizione guidata da Eddington riportò con successo il risultato che provava lo spostamento delle immagini dovuto alla deflessione dell'effetto lente gravitazionale. E anche le osservazioni a Sobral produssero risultati in favore dell'effetto previsto da Einstein.<sup>1</sup>

Nei giorni 27-28-29 maggio 2019 (proprio nelle date della spedizione di cento anni fa) si è tenuto all'Osservatorio Astronomico di Parigi il Congresso dal tema: *Arthur S. Eddington: From Physics to Philosophy and Back Again*.

Oltre a dedicare un'ampia sezione all'eclissi, il convegno di Parigi si è proposto di studiare a fondo il personaggio di Eddington, in tutti i suoi aspetti: filosofico, psicologico e religioso (era quacchero, e i suoi principi religiosi ebbero un'impronta forte sulla sua vita scientifica). Eddington, infatti, era molto interessato ai processi psicologici che, a partire dall'osservazione dei dati attraverso i nostri recettori nervosi, portano alla formulazione delle teorie sul Mondo. Il suo approccio era fondamentalmente *strutturalista*, nel senso che, secondo lui, lo scienziato deve scoprire la struttura intrinseca del mondo fenomenico e attribuirgli un significato. Sosteneva, inoltre, che ci fosse un'influenza selettiva della mente nella scelta del materiale da cui estrarre le leggi della natura. Per questo atteggiamento, i suoi libri destarono l'interesse degli psicologi tedeschi appartenenti alla 'Scuola della *Gestalt*': la parola tedesca *gestalt* può essere tradotta con *struttura*.

Questa scuola psicologica sosteneva che l'uomo percepisce per prima cosa la struttura degli oggetti

<sup>1</sup> Per dettagli sulle spedizioni a Principe e Sobral, vedi: E.M. DI TEODORO, *Einstein vs Newton: la deflessione gravitazionale della luce e l'eclissi solare del 29 maggio 1919*, «Giornale di Astronomia», n. 3, 2012, p. 30. Si veda anche il fascicolo di questa rivista interamente dedicato all'anniversario della relatività generale: M. REALDI (a cura di), *Cento anni di relatività generale. Storie su spazio, tempo, universo*, «Giornale di Astronomia», n. 4, 2016.



FIG. 1. Arthur Stanley Eddington (Kendal, 28 dicembre 1882 - Cambridge, 22 novembre 1944).

ti, senza passare per l'analisi delle loro singole componenti. Inoltre, i gestaltisti erano molto interessati alla fisica e miravano ad una trattazione scientifica della psicologia che portasse a una visione unificata con le altre scienze. Si può anche ricordare che uno dei fondatori del movimento della *Gestalt*, Max Wertheimer, fu amico di Einstein e discusse a lungo con lui dei processi mentali che portarono all'elaborazione delle sue teorie relativistiche.

L'interesse degli psicologi della *Gestalt* per la fisica e per un approccio strutturalista alla conoscenza portò ad un proficuo scambio di lettere e libri con Eddington.

### Gli psicologi della *Gestalt*

Max Wertheimer (1880-1934), Wolfgang Köhler (1887-1967) e Kurt Koffka (1886-1941) posero le basi della psicologia della *Gestalt*. Wertheimer iniziò la sua carriera a Francoforte, poi si trasferì a Berlino dal 1916 al 1929. Ritornò a Francoforte come professore ordinario nel 1929 e nel 1933 dovette emigrare negli Stati Uniti, dove ebbe una posizione alla New School for Social Research di New York.

Köhler era un assistente di Wertheimer a Francoforte; nel 1913 si recò a Tenerife (isole Canarie) come direttore della Stazione di ricerche antropoidi dell'Accademia Prussiana delle Scienze. Nel 1920 divenne professore e direttore dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Berlino, dove rimase fino al

1935, quando emigrò negli USA. Divenne professore di ricerca prima in Pennsylvania e poi in New Hampshire.

Koffka fu anch'esso assistente di Wertheimer a Francoforte (1910) e più tardi professore di Psicologia Sperimentale a Berlino. Nel 1924, visitò la Cornell University in USA e nel 1927 accettò una posizione allo Smith College in Northampton (Massachusetts).

Tutti e tre i fondatori della *Gestalt*, dunque, terminarono la loro carriera negli Stati Uniti ed è da questo nuovo mondo che Koffka si rivolse ad Eddington con lettere e libri.

La psicologia della *Gestalt* usa questa parola per descrivere un approccio olistico all'esperienza umana. *Gestalt*, infatti, indica il modo in cui una cosa è stata *gestellt*, cioè *messa insieme*. Il termine può essere tradotto in italiano con *struttura* ma anche con le parole *forma* o *configurazione*. Gli psicologi di questa scuola partirono dalla percezione, suggerendo che l'uomo percepisce gli oggetti come interi e non come insieme di linee, elementi o colori di cui sono composti. La mente umana organizza naturalmente percezioni, sensazioni ed esperienze in un *tutto* pieno di significato. Il *Significato* (*Sinn*, in tedesco) è un principio fondamentale del movimento della *Gestalt* e Koffka suggerì che anche la scienza dovesse includere la categoria del significato nelle proprie categorie fondamentali. Gli psicologi della *Gestalt* credevano nell'unità della scienza e ricercavano l'integrazione ultima tra il mondo mentale e fisico. Uno dei principi che sosteneva questo punto di vista era il principio di *Isomorfismo*. Secondo questo principio esiste una similarità tra la struttura degli stimoli che arrivano al nostro cervello e quella dell'attività cerebrale che reagisce a tali stimoli. In altre parole, esiste una mappa dell'esperienza che ha il medesimo ordine strutturale dell'esperienza stessa.

Un altro principio fondamentale della teoria della *Gestalt* è quello della *Pregnanza* (*Pragnanz*). Questa è una combinazione della maggior semplicità, stabilità e conformità a un contesto significativo possibile. La *pregnanza* costituisce il criterio secondo cui percezioni molteplici sono inconsciamente organizzate. La semplicità è ottenuta eliminando tutti gli elementi ridondanti di un percetto o di un'esperienza. Le persone percepiscono e interpretano immagini ambigue o complesse nel modo più semplice possibile perché è l'interpretazione che richiede il minimo sforzo cognitivo.

### Eddington e la *Gestalt*

Eddington era molto interessato alla psicologia della ricerca scientifica. Nei suoi libri analizza come i dati ricevuti dai recettori nervosi sono trasmessi al cervello e tradotti in una *storia* (*story tale*). Egli era affascinato dal ruolo dello *story teller* che risiede nella nostra coscienza, scrive infatti:

Per farla semplice, lo scopo delle scienze fisiche è di dedurre la conoscenza di oggetti esterni da un insieme di segnali che passano nei nostri nervi. Ma questa descrizione sottovaluta la difficoltà del problema. Il materiale da cui dobbiamo derivare le nostre inferenze non sono i segnali nervosi, ma una storia fantasiosa basata su di essi. È come se fossimo tenuti a decifrare un messaggio cifrato, ma ci fosse stato dato non il messaggio vero ma una cattiva traduzione fatta da un maldestro dilettante [lo *story teller*, appunto].

[...]

La nostra esperienza sensoriale è un crittogramma e lo scienziato è un entusiasta baconiano che vuole decifrarlo. La storia narrata nella nostra coscienza costituisce invece un dramma, diciamo il dramma di Amleto. Lo scienziato è uno spettatore annoiato di tale dramma: egli è al corrente dell'inaffidabilità di questi scrittori di tragedie. Tuttavia, egli segue attentamente la storia, stando molto attento ai segni cifrati del crittogramma che vi sono contenuti, perché questo crittogramma, se correttamente decifrato, rivelerà la reale verità della storia.

[...]

La soluzione del crittogramma si può trovare studiando il ricorrere dei vari segni e indicazioni. Io non credo che avremmo fatto mai alcun progresso nelle inferenze dall'esperienza sensibile e che la fisica teorica non si sarebbe mai originata se le regolarità e le ricorrenze non fossero riconoscibili con certezza nella nostra esperienza sensibile.

[...]

Chiamiamo queste regolarità nell'esperienza Leggi di natura

Il nostro scopo è dunque quello di scoprire uno schema rivelato dalle regolarità e ricorrenze nella nostra esperienza sensoriale.<sup>2</sup>

Eddington ebbe un'influenza importante su Köhler e Koffka e i loro sforzi verso un'unificazione di scienza e fisica attraverso un metodo condiviso di analisi della realtà furono rinforzati da alcuni suoi scritti. Nel suo libro *Psicologia della Gestalt* (1929), Köhler cita espressamente Eddington dicendo:

L'astronomo Eddington scrisse: 'In fisica siamo spesso invitati a esaminare tutti i piccoli elementi dello spazio uno dopo l'altro per avere un inventario completo del mondo'. Ma l'autore obietta: 'se facessimo solo questo, tutte le proprietà del mondo fisico che non possono essere trovate o capite attraverso i piccoli elementi dello spazio sarebbero ignorate'. Sono stato molto piacevolmente sorpreso da queste asserzioni di un così eminente scienziato, asserzioni che sono in così evidente accordo con le idee della psicologia della *Gestalt*.<sup>3</sup>

Nel 1929, Köhler inviò a Eddington il suo libro *Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand* (*Le forme fisiche a riposo e in stato stazionario*). Non abbiamo trovato traccia di una discussione

<sup>2</sup> A.S. EDDINGTON, *New Pathways in Science. Messenger Lectures 1934*, Cambridge University Press, Cambridge UK, 1935, pp. 6, 8, 9.

<sup>3</sup> M. HENLE (ed.), *The selected papers of Wolfgang Köhler*, Liveright, New York, 1971, p. 113.

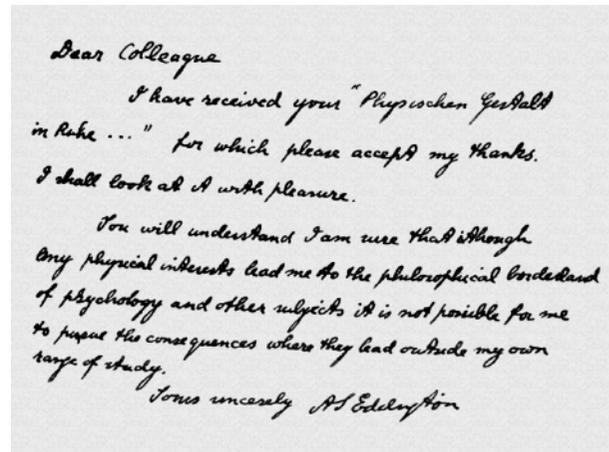
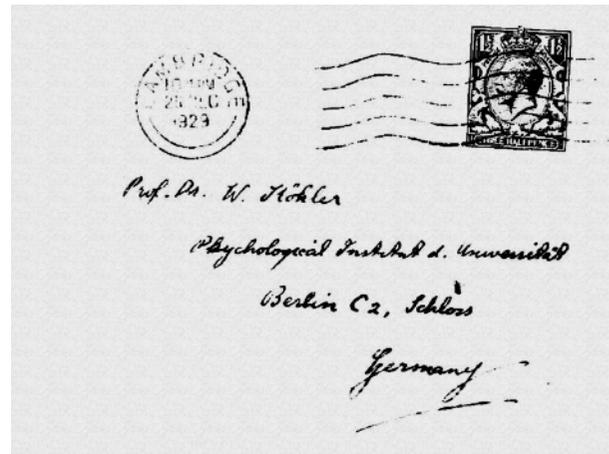


FIG. 2. Cartolina inviata nel 1929 da Eddington a Köhler per ringraziarlo di avergli inviato il suo libro. [Wolfgang Köhler's papers, American Philosophical Society Library]

dettagliata di questo testo da parte di Eddington. Abbiamo però una cartolina di ringraziamenti di Eddington a Köhler (FIG. 2), nella quale scrive:

Caro collega, ho ricevuto il suo 'Physischen Gestalten in Ruhe...' per il quale vi ringrazio molto. Lo leggerò con piacere. Sono certo che lei capirà che benché i miei interessi fisici mi portino al confine tra filosofia e psicologia e altri argomenti non è possibile per me seguire le conseguenze dove questi portano al di fuori del mio proprio campo di studi.

Abbiamo anche a disposizione una lunga lettera di Koffka a Eddington (1935). In questa lettera sono analizzati molti punti cruciali dei testi di Eddington e confrontati con il punto di vista della *Gestalt*. In particolare, Koffka era stimolato dal libro *New Pathways in Science* (1934).

La lettera completa di risposta di Eddington a Koffka non si trova negli archivi, ma alcune repliche alle argomentazioni di Koffka sono riportate da Koffka stesso alla sua discepola Molly Harrower. Essa scrisse il libro *Kurt Koffka, an Unwitting Self Portrait* (1983) sulla vita e le opere del suo maestro, e in questo testo possiamo trovare alcune repliche scritte da Eddington alla lettera che ricevette da Koffka. Koffka scrive ad Harrower:

Ho appena ricevuto una lunga lettera da Eddington, quattro pagine scritte in minuta grafia. Spiega molti punti, accetta molte mie affermazioni, ma vuole mettere in chiaro che il suo sistema è molto più dualistico del mio. Ed alla fine dice: 'ho letto la tua lettera con molto interesse [...] ci sono alcuni punti su cui potrei obiettare, ma nel complesso, anche quando tu critichi il mio punto di vista, riconosco che le tue idee sono profonde e son preparato a credere che tu abbia ragione'.<sup>4</sup>

## La lettera di Koffka

Quali sono i punti essenziali della lettera di Koffka? In quanto psicologo, egli è estremamente interessato allo *story teller* e alle sue storie. Koffka scrive ad Eddington:

La responsabilità dello *story teller* verso la verità è la mia materia di studio. – E aggiunge: – A me sembra che tu non tratti adeguatamente la storia narrata dallo *story teller*. Lo psicologo ha il compito di spiegare perché spesso la storia dello *story teller* contiene più realtà della somma degli impulsi nervosi.

E qui si perviene ad un momento cruciale della lettera. Koffka chiede:

Il crittogramma fornito dagli impulsi nervosi sarebbe davvero un punto di partenza migliore dello scienziato, piuttosto che la storia fornita dallo *story teller*? Tu dici che l'osservatore deve poter dire se due cose sono in coincidenza apparente o no. Questo è il minimo che tu chiedi per decifrare il crittogramma. Questo minimo è contenuto negli impulsi nervosi? Certamente no. Dato che, secondo le tue stesse assunzioni, ogni nervo trasporta la sua propria eccitazione indipendentemente dagli altri, la somma degli impulsi nervosi non contiene nulla come 'due cose' e quindi nulla che sia una coincidenza. La coincidenza di due cose perciò appartiene alla storia narrata.<sup>5</sup>

Se ci limitiamo alle coincidenze temporali, qui si apre lo sconfinato capitolo della percezione del tempo. Per registrare coincidenze temporali, dobbiamo avere la percezione del flusso del tempo. Questo, anche secondo le ultime conferme neuroscientifiche, richiede la nostra coscienza e dunque la percezione delle coincidenze temporali avviene tramite la narrazione dello *story teller* che risiede nella coscienza. Anche Einstein e Infeld dicono, nel loro libro *L'evoluzione della fisica*, che la sensazione primitiva e *soggettiva* del flusso del tempo ci mette in grado di ordinare le nostre impressioni e di giudicare se un evento è avvenuto prima o dopo di un altro.<sup>6</sup>

Dunque Koffka sostiene che Eddington cerca di sminuire il ruolo dello *story teller*, ma senza render-

sene conto egli usa molto più di quanto ammetta il suo contributo per costruire l'universo. Dice infatti:

Come puoi accettare uno schema di simboli come rappresentazione del mondo esterno quando questo schema è sicuramente tale che 'il meccanismo di trasmissione nervosa è incapace di costruirlo'?<sup>7</sup>

Questo dello *story teller* è dunque un punto importante di divergenza tra i due studiosi. Ma ci sono altri punti su cui essi convergono dicendo cose molto simili. Uno di questi è ciò che Eddington chiama *influenza selettiva della mente*. Egli infatti afferma che «non c'è dubbio che le leggi della natura che noi formuliamo dipendono dalla scelta fatta dalla mente del materiale per costruire l'universo»<sup>8</sup>

E c'è un passo molto suggestivo nel suo articolo *The philosophical aspect of the Theory of Relativity* (1920), dove egli spiega:

Contemplando il cielo stellato l'occhio può tracciare configurazioni di vario tipo: triangoli, catene di stelle ed altre figure fantastiche. In un certo senso queste configurazioni esistono, ma il loro riconoscimento è soggettivo e possono essere formate infinite varietà di configurazioni. C'è però un tipo di configurazione che per qualche ragione la mente ama tracciare. Dove può tracciarla la mente dice 'qui c'è la sostanza', dove non può, dice 'non è interessante: non c'è la mia configurazione qui!' [...] la distinzione tra sostanza e vuoto dipende dal tipo di configurazione che la mente è interessata e riconoscere.<sup>9</sup>

Quindi la mente dice agli occhi cosa vedere, esattamente come avviene con le figure ambigue create dagli psicologi della *Gestalt* (Fig. 3).

E Koffka, nel suo libro *Principles of Gestalt Psychology*, scrive:

La scienza moderna, è vero, parte da misure quantitative. Lo scienziato di oggi compie il massimo sforzo per effettuare misure sempre più fini; ma non misura qualunque cosa e ogni cosa, ma solo quegli effetti che in qualche modo contribuiscono alla sua teoria.<sup>10</sup>

Oggi gli psicologi chiamerebbero questa attitudine *confirmation bias*.

Possiamo anche trovare il principio della Pregnanza negli scritti di Eddington, quando egli mira alla massima semplicità nei dati, scrivendo:

Eliminando tutti i dati ridondanti possiamo ridurre il nostro materiale di osservazione a letture di cursore [*pointer readings*], o, più generalmente, a coincidenze. Il principio di Einstein della Teoria Generale della Relatività [1915] era basato sul principio che i dati osservabili sono sempre descrivibili da coincidenze, o meglio, per usare un'espressione preferita: da intersezioni di linee di universo.<sup>11</sup>

<sup>7</sup> M. HARROWER, *cit.*, p. 297.

<sup>8</sup> A.S. EDDINGTON, *The Meaning of Matter and the Laws of Nature according to the Theory of Relativity*, «Mind», New Series, 29 (114), 1920, p. 155.

<sup>9</sup> IDEM, *The Philosophical Aspect of the Theory of Relativity*, «Mind», New Series, 29 (116), 1920, p. 6.

<sup>10</sup> K. KOFFKA, *Principles of Gestalt Psychology*, Kegan Paul, Trench, Turner & Co. LTD, London, 1935, p. 13.

<sup>11</sup> A.S. EDDINGTON, *New Pathways*, *cit.*, p. 18.

Ed anche il principio gestaltista dell'Isomorfismo si può ravvisare in queste parole di Eddington:

Quando consideriamo l'esperienza come un tutto, nel passaggio dall'esperienza mentale ai fenomeni del mondo fisico non incontriamo alcuna discontinuità. Il vecchio dualismo filosofico di mente e materia sembra essere quello di una persona che ha ricevuto una parte di istruzioni verbali e una seconda parte in forma scritta e si sente incapace di combinarle per la natura incompatibile delle onde sonore e dell'inchiostro.<sup>12</sup>

Il Significato, il *Sinn* della *Gestalt*, trova spazio in questa citazione:

Se tutte le osservazioni devono essere ridotte a coincidenze e pointer readings, possiamo mai noi dedurre da questi qualcosa di più di un sistema di relazioni di coincidenze e *pointer readings*? La risposta sarebbe no. Ma se riformuliamo la domanda in questo modo: 'Manipolando coincidenze e *pointer readings* possiamo mai arrivare ad una conoscenza che non rievochi *pointer readings*?' Possiamo chiedere in modo equivalente 'può un artista manipolando i colori arrivare ad una creazione che non rievochi colori?'

La risposta è sì, perché

Uno schema di relazioni, o una struttura ha un significato che può essere astratto dalla natura intrinseca di ciò che è l'oggetto delle relazioni. Questa struttura è l'oggetto della nostra ricerca.<sup>13</sup>

E ancora:

L'indagine del mondo esterno in fisica è una ricerca di struttura, piuttosto che di sostanza. Una struttura può essere rappresentata come un complesso di relazioni e relata, ed in conformità con questo noi riduciamo i fenomeni alle loro espressioni in termini di relazioni che chiamiamo intervalli e relata che chiamiamo eventi.<sup>14</sup>

Koffka, nella sua lettera, dirà a questo proposito:

Questa struttura di cui tu parli deve contenere proprietà che le sue parti non possiedono. Nella mia terminologia questa struttura sarebbe una *gestalt*, e la conoscenza del mondo avviene in termini di *gestalten*.<sup>15</sup>

Nel libro *The Nature of the Physical World* possiamo ravvisare che l'entusiasmo di Eddington per la relatività generale (ricordiamo che ne è stato il maggior divulgatore nel mondo anglosassone durante un

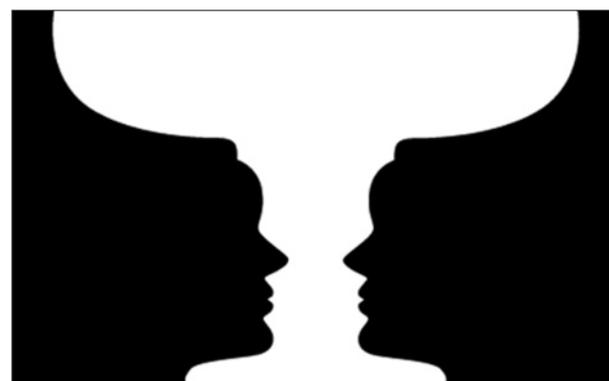
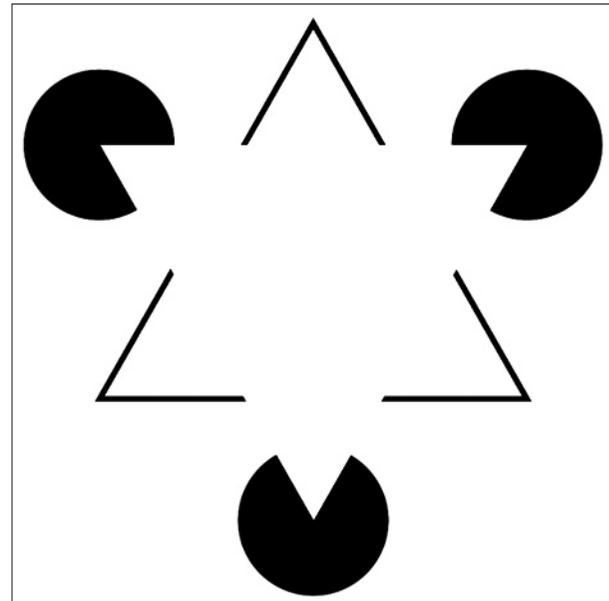


FIG. 3. Immagini ambigue usate dagli psicologi della *Gestalt* per studiare la percezione visiva.

dopoguerra in cui i rapporti con la scienza tedesca erano ancora difficili) consiste proprio nel riconoscere la pregnanza della struttura a larga scala del nostro universo, come descritta dalla relatività generale. Questo scheletro dello spazio tempo, così essenziale nella sua struttura data dall'intersecarsi delle geodetiche spaziotemporali, obbediva a una sua idea essenziale di struttura dotata di significato che era prossima all'idea di *Gestalt* degli psicologi tedeschi e che Eddington descrive in questo modo:

Le relazioni connettono i relata, i relata sono i punti di incontro delle relazioni. Gli uni non sono pensabili senza gli altri. Io non credo che un punto di partenza più generale di una struttura possa essere concepibile.<sup>16</sup>

<sup>12</sup> Ivi, p. 18.

<sup>13</sup> Ivi, p. 16.

<sup>14</sup> A. S. EDDINGTON, *The Mathematical Theory of Relativity*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1923, p. 41.

<sup>15</sup> M. HARROVER, *cit.*, p. 290.

<sup>16</sup> A. S. EDDINGTON, *The Nature of the Physical World, The Gifford Lectures 1927*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1929, p. 230.

**Anna Curir** è associata di ricerca all'INAF. Si occupa di astrofisica dei buchi neri, dinamica delle galassie e della Via Lattea, storia e psicologia della scienza. Tra i libri pubblicati: *I processi psicologici della scoperta scientifica* (Kim Williams Books, 2014), *L'emergere della terza cultura e la mutazione letale* (Il Sirente, 2016), e, con Fernando de Felice: *From Science Fiction to Science* (CLEUP, 2015) e *Metaphors in Science* (CLEUP, 2017). Ha curato la mostra *Osservare le Stelle, 250 anni di Astronomia a Torino* ed il relativo *Catalogo* (Silvana, 2006).

# Grandi e piccole scoperte all'Osservatorio di Palermo nell'Ottocento

Ileana Chinnici

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

L'OSSERVATORIO di Palermo è noto come luogo nel quale venne scoperto Cerere, il primo asteroide (oggi pianeta nano), all'apertura del XIX secolo; è meno noto che altre, minori, scoperte vennero ivi effettuate nell'Ottocento: vale la pena qui ricordare le principali, per mantenerne la memoria.

## L'asteroide (oggi pianeta nano) Cerere (Giuseppe Piazzi, 1° gennaio 1801)

Sicuramente, quella di Cerere è la principale e perciò la più nota ed importante scoperta fatta nel XIX secolo a Palermo, non solo per la rilevanza dell'oggetto, che inaugurava una nuova categoria di oggetti celesti, ma anche per l'andamento della vicenda, dai tratti simili a una vera e propria commedia. Molto è già stato scritto sull'argomento, anche in queste pagine;<sup>1</sup> ci si limiterà pertanto, in questa sede, a riassumere per sommi capi le circostanze della scoperta.

Giuseppe Piazzi (1746-1826), primo direttore della Specola di Palermo, era intento a misurare le stelle del catalogo che stava compilando,<sup>2</sup> quando, la notte del 1 gennaio 1801, osservando la regione del cielo vicino alla spalla del Toro, si imbatté in un astro nuovo, che non compariva in altri cataloghi. Come era sua abitudine, riosservò l'astro per più sere successive e si rese conto dal suo movimento che non era una stella. L'oggetto non presentava né coda né chioma, quindi esclude che potesse trattarsi di una cometa e cominciò a sospettare che potesse essere un piccolo pianeta.

Piazzi esitò a comunicare la sua scoperta, che confidò solo all'amico Barnaba Oriani (1752-1832), astronomo a Brera, e diede ai giornali un generico annuncio sulla scoperta di una cometa. Tale annuncio non fu che l'inizio di una serie di equivoci e di mosse sbagliate da parte di Piazzi, che generarono confusione, disorientamento e comprensibile acredine nei suoi confronti, da parte della comunità astronomica internazionale.

Oriani, che aveva intuito la portata della scoperta di Piazzi, provvide a comunicare i termini corretti



FIG. 1. Ritratto di Giuseppe Piazzi che indica Cerere. (Museo della Specola, INAF-OAPa/SiMuA UniPa)

della scoperta, ma Piazzi esitò a diffondere i dati delle sue osservazioni, si ammalò, e lasciò tutta la comunità astronomica nel dubbio. Quando finalmente fornì le posizioni in cui aveva osservato il pianetino per varie sere, era già troppo tardi: esso era già immerso nella luce solare e impossibile da osservare. D'altra parte, i dati erano pochi e poco distanziati per calcolarne l'orbita e, seppure diversi tentativi furono effettuati, l'astro venne considerato perso.

Tra i più stizziti, vi erano gli astronomi tedeschi, capitanati dal barone Franz Xavier von Zach (1754-1832) e da Johannes Elert Bode (1747-1826), che vedevano sfumare la prova della validità della legge di Titius (poi denominata, appunto, di Titius-Bode), che prevedeva una progressione geometrica nella distanza dei pianeti dal Sole: essi erano quindi convinti sostenitori dell'esistenza di un pianeta mancante tra Marte e Giove, tanto da aver fondato nel 1800 la Società di Lilienthal, per revisionare tutte le carte eclittiche allo scopo di "acciuflarlo".

<sup>1</sup> Vedi G. FODERÀ, I. CHINNICI, *Cerere Ferdinandea*, «Giornale di Astronomia», 28 (2001), pp. 8-23.

<sup>2</sup> Vedi G. PIAZZI, *Praecipuarum stellarum positiones mediae ineunte saeculo XIX*, Palermo, Dalla Stamperia Reale, 1803.

Cerere fu poi ritrovata, nel dicembre 1802, grazie all'abilità matematica di Wilhelm Friedrich Gauss (1777-1855), che testò una versione iniziale del suo celebre metodo dei minimi quadrati proprio sui dati di Cerere, ricavando parametri orbitali tanto accurati da permetterne il rapido ritrovamento. La scoperta di Piazzi era così finalmente provata!

Mentre si scatenavano le ipotesi più varie sul nome da attribuire all'ottavo pianeta, Piazzi sceglieva il nome di Cerere Ferdinanda, in omaggio alla Sicilia e al suo Sovrano. Sì, in omaggio alla Sicilia, granaio d'Italia in epoca romana, e quindi avente come patrona la dea delle messi, ma anche – indirettamente – omaggio a Palermo, perché l'iconografia della divinità romana, con il suo carro e la corona di spighe, era stata importata e cristianizzata in quella della santa patrona della città, S. Rosalia, raffigurata con una corona di rose e condotta in processione su un carro trionfale, nei giorni del suo celebre "festino". La casuale coincidenza della data del festino (15 luglio) con la fine della mietitura non fa che rafforzare l'analogia.

Il termine "asteroide" fu invece coniato dal celebre astronomo inglese William Herschel (1738-1822), che dopo la scoperta di Pallade, nel 1802, riconobbe in questi due pianetini una nuova classe di oggetti celesti. Lo scopritore di Urano scrisse a Piazzi spiegando le ragioni di questa classificazione, ma Piazzi non la prese bene, pensando che Herschel volesse declassare la sua scoperta, non assegnandogli la "dignità" di pianeta; egli sbottò quindi con Oriani, esprimendo perplessità sul termine "asteroide" (proponendo, caso mai, "planetoide") e scrivendo: «presto vedremo dei conti, duchi e marchesi anche in cielo».<sup>3</sup>

Nel 2006, l'International Astronomical Union ha dato, in un certo senso, ragione a Piazzi, riclassificando Cerere come "pianeta nano", una nuova categoria di oggetti celesti appositamente istituita, nella quale è compreso anche Plutone<sup>4</sup> (scoperto nel 1930) e altri tre oggetti transnettuniani.

### L'ammasso globulare NGC 6541 (Niccolò Cacciatore, 20 marzo 1826)

La figura di Niccolò Cacciatore (1770-1841), successore di Piazzi alla direzione dell'Osservatorio di Palermo, è piuttosto controversa. Certamente meno brillante rispetto a quella del suo predecessore, è noto soprattutto per le sue polemiche con il fisico Domenico Scinà (1765-1837) e per aver introdotto in Osservatorio la pratica del nepotismo, collocandovi, come assistenti, numerosi membri della sua famiglia (fratelli, figli, generi, ecc.), sarcasticamente definiti da Scinà «la novella dinastia

<sup>3</sup> Vedi FODERÀ, CHINNICI, 2001, p. 22.

<sup>4</sup> Vedi Risoluzioni 5 e 6 dell'IAU General Assembly del 2006: [www.iau.org/static/resolutions/Resolution\\_GA26-5-6.pdf](http://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf).



FIG. 2. Carta intestata dell'Osservatorio di Palermo, commemorativa del centenario della scoperta, con la raffigurazione del carro di Cerere. (Archivio storico, INAF-OAPA)

dei Cassini».<sup>5</sup> Tuttavia, Niccolò Cacciatore non è del tutto privo di meriti scientifici. Oltre ad aver riordinato le serie meteorologiche, il suo maggior merito fu aver coadiuvato Piazzi nelle osservazioni e nei calcoli per la preparazione dei due cataloghi stellari pubblicati, rispettivamente, nel 1803 e nel 1814. Di tale collaborazione, lo stesso Piazzi diede a Cacciatore pubblico riconoscimento sia nella prefazione al catalogo del 1814 che in altre sue opere. È noto poi che, nel catalogo del 1814, due stelle della costellazione del Delfino vennero indicate da Piazzi (o dallo stesso Cacciatore) come *Sualocin* e *Rotanev*, che, a lettere invertite, si leggono *Nicolaus Venator*, ovvero il nome di Cacciatore in latino: una sorta di designazione del successore (il Delfino, appunto). Cacciatore collaborò con Piazzi anche per la costruzione della bella meridiana a camera oscura della Cattedrale di Palermo (1801),<sup>6</sup> di cui pubblicò più tardi una descrizione.<sup>7</sup> A Cacciatore si deve anche l'annuncio della prima osservazione della grande cometa del 1807, avvenuta in Sicilia, a Castrogiovanni (l'attuale Enna) il 9 settembre di quell'anno.<sup>8</sup>

Nel 1826, Cacciatore inviò una lettera al barone von Zach,<sup>9</sup> nella quale dava notizia di aver osservato, all'alba del 20 marzo, una nuova nebulosa, inizial-

<sup>5</sup> Vedi I. CHINNICI, *Personaggi e vicende dell'Osservatorio Astronomico di Palermo attraverso l'Unità d'Italia*, «Giornale di Astronomia», 37 (2011), pp. 2-9.

<sup>6</sup> Vedi I. CHINNICI, *La meridiana di Piazzi nella Cattedrale di Palermo* in: *Atti del Convegno "Il Sole nella Chiesa: Cassini e le grandi meridiane come strumenti di indagine scientifica"*, «Giornale di Astronomia», 32 (2006), 103-106.

<sup>7</sup> N. CACCIATORE, *Descrizione della Meridiana del Duomo di Palermo*, «Giornale di Scienze, Lettere ad Arti per la Sicilia», Tomo VII, Anno 15, Palermo, Per le stampe del Solli, 1824, pp. 172-75.

<sup>8</sup> N. CACCIATORE, *Della Cometa apparsa in settembre del 1807. Osservazioni e risultati*, Palermo: Nella Reale Stamperia, 1808, p. 9.

<sup>9</sup> Lettera del sig. Niccolò Cacciatore [...] al sig. bar. De Zach, sul ritorno della cometa del Toro dall'emisfero australe, 6 aprile 1826, «Corresp. Astronomique etc. du bar. De Zach», 14, IV (1826), pp. 407-10.



FIG. 3. Ritratto giovanile di Niccolò Cacciatore. (Museo della Specola, INAF-OAPa/SiMuA UniPa)

mente scambiata per la cometa 1825-IV (che doveva tornare osservabile nella primavera dell'anno successivo). Dopo aver comunicato i dati relativi alla successiva osservazione della cometa, aggiunge:

La nebulosa, che osservai una sola volta la mattina del 20 marzo, merita però qualche attenzione. Essa è visibilissima anche col lume nel telescopio, tale di poter distinguere i fili. Ha un diametro di  $1' \frac{3}{4}$  circa, nebulosità che va addensandosi verso il centro, e vi si rivede di tempo in tempo un punto luminoso nel mezzo. Ascensione retta  $268^{\circ} 48'$ . Declinazione australe  $43^{\circ} 47'$ .<sup>10</sup>

Le circostanze dell'osservazione, riferite da Cacciatore, non sono molto chiare e risultano in parte contraddittorie con quanto affermerà più tardi (per esempio, egli indicherà poi come data della scoperta il 19 marzo, anziché il 20); egli inoltre afferma che la nebulosa da lui osservata non compare nel catalogo di Lacaille né in quello di Piazzi, pur trovandosi in una zona ben esplorata da quest'ultimo; la nebulosa è infatti vicina alla stella n. 1483 di Lacaille, più volte osservata da Piazzi:

[...] il p. Piazzi osservò la stella di La-Caille quattro volte nel 1794, e altre tre volte nel 1801, e in queste ultime osservazioni non notò che una piccola stella di 10 grandezza nel campo con quella. Io replicai le osservazioni, e osservai queste due stelle tre volte nel 1809 e due volte nel

<sup>10</sup> Ivi, p. 5.

1810. Dovetti certamente oscurare quasi intieramente il telescopio per osservare la stelluccia di 10 grandezza, e intanto non vidi nessuna nebulosa, come nessuna in quel luogo ne avea notato il p. Piazzi.<sup>11</sup>

Per spiegare la precedente "invisibilità", Cacciatore conclude con l'ipotesi di una variazione di luminosità:

Questa nebulosa, dunque è apparsa dopo il 1810, o almeno dopo quest'epoca è divenuta così bella, come si osserva presentemente. Ciò, a detta di Cacciatore, potrebbe essere avvenuto per quella conflagrazione che, secondo Laplace, avvenne già nel nostro sole un certo numero di anni prima di noi!<sup>12</sup>

Von Zach commentò la lettera di Cacciatore, ricordando che variazioni di forma e luminosità nelle nebulose di Andromeda e di Orione erano già state registrate da altri astronomi e che non era da escludere che, così come ci sono stelle di luminosità variabile (von Zach si riferisce alle *novae*), ci siano anche nebulose della medesima specie.<sup>13</sup>

La notizia sulla scoperta della nuova nebulosa si ritrova anche nell'opuscolo *Sull'origine del Sistema Solare*,<sup>14</sup> che riporta l'introduzione al saggio di Cacciatore sulla cometa del 1819,<sup>15</sup> con una serie di osservazioni aggiuntive, da lui condotte. Nella nota (4), in cui parla delle stelle variabili e delle *novae*, Cacciatore menziona

la bellissima [nebulosa] della costellazione del Telescopio da me veduta la prima volta ai 19 marzo 1826 [...] Mentre cercavo la cometa [del 1825] di ritorno ai 19 marzo scorso fui colpito da questa bella nebulosa, troppo lucida e troppo visibile per non esser rimarcata. Essa è rotonda, del diametro di un minuto e mezzo: fissandovi l'occhio, nella sua nebulosità più densa nel centro si lascia travedere di tanto in tanto un lucido puntino.<sup>16</sup>

Dopo averne dato le coordinate celesti, torna sull'ipotesi della variabilità:

Questa nebulosa non doveva sfuggire certamente al La Caille: non poteva certamente sfuggire al P. Piazzi, il quale notava tutto, né a me, in tante volte che l'ebbimo nel campo del telescopio con la 1483 del C. A. Dunque secondo ogni probabilità è nuova.<sup>17</sup>

Infine, Cacciatore menziona la "sua" nebulosa nel suo volume *Del Reale Osservatorio di Palermo*,<sup>18</sup> che raccoglie i risultati delle osservazioni condotte presso la specola palermitana, e nel quale, al libro IX, contenente le osservazioni di comete, si legge:

<sup>11</sup> *Ibidem*.

<sup>12</sup> *Ibidem*.

<sup>13</sup> Vedi Ivi, p. 6.

<sup>14</sup> N. CACCIATORE, *Sull'origine del sistema solare*, Palermo, presso Lorenzo Dato, 1826.

<sup>15</sup> N. CACCIATORE, *Della cometa apparsa in luglio del 1819, osservazioni e risultati*, Palermo: Dalla Reale Stamperia, 1819.

<sup>16</sup> Ivi, p. 18.

<sup>17</sup> *Ibidem*.

<sup>18</sup> N. CACCIATORE, *Del Reale Osservatorio di Palermo. Libri VII, VIII, e IX*, Palermo, Dalla Tipografia di Filippo Solli, 1826.

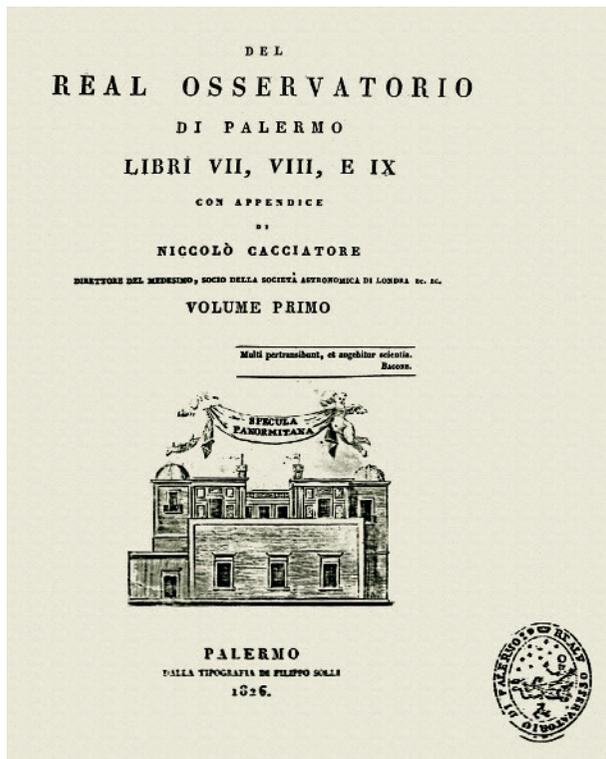


FIG. 4. Frontespizio del volume di Cacciatore del 1826 contenente notizia della scoperta della “nebulosa”. (Biblioteca storica, INAF-OAPa)

Nel crepuscolo mattutino ai 20 marzo osservai [...] una bella nebulosa non descritta da nessuno, e che merita di essere notata; perché forse è variabile.<sup>19</sup>

Le coordinate qui date (AR  $268^{\circ}52'$ , DA  $43^{\circ}43'$ ) sono leggermente diverse dalle prime indicate, forse perché Cacciatore ebbe modo di rifinire le sue osservazioni.

La notizia non sfuggì all’editore della celebre rivista *Astronomische Nachrichten*, Heinrich Christian Schumacher (1780-1850), il quale ne diede subito informazione nelle pagine del suo giornale,<sup>20</sup> richiamando così l’attenzione di Heinrich Wilhelm Olbers (1758-1840), celebre astronomo amatoriale, scopritore del secondo e quarto asteroide (Pallade e Vesta), che qualche anno dopo diede conferma della scoperta di Cacciatore.

Nel 1828, infatti, James Dunlop (1793-1848),<sup>21</sup> assistente al Paramatta Observatory, in Australia, pubblicò un catalogo di nebulose e ammassi stellari del cielo australe; l’attentissimo Olbers riuscì a riconoscere nell’oggetto n. 473 del catalogo di Dunlop la

<sup>19</sup> Ivi, p. 229.

<sup>20</sup> H. C. SCHUMACHER, *Neuer Nebelfleck*, «Astronomische Nachrichten», 5 (1827), pp. 281-282. Schumacher ivi riporta un commento di Olbers che avrebbe voluto che Cacciatore precisasse se l’osservazione era stata fatta col campo illuminato; diversamente dalla lettera a von Zach, infatti, qui Cacciatore non ne fa menzione.

<sup>21</sup> Alcune fonti attribuiscono a Dunlop la scoperta dello stesso oggetto pochi mesi dopo Cacciatore, ovvero il 3 luglio 1826 (vedi [https://en.wikipedia.org/wiki/NGC\\_6541](https://en.wikipedia.org/wiki/NGC_6541)), ma non si sono finora trovate evidenze documentarie che permettano di verificare questa affermazione.



FIG. 5. Immagine dell’ammasso globulare NGC 6541. (da: <http://aladin.u-strasbg.fr/java/alapre.pl?-c=NGC6541&button=N%26B>)

nebulosa scoperta da Cacciatore,<sup>22</sup> che Dunlop riporta con coordinate leggermente differenti (AR  $15^{\text{h}}55^{\text{m}}14^{\text{s}}$ ; DA  $46^{\circ}22'$ ) e descrive così:

*A very bright round highly condensed nebula, about 3' diameter. I can resolve a considerable portion round the margin, but the compression is so great near the centre, that it would require a very high power, as well as light, to separate the stars; the stars are rather dusky.*<sup>23</sup>

Olbers sciolse così ogni dubbio sulla scoperta di Cacciatore e spiegò il fatto che la nebulosa fosse sfuggita a Lacaille e a Piazzi, attribuendone la causa allo scarso ingrandimento dei telescopi usati e alla ristrettezza del campo visivo.

Con la ridefinizione dei confini delle 88 costellazioni “moderne” fissata dall’International Astronomical Union nel 1930,<sup>24</sup> le coordinate celesti fornite da Cacciatore per questo oggetto corrispondono oggi a quelle dell’ammasso globulare NGC 6541 (AR  $18^{\text{h}}08^{\text{m}}2,3^{\text{s}}$ ; DA  $43^{\circ}42'53''$ ), nella Corona Australe.

### La cometa Zona 1890-IV (Temistocle Zona, 15 novembre 1890)

Temistocle Zona (1848-1910)<sup>25</sup> fu un astronomo veneto dal 1880 in forza all’Osservatorio di Palermo: un astronomo “tradizionale”, che amava stare al

<sup>22</sup> Vedi H. W. OLBERS, *Auszug aus einem Schreiben des Herrn Doctors ubd Ritters*, «Astronomische Nachrichten», 7 (1829), pp. 61-64.

<sup>23</sup> J. DUNLOP, *A catalogue of nebulae and clusters of stars in the southern hemisphere, observed at Paramatta in New South Wales*, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», 118 (1828), pp. 113-151, qui 138.

<sup>24</sup> Vedi E. DELPORTE, *Délimitation scientifique des constellations*, Cambridge University Press, 1930.

<sup>25</sup> Per una breve biografia, vedi [www.astropa.inaf.it/elenco-dei-direttori/temistocle-zona/](http://www.astropa.inaf.it/elenco-dei-direttori/temistocle-zona/).

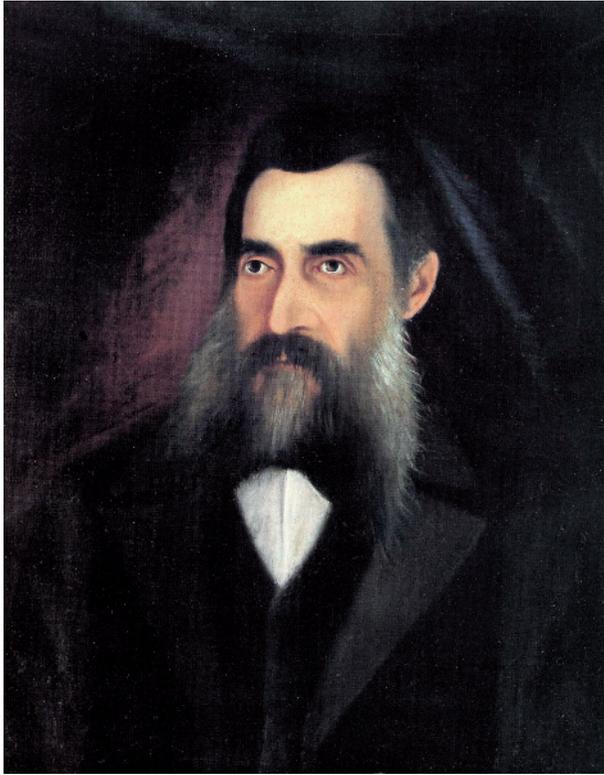


FIG. 6. Ritratto di Temistocle Zona. (Museo della Specola, INAF-OAPa/SiMuA UniPa)

telescopio, per nulla incline all'uso dello spettroscopio e della fotografia, nuovi mezzi di esplorazione del cosmo della nascente astrofisica. Noto per aver disegnato la meridiana della Chiesa Madre (Ss. Apostoli Pietro e Paolo) di Castiglione etneo nel 1882,<sup>26</sup> Zona fu ardente patriota (nel 1867 aveva combattuto ed era stato preso prigioniero a Mentana) e valente alpinista: nel 1888, fu tra i rifondatori della sezione siciliana del Club Alpino Italiano, di cui fu presidente a vita, e realizzò una stazione astronomica a Monte Cuccio, la principale altura sovrastante Palermo. Assiduo osservatore del cielo (uno dei migliori osservatori che l'Osservatorio di Palermo abbia avuto), a lui si deve la scoperta di una cometa, l'unica avvenuta all'Osservatorio di Palermo.<sup>27</sup> Il suo attento scrutare, unito alla buona qualità del

<sup>26</sup> Vedi M. L. TUSCANO, *Le iniziative del rodigino Temistocle Zona relative alla misura del tempo in Sicilia*, Atti del XXI Seminario Nazionale di Gnomonica, Valdobbiadene (2017), pp. 182-186; vedi anche l'articolo di M. L. TUSCANO su questo stesso fascicolo del «Giornale di Astronomia».

<sup>27</sup> Vedi I. CHINNICI, *Nineteenth-century comets: studies and observations in Sicily*, «Journal for the History of Astronomy», 46(2) (2015), pp. 130-158.

cielo notturno palermitano, non potevano non premiarlo. Infatti, il 15 novembre 1890, Zona annunciò la scoperta di una nuova cometa, con un telegramma agli editori di *Astronomische Nachrichten*<sup>28</sup> e *The Astronomical Journal*.<sup>29</sup>

La scoperta passò quasi del tutto inosservata, in Italia, sia per lo scarso valore scientifico che questo tipo di scoperte avevano alla fine dell'Ottocento, sia per le mutate condizioni dell'Osservatorio di Palermo, che si trovava in una fase di transizione (la sede direttoriale era vacante), per cui, quell'anno, neppure venne pubblicato il tradizionale volume annuale della serie delle *Pubblicazioni dell'Osservatorio*. Pertanto, non vi è traccia di questa scoperta, seppure minore, né negli archivi dell'Osservatorio, né nelle pubblicazioni, ad eccezione del lavoro di uno studente, Cesare Mattina, che studiò l'orbita della cometa.<sup>30</sup>

Zona ebbe invece un riconoscimento internazionale per questa scoperta: nel 1891 gli fu infatti assegnata la *Donohoe Comet Medal* dell'Astronomical Society of the Pacific,<sup>31</sup> una medaglia istituita l'anno prima, grazie alla donazione del ricco mecenate californiano Joseph A. Donohoe (?-1895), per premiare gli scopritori di comete. Pare che la cometa abbia portato fortuna a Zona, il quale, a poco meno di un anno di distanza dalla scoperta, fu incaricato delle funzioni di direttore dell'Osservatorio di Palermo, incarico che mantenne fino al 1898.

In quello stesso anno, Zona mancò di essere scopritore di una seconda cometa, la c/1898M1: per poche ore, Zona fu battuto nel tempo da Michel Jacobini (1873-1938), astronomo dell'Osservatorio di Nizza e scopritore di numerose comete.

A proposito di comete scoperte a Palermo, vale la pena qui menzionare la doppia disavventura in cui incorse il principe Giulio Fabrizio Tomasi di Lampedusa (1813-1885), attivissimo osservatore del cielo, al quale per ben due volte fu erroneamente attribuita la scoperta di una cometa presso l'eccellente osservatorio ai Colli, da lui allestito nella sua villa nei dintorni di Palermo.<sup>32</sup>

<sup>28</sup> Vedi A. KRUEGER, *Entdeckung von zwei neuen Cometen*, «Astronomische Nachrichten», 126 (1891), p. 95.

<sup>29</sup> Vedi B. A. GOULD, *Comet e1890*, «The Astronomical Journal», 10 (1890), p. 101.

<sup>30</sup> Vedi C. MATTINA, *Ricerche sull'orbita definitiva della cometa 1890 IV*, «Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani», XXIV (1893), pp. 91-95.

<sup>31</sup> Vedi *(Fifth) Award of the DONOHOE Comet-Medal (to Prof. T. ZONA)*, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 3 (1891), p. 111.

<sup>32</sup> Vedi I. CHINNICI, *Tomasi di Lampedusa, il Principe astronomo*, «Giornale di Astronomia», 45 (2019), pp. 37-40.

**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.

# L'antica ora italiana e i suoi vantaggi

Giovanni Paltrinieri

RECENTEMENTE diversi personaggi del mondo politico europeo hanno proposto di mantenere la cosiddetta "ora legale" (ora solare estiva) per tutto l'anno, altri invece di eliminarla completamente: sembra stia prevalendo quest'ultima tesi prevedendo che l'ora legale scompaia del tutto nel 2021. L'idea di portare avanti di un'ora le lancette dell'orologio nel periodo estivo, rispetto all'orario solare, venne concepita per sfruttare meglio la radiazione del Sole, garantendo un notevole risparmio sulla bolletta energetica. Dunque, sino a novità dell'ultimo momento, vale la regola che alla fine di marzo le lancette dell'orologio si devono portare avanti di un'ora, per recuperarla alla fine di ottobre: un'idea, questa, osteggiata da molti per la scomodità che comporta ogni anno il cambio di consolidate abitudini.

Già Benjamin Franklin nel 1784 l'aveva suggerita, riproposta poi in tempi successivi senza troppa fortuna. È soltanto nel 1916 che la Camera dei Comuni inglese inaugura il *British Summer Time*, seguita poco dopo da numerose altre nazioni.

Una mutazione oraria ben più complessa avvenne nel nostro Paese alla fine del Settecento, quando dall'ora italiana si passò a quella francese o oltramontana o astronomica, cioè la medesima che oggi usiamo (gli "Oltremontani", erano considerate le popolazioni situate "oltre" le montagne, cioè le Alpi, quindi i francesi, tedeschi, spagnoli, ecc.).

L'ora italiana, nata approssimativamente intorno al XIII-XIV secolo soppiantando quella romana, aveva come punto fermo l'istante del tramonto, cui si assegnava l'ora 24. Non si devono quindi confondere le attuali ore 24 intese come mezzanotte ma, come si è appena detto, col tramonto, ovvero col termine della luminosità diurna. In quell'istante in cui si concludeva la presenza del Sole sopra l'orizzonte, terminava anche il giorno nella sua specifica identità: infatti, si chiudeva quello vecchio per iniziarne uno nuovo che finiva al tramonto successivo. Dunque, l'intera nottata ed il giorno seguente, appartenevano ad un nuovo gruppo di 24 ore.

Da un simile sistema, emerge chiaramente che, conoscendo l'ora (data da un orologio solare oppure da uno meccanico) e sottraendola dalle 24, si aveva una perfetta conoscenza di quanto tempo restava prima che calassero le tenebre concludendo ogni opera lavorativa. Di questo sistema orario ci è rimasto il modo di dire «Portare il cappello sulle 23»: significa tenerlo inclinato, come è il Sole un'ora prima del tramonto. Addirittura, in Italia meridionale, sino a non troppo tempo fa, quando una persona stava male ed aveva i giorni contati, si diceva: «Sta battendo le 23 e mezzo».



FIG. 1. Bologna, Ex Convento di S. Michele in Bosco, ora Istituto Ortopedico Rizzoli. Quadrante dipinto da Innocenzo da Imola ai primi del Cinquecento, recante le 24 ore.

Siccome il tramonto non coincide mai con il termine luminoso del giorno, per tutto il Settecento si operò sul territorio italiano una piccola ma significativa modifica al sistema orario: uno sfasamento di trenta minuti. Il tramonto si fece coincidere con le ore 23,30 e, dopo mezz'ora, al suono dell'Ave Maria, quando l'ultimo fiotto di luce faceva posto all'apparire delle prime stelle, si battevano le ore 24,00. Per differenziarla dall'altra, questa venne chiamata "ora italica da campanile".

Dall'ora italiana erano nati i primi quadranti degli orologi meccanici. Questi erano tradizionalmente suddivisi in 24 ore, ponendo molto spesso le ore xxiv in senso orizzontale, simulando cioè, la situazione del Sole al suo tramonto (FIG. 1). Successivamente, anche seguendo la moda dei quadranti francesi, si portò il quadrante a 12 ore. Un ulteriore adeguamento si ebbe tra Sei-Settecento, quando molti quadranti vennero trasformati con la divisione in 6 ore (FIG. 2).



FIG. 2. Loreto, facciata della basilica della Santa Casa. Alla sommità dell'edificio, un quadrante (a sinistra) indica l'ora italiana, l'altro (a destra) quella astronomica o francese.

Il motivo di quest'ultima trasformazione era dettato dalla praticità: a un quadrante a 6 ore corrispondeva un massimo di 6 tocchi di campana, contro i 24 massimi che si battevano tradizionalmente. Ovviamente, in un arco di 24 ore la lancetta faceva quattro giri completi, ma con il vantaggio – specie verso sera – di battere un numero molto limitato di rintocchi, alquanto facili da seguire col solo tocco della campana. Questo tipo di suddivisione del quadrante venne detto “alla romana”.

Il sistema italiano non era comunque esente da critiche. Siccome l'istante del tramonto è mutevole nel corso dell'anno, anticipando in inverno e ritardando in estate, gli orologi solari richiedevano una particolare tracciatura delle linee orarie, mentre gli orologi meccanici abbisognavano di un quotidiano aggiustamento di uno o due minuti in avanti o indietro. Per singolari motivazioni storiche medievali, l'ora italiana era anche detta ora boema, in quanto diffusa a partire circa dal XIV secolo oltre che nella nostra penisola, anche in Boemia, Slesia e Polonia.

Dunque, anche l'orologio più preciso, regolato con l'ora italiana, doveva soggiacere ad una quotidiana messa a punto. Siccome l'individuazione dell'orizzonte, specie in città non è precisamente definibile, la regolazione di un orologio meccanico si faceva al mezzogiorno: si doveva soltanto avere un orologio solare oppure una meridiana, e in quell'istante portare la lancetta sull'ora e minuto indicata su una tabella appositamente compilata per ogni giorno dell'anno (FIG. 3).

Che l'ora italiana fosse in antico motivo di scomodità e considerata irrazionale dalle altre nazioni europee è un fatto assodato. Molti scrittori esteri visitando la nostra penisola sottolineano in più occasioni questo singolare modo di dividere il giorno giudicandolo una bizzarria tutta italiana, in quanto richiede un quotidiano aggiustamento, a differenza dell'ora oltramontana che è notevolmente più semplice e comoda.

Già però in Italia, negli ambienti nobili ed estero-fili, a partire dall'inizio del Settecento, si comincia a parlare di ora francese, se non altro per vezzo, e in questo periodo comincia ad essere di gran moda portare con sé un doppio orologio indicante l'una e l'altra ora.

Il primo passaggio ufficiale tra l'antico e il nuovo sistema avviene nel 1722 in Liguria, in un territorio cioè affiancato a quello francese, da cui si assorbiva notevole cultura e abitudini. La Toscana adotta l'ora francese nel 1749, non senza resistenze, al punto che il granduca Francesco promulga un editto che commina pene severe a chi non si allinea al nuovo sistema. Nel 1755, Filippo di Borbone firma l'ordinanza a Parma. La Lombardia, sotto l'occupazione austriaca, attua il passaggio nel 1786. Per le altre regioni si deve attendere ancora qualche anno, ma ormai i tempi sono maturi per il nuovo assetto orario.

In seno a questa rivoluzione di sistema, Bologna gioca un suo preciso ruolo. Nel 1758, ancora in periodo di ora italiana, mons. Francesco Zambeccari – primicerio della basilica di San Petronio – dona alla

# TAVOLE

Per regolare di giorno in giorno gli Orologj a ruote,  
Tanto per adoperarli secondo l'uso d'Italia, quanto per valersene  
secondo quello degli Oltramontani,

## CON UNA TAVOLA PERPETUA

Del principio dell'Aurora, levar del Sole,  
mezzo Giorno, e mezza Notte;

Le quali Tavole sono come appendice alle Gnomoniche

D I  
GIO: LODOVICO QUADRI.



IN BOLOGNA

Nella Stamperia di Lelio dalla Volpe. MDCGXXXVI.  
CON LICENZA DE' SUPERIORI.

FIG. 3. Le tanto accreditate Tavole di Giovanni Lodovico Quadri del 1736, utili per regolare quotidianamente gli orologi meccanici all'italiana.

città, per pubblica utilità, un orologio a doppio quadrante realizzato da Domenico Maria Fornasini, da collocarsi su una parete della navata sinistra della basilica petroniana. L'orologio è dotato di un sistema meccanico che tiene conto dell'equazione del tempo, e inoltre con un meccanismo eccentrico segue il mutevole moto dell'ora italiana che quotidianamente anticipa o ritarda.

Di conseguenza, un orologio segna l'ora francese indicando le ore 12,00 quando il Sole è sulla linea meridiana, mentre l'altro segna l'ora italiana, il cui valore numerico in ora e minuto è indicato al suolo dall'immagine solare che incontra ogni giorno lungo la linea stessa (FIG. 4).

Dunque, la meridiana di Giandomenico Cassini, nella basilica di San Petronio, è alla base del doppio orario bolognese, cui si adegua quotidianamente il doppio orologio meccanico del Fornasini.

Restando a Bologna – ma le cose non mutano di molto anche in altre regioni – negli anni a seguire si assiste ad una progressiva intenzione di passare all'ora francese di cui già molti ne hanno presa chiara informazione e che in molti casi si è iniziata ad usare. Nel 1765, alcuni senatori avanzano la proposta di mutazione oraria che però non viene accolta; nel 1770 il campanile della cattedrale inizia a battere alla francese.

Ma il colpo di grazia avviene nel 1796, quando il 19 giugno i francesi entrano in città quali i liberatori che



FIG. 4. Bologna, basilica di San Petronio. Proiezione solare sulla linea meridiana al 20 maggio, oppure al 22 luglio. La numerazione centrale si riferisce all'ora e minuto del mezzodì, secondo lo stile italiano.

portano la pace all'insegna di Libertà, Fraternità, Uguaglianza. E sempre in nome di una grande fratellanza il nuovo governo non tarda ad impartire regole e notificazioni ai cari sudditi italiani. Una di queste si ha il 23 settembre di quello stesso anno, quando si impone di passare immediatamente all'ora francese pubblicando un manifesto (FIG. 5) dal titolo:

### NOTIFICAZIONE

Per il regolamento de' pubblici Orologi alla Francese.

IL SENATO DI BOLOGNA

L'ultima parte della notifica così recita:

Si darà esecuzione nel giorno di Domenica 25 del corrente, ed in punto all'ora del mezzo giorno, a questo nuovo regolamento, il quale sebbene nel suo principio possa sembrare imbarazzante, e non piacere a qualcuno, che non abbia le nozioni necessarie a conoscerne l'utilità, incontrerà però senza dubbio anche in questa, e col progresso di poco tempo il gradimento, e l'approvazione di tutti, come lo ha incontrato in altre città d'Italia.

Affinché poi riesca sempre più conforme all'uso Patrio, ed a quegli Atti di Religione soliti, praticarsi da noi, annunzierà l'Orologio Pubblico con il suono particolare dell'Ave Maria, e l'Ora di Notte, che parimenti dovranno annunziarsi da alcuni, e potranno quindi essere da tutti gli altri della città; onde, conciliando a questa parte l'antica consuetudine col nuovo metodo delle ore, venga questo a produrre senza verun inconveniente quel bene, che si ebbe in vista nell'adottarlo.



FIG. 5. Notificazione ufficiale del Senato bolognese, datata 1796, in cui si comunica alla cittadinanza la mutazione dello stile orario.

Avverta ognuno, a cui appartiene d'ubbidire a quanto viene ordinato, per non obbligar il Senato a prender misure più efficaci, e rigorose contro i trasgressori; E la presente pubblicata ed affissa ai luoghi consueti, si avrà per intimata personalmente a ciascuno.

Quanto avvenne in quegli anni, è del tutto simile a quando si operò la trasformazione lira/euro. Nei primi tempi tutti avevano a portata di mano una mini calcolatrice, oppure più semplicemente una tabellina numerica che forniva il valore dall'uno all'altro sistema.

E allora si fece qualcosa di simile: in molti casi sui campanili a lato dell'orologio solare ad ore italiane se ne tracciò un secondo ad ore francesi (FIG. 6), e allo stesso modo si fece per gli orologi meccanici. Con il duplice orologio, ben evidenti sono i due quadranti posti sulla facciata della basilica della Santa Casa di Loreto, ciascuno con il rispettivo titolo sottostante.

Ancor più noti dal punto di vista dell'immagine, sebbene siano poco noti per la loro funzione, sono i due quadranti orari posti sulla facciata della basilica di San Pietro in Vaticano, entrambi recanti suddivisione in 12 ore. Essi furono realizzati nel 1785 dall'architetto e orafo italiano Giuseppe Valadier. Pur essendo identici come numerazione, ciascuno svolge un autonomo servizio: quello di sinistra (per chi guarda la facciata), batte le ore astronomiche (o

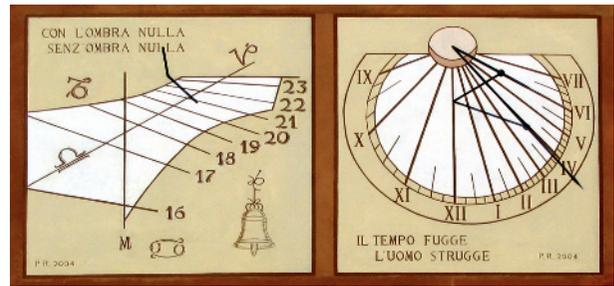


FIG. 6. Torre campanaria della chiesa parrocchiale di San Giovanni in Persiceto (BO). Gli orologi solari italiano e francese realizzati alla fine del Settecento per consentire alla popolazione di comparare i due stili orari nel periodo di transizione. (Restauro di Giovanni Paltrinieri e Lodovico Pasquali).

francesi o oltramontane). Quello di destra, invece, dotato di una sola lancetta, batte le ore italiane.

Per il corretto andamento di entrambi gli orologi, voluti da Pio VI che aveva commissionato le macchine, l'economista della Rev.ma Fabbrica di San Pietro in Vaticano, mons. Tommaso Boschi, incaricò il gesuita don Filippo Luigi Gili (1756-1821) di provvedere con strumenti idonei affinché le macchine marciassero sempre in modo perfetto, in concordia con il moto apparente del Sole. Don Gili non si contentò di realizzare una semplice linea meridiana, ma realizzò un orologio solare tracciato su una grande lastra di marmo posta in orizzontale, collocata alla sommità della facciata, molto prossima alle campane. Con questo accorgimento, l'indicazione oraria fornita dalle due macchine ed annunciata dalle campane, venne a trovarsi in perfetta sintonia col Sole.

Lo stesso don Gili pubblicò un fascicoletto inteso a perpetuare a futura memoria quell'impresa.<sup>1</sup> A p. 27 così ricorda:

Dal dì 21 febbraio 1804 ebbe principio l'epoca del regolato modo degli Orologi del gran Tempio, e l'effetto riuscir dovette necessariamente a seconda de' desiderj.

A conclusione, alla p. 28:

Se dunque ancora tutti gli altri pubblici Orologi saranno come i Vaticani, regolati servendosi o di una Meridiana, o di un qualche Orologio Solare, ne verrà tolto allora qualunque errore; e l'Orologio Italiano assogettato a queste infallibili correzioni, indicherà le sue ore con quell'esattezza che si esige dal pubblico, al qual'oggetto e principale scopo ci siamo determinati di scrivere la presente breve memoria.

In riferimento all'orologio solare posto alla sommità della facciata di San Pietro realizzato dal Gili (FIG. 7), nel libro di fine Ottocento della signora inglese Alfred Gatty (conosciuta anche come Margaret Scott Gatty,<sup>2</sup> a p. 160 viene riportata l'iscrizione incisa su quel marmo recante le ore italiane, riportando anche l'iscrizione che ricorda del restauro av-

<sup>1</sup> FILIPPO LUIGI GILI, *Memoria sul regolamento dell'Orologio Italiano colla Meridiana*. Roma, Nella Stamparia Caetani, 1805.

<sup>2</sup> ALFRED GATTY, *The Book of Sun-Dials*. London, George Bell and Sons, 1889.



FIG. 7. Orologio solare posto sul tetto di facciata della basilica di San Pietro in Vaticano, realizzato dal Gili, e restaurato da Giovanni Antonio Teppati.

venuto nel 1844, aggiungendo una colorita descrizione (qui tradotta in italiano) di quanto avveniva a quei tempi sui tetti della basilica vaticana.

*ITALICUM SIGNAT TEMPORA SACRA DEO*  
[L'orologio italiano mostra il Tempo consacrato a Dio]  
*AD LATITUD. GRADUM XLII*

*SEDENTE GREGORIO XVI PONT. MAX. PONTIFICATVS*  
*SUI ANNO XIII*  
*ANTONIVS MATTEUCCIUS*  
*CURATOR OPER. TEMPLI VATICANI*  
*ADSCITA OPERA IOANNIS ANTONII TEPPATI*  
*HOC HORARIVM INDICE*  
*COMODVM ORNATUMQ. AUXIT*

L'iscrizione dice che nel 13° anno del pontificato di Gregorio XVI (1844), Giovanni Antonio Teppati restaurò ed imbellì questo orologio, per ordine di Antonio Matteucci, commissionato dei lavori della chiesa vaticana. Si tratta di un grande orologio orizzontale in marmo piazzato sulla balaustrata che racchiude i tetti della navata di S. Pietro. Esso indica le ore dalle 10 alle 22, seguendo l'antico metodo italiano in cui le ore 24 sono contate dal momento dell'Ave Maria, mezz'ora dopo il tramonto. L'orologio è piazzato in corrispondenza dell'angolo della balaustrata, ed è rimarchevole per la sua posizione, in quanto più di 150 piedi da terra. Probabilmente nessun altro Orologio Solare del mondo è posto così alto.

Il tetto di S. Pietro costituisce un villaggio. Ci sono punti vendita, ripostigli, capanni per animali domestici, una fucina per i lavori di carpenteria, stanze da bagno, forni. Per molte famiglie questa è la loro zona nativa. Gli operai di San Pietro, chiamati Sanpietrini, succedono l'un l'altro da padre in figlio, formano una specie di tribù. I nativi di questa terrazza hanno leggi e costumi propri, e in aggiunta hanno anche questo loro speciale Orologio, le cui ore sono formate in numeri romani.

Le capacità e qualità astronomiche dell'astronomo don Gili non si fermarono al solo summenzionato orologio solare. Nel 1817 il gesuita venne incaricato di disegnare l'intero pavimento della piazza San Pietro in Vaticano. Utilizzando l'ombra dell'obelisco-gnomone ivi esistente, proveniente da Eliopolis in Egitto, alto oltre 25 metri, vi tracciò al suolo una li-



FIG. 8. L'autore della presente ricerca, in una foto datata, ammira estasiato la linea meridiana tracciata dall'astronomo Filippo Luigi Gili nella piazza San Pietro in Vaticano.

nea meridiana recante i punti proiettivi degli equinozi e dei solstizi (FIG. 8).

Il trapasso tra ora italiana ed ora francese, non avvenne in modo del tutto indolore: furono molti gli esponenti culturali italiani che si espressero negativamente, sottolineando le qualità della prima, la quale rispondeva chiaramente alle necessità umane. Effettivamente, a quei tempi la luce elettrica non era ancora presente e dunque il tramonto a cui l'ora italiana faceva capo rappresentava un punto di forza notevole. Di ciò ne è oggetto di memoria un saggio dell'abate Giulio Cesare Cordara de' Conti di Calamandrana del 1783, dal titolo *De' Vantaggi dell'Orologio Italiano sopra l'Oltramontano* (FIG. 9).<sup>3</sup> Qui a seguire riportiamo (da p. 6) la parte principale del suo discorso recitato all'Accademia degli Immobili in Alessandria il di 28 Febbraio di quell'anno, la quale si rivela particolarmente interessante per i notevoli spunti che suggerisce.

Noi cominciamo a contare le ore dal tramontare del Sole, e tutte le 24 contiamo seguitamente ad una ad una, sino che il Sole torna a tramontare di nuovo. Se non che,

<sup>3</sup> GIULIO CORDARA DE' CONTI DI CALAMANDRANA, *De' Vantaggi dell'Orologio Italiano sopra l'Oltramontano. Discorso recitato nell'Accademia degli Immobili in Alessandria il di 28 Febr. 1783*, Alessandria, Da' Torchi d'Ignazio Vimercati.

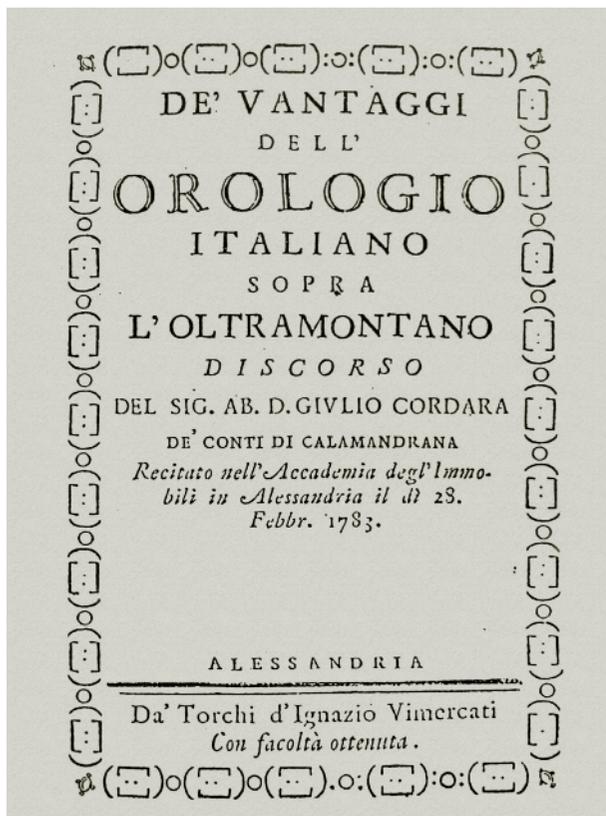


FIG. 9. Frontespizio dell'operetta, dell'abate Giulio Cesare Cordara de' Conti di Calamandrana del 1783, tendente a dimostrare la validità e superiorità dell'ora italiana su quella francese.

per evitare la troppa prolissità, se ne dividono i segni a dodici, ed anche a sei per volta. Gli Oltramontani al contrario, dividono in certo modo il giorno in due metà. Cominciano a contare dal punto della mezza notte, e non passan le dodici, che si chiamano le ore della mattina. E poi tornan da capo a contare le altre dodici, dal punto del mezzo giorno, sino all'altra mezza notte, e queste si chiamano le ore della sera. E come le contano, così ancora le segnano nel quadrante del loro Orologio. Essi avranno senza dubbio delle buone ragioni per far così. Concedendo agli Oltramontani, che la loro maniera sia più ingegnosa, e più esatta, m'impegno di farvi toccare con mano, che la nostra primieramente è più naturale, e più semplice, e che per conseguenza l'Orologio nostro è più facile a capirsi, e più facile a regolarsi.

Che la maniera nostra di contar le ore cominciando dal tramontare del Sole sia più naturale, e più semplice, gli Oltramontani stessi l'accordano. E come potrebbero mai negarlo? Se il giorno naturale, che comprende anche la notte, altro non è, che quello spazio di tempo che mette il Sole in fare un giro intorno al suo asse, egli è in sostanza in circolo di tempo che corre col giro apparente del Sole, ma che sempre torna in se stesso, e da se stesso non ha né principio, né fine. È dunque cosa arbitraria il voler fissare in questo diurno circolo un punto di tempo, che possa dirsene il principio, e perciò vediamo, che le nazioni si son divise in pareri diversi, altre mettendolo al nascere, altre al tramontare del Sole, altre al mezzodì, altre alla mezza notte; se non che tutte devono di necessità convenire, che non comincia un giorno, che dove l'altro finisce. Ora in questa varietà di pareri sembra, che la natura medesima si sia dichiarata in favore del sistema no-

stro Italiano, che mette il fine d'un giorno, e il principio d'un altro al tramontare del Sole, per esser questo un punto sensibilissimo a tutto il genere umano, punto di divisione fra la luce, e le tenebre, che chiama gli uomini dalla fatica al riposo, che intima à bruti il ritiro ne' loro covili, che impone a tutta la terra un profondo silenzio, che finalmente porta seco un cambiamento universale di cose su la superficie dell'Emisfero, tanto che il Sole medesimo, nell'atto di nascondersi, par che dica, che in quel punto finisce un giorno, e ne comincia un altro.

Ma è forse così il sistema oltramontano, che mette per principio del giorno il punto di mezza notte? È credibile e naturale, che si passi da un giorno ad un altro, senza averne alcun indizio? Senza che alcuno se ne accorga? E che il mattino cominci a Mezzanotte? E che a Mezzogiorno cominci la sera? Paradossi ci sembrerebbero questi, se valenti astronomi non ce ne facessero sicurtà.

[...] E dunque sostengo, che la maniera nostra di terminare il giorno al tramontare del Sole, e di contare tutte seguitamente le ore da un tramontare ad un altro, è molto più naturale, e più semplice, che non è quella degli Oltramontani. Io conto per un vantaggio molto considerabile del nostro Orologio, perciocché vedo seguirne primieramente, ch'egli sia molto più facile a comprendersi.

Infatti, fingete un Indiano che non abbia mai visto Orologio d'alcuna sorte, e dategli in mano una mostra montata all'Italiana. Sol ch'egli abbia tanta capacità di conoscere quando tramonta il Sole (e basta avere occhi), e sappia contare seguitamente da uno sino a ventiquattro, egli ne ha già compresa tutta la teoria, e tutto l'uso, per tutti i giorni, e tutte le stagioni dell'anno. Ogni volta che vi getta sopra un'occhiata, sa quante ore son già passate dal principio del giorno, e quante ne restano sino al fine. Dategli un'altra montata all'Oltramontana, non so se così facilmente gli darete ad intendere quei due punti fissi del mezzo giorno e della mezza notte, che sono indiscernibili al senso, e pure sono regolatori di tutte le ore, che desidera di sapere. Non so, se arriverà mai a capire che quando si fa notte, allora abbiamo le sei, o le sette della sera, come succede d'estate, e quando spunta il Sole abbiamo già le 6 o le 7 della mattina come succede d'inverno. Non so, se vorrà mai entrargli in capo, come le sette della mattina possano venire di notte scura, e le sette della sera possano venire di giorno chiaro. Certo egli deve deporre tutte le antiche idee del mattino, e della sera, che avea succhiate col latte, e sostituirvene delle altre molto diverse; il ché non è facile da ottenersi.

Facciamo ora una ipotesi. Se il mio Orologio come spesso succede corre troppo o va adagio, guardando al tramontare del Sole, con somma facilità mi assicuro di farlo andare a dovere. Ecco dunque un vantaggio innegabile, e molto considerabile del nostro orologio sopra l'Oltramontano. L'Oltramontano, per ben regolarlo, ha bisogno d'un altro Orologio (almeno del Solare), il quale non da per tutto si trova, né sempre va bene. Il nostro non ha bisogno che del Sole, che si trova da per tutto, e non fallisce mai.

[...] La maggior parte degli uomini, Signori miei, se farete bene i conti, sono gente che campa colle sue fatiche, Artigiani, Contadini, e simili. Or siate pur certi, che costoro non si curano niente di sapere il punto del mezzo giorno, né quello della mezzanotte. Di giorno travagliano, di notte dormono. Né tantopoco sono molto solleciti

dell'ora del pranzo e della cena. Mangiano quando hanno fame. L'unica loro premura è di finire i lor lavori prima di notte, perché di notte non si ponno far più. Stanno perciò attenti, massime sul declinare del giorno, alla campana del Pubblico orologio per sapere quanto rimane di giorno chiaro, e quando sentono le 20, le 22, si danno fretta, e prendono le lor misure per finire a tempo. Né nelle loro misure, qualunque sia la stagione, sian lunghi i giorni, o sian corti, ponno mai ingannarsi, poiché dalle 20 alle 24, corre sempre lo stesso spazio. Ma non è così, se l'Orologio suona all'Oltromontana. In tal caso, essendo tanto più lunghi i giorni d'Estate che quei d'Inverno, la distanza dal mezzo giorno alla notte è anche maggiore, e di man in mano che si passa d'una in un'altra stagione, la distanza si fa sempre diversa, così che i poveri Artigiani, e Contadini, quando sentono i quattro, i cinque botti, bisogna sempre che facciano un calcolo di addizione o sottrazione, per indovinare quanto ancora rimane di giorno, e difficilmente lo possono accertare.

Quello che dico degli Artigiani, e degli uomini di campagna, ditelo a proporzione di tutti gli uomini laboriosi, di tutti quelli, che vivono con giusto metodo, e sul far della notte, o per necessità o per genio, vogliono trovarsi a casa, e che pur fanno una gran parte del mondo. Qualunque siasi Galantuomo, che dopo aver sbrigato i suoi affari, vuol prendere qualche respiro nel dopo pranzo, con fare una passeggiata all'aperto, deve servirsi dell'Orologio Italiano. Se un paio d'ore gli basta, il tocco delle 22 è il suo punto fisso ed invariabile per uscire di casa, tanto d'Estate, come d'Inverno, e non si altera mai. Ma se l'Orologio va all'Oltromontana, collo scortarsi o allungarsi de' giorni, conviene che muti ora ogni giorno, e faccia sempre de' conti per tornare a casa prima di notte.

Molto più necessario è l'Italiano per tutti i viandanti che vogliono viaggiare sinché ci si vede, ed arrivare alla

città prima che si chiudano le Porte. Molto più a' Religiosi, che si devono trovare in Convento prima di notte. Molto più ai Soldati, che prima di notte si devono trovare al quartiere. Molto più a Muratori, ed altri simili Artigiani, che non possono lavorare al lume di candela, né al lume di Luna.

Insomma, io stabilisco per base fondamentale, che come tutte le azioni della vita devono aver riguardo alla morte, così tutte le operazioni del giorno devono aver riguardo alla notte. Infatti, come colla morte finiscono le azioni tutte della vita, così colla notte finiscono tutte le operazioni del giorno.

Niuno per conseguenza potrà negarmi, che l'Orologio nostro non sia più facile a capirsi, più facile a regularsi, e per la maggior parte degli uomini più usuale, più comodo, più necessario. Che è quello, che ho preteso di dimostrarvi.

Dunque, per concludere, la modifica oraria dell'ora legale la quale sembra di prossima cancellazione, rappresenta ben poca cosa di quanto a fine Settecento è stato il cambio tra ora italiana ed ora francese e della metamorfosi che allora comportò quell'operazione, sicuramente non indolore. L'ora italiana era certamente stata concepita più a misura d'uomo dell'altra, ma senz'altro non era e non sarebbe stata valida per i secoli successivi. Oggi un sistema del genere sarebbe assolutamente impensabile, viste le concatenazioni che il vivere quotidiano ci impone.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Per una descrizione sul passaggio tra ora italiana ed ora francese a Bologna, vedi GIOVANNI PALTRINIERI, *1796 a Bologna: dall'Ora Italiana all'Ora Francese*, anno LII, 2002, e IDEM, *La misura del tempo a Bologna dal 1860 ad oggi*, anno LIII, 2003, entrambi in «Strenna Storica Bolognese», Comitato per Bologna Storica e Artistica.

---

**Giovanni Paltrinieri**, gnomonista e studioso bolognese della misura del tempo. Autore di innumerevoli strumenti solari di varie dimensioni e caratteristiche, tra cui quelli di Gal Hassin ad Isnello (PA). Numerose sono le sue pubblicazioni. Il suo sito è: [www.lineameridiana.com](http://www.lineameridiana.com).

# Le “mire” del meridiano dell’Osservatorio Astronomico del Collegio Romano

## La “mira ritrovata” di Villa Medici

Bruno Leoni · Bruno Caracciolo

Roma Sotterranea · Speleologia per l’Archeologia

### La *mira* ritrovata

DURANTE un’apertura straordinaria al pubblico dei giardini di Villa Medici a Roma, nell’aprile 2019, è stata notata, quasi per caso, incastonata sul muro di recinzione che delimita la villa a nordovest, una targa (FIGG. 1 e 2) con la dicitura:

MIRA MERIDIANA  
DELLA SPECOLA PONTIFICIA  
DEL COLLEGIO ROMANO  
ANNO 1822

Il ritrovamento di questa *mira*, posizionata quasi quarant’anni prima di quella che padre Secchi collocò nel 1860 al Pincio, può ritenersi tanto impreveduto quanto singolare poiché non sembra esservene traccia in letteratura.

La “*mira*” è un riscontro posto a grande distanza a nord o a sud di uno strumento meridiano (cioè in grado di ruotare solamente intorno all’asse est-ovest e quindi di compiere osservazioni esclusivamente lungo il meridiano locale) per facilitare la sua rettifica in azimut cioè l’allineamento del piano di rotazione con il meridiano locale.

La posizione e la datazione della *mira* portano, già da una prima valutazione, ad escludere che possa trattarsi di un duplicato di quella del Pincio: quest’ultima, infatti, è riferita all’osservatorio situato sulla chiesa di Sant’Ignazio che non esisteva ancora nel 1822, quando l’osservatorio era ancora situato sulla Torre Calandrelli, poco distante ma su un altro meridiano.

Per verificare quanto ipotizzato, il primo e indispensabile passo è stato quello di rilevare al meglio le coordinate delle due mire, in particolare le longitudini, e confrontarle con quelle degli osservatori. L’operazione, eseguita tramite GPS e Google Earth, ove non disponibili dati ufficiali, ha portato i seguenti risultati:

1. Osservatorio ellittico del Collegio Romano - 1853:	12,48002° E
2. Torre Calandrelli - 1787:	12,48076° E
3. Mira Secchi al Pincio - 1860 (dato ufficiale):	12,48000° E
4. Mira di Villa Medici - 1822:	12,48080° E

Tenuto conto delle tolleranze degli strumenti usati, la corrispondenza della longitudine in posizione



FIG. 1. La mira murata sulla parete di recinzione NO dei giardini di Villa Medici a Roma. (Bruno Leoni - BL 2019)



FIG. 2. Dettaglio della mira di Villa Medici. (BL 2019)

4 con la 2, così come quella in posizione 3 con la 1, conferma che la mira fu posizionata per essere



FIG. 3. La Torre Calandrelli vista dal cortile interno del Collegio Romano. (BL 2019)

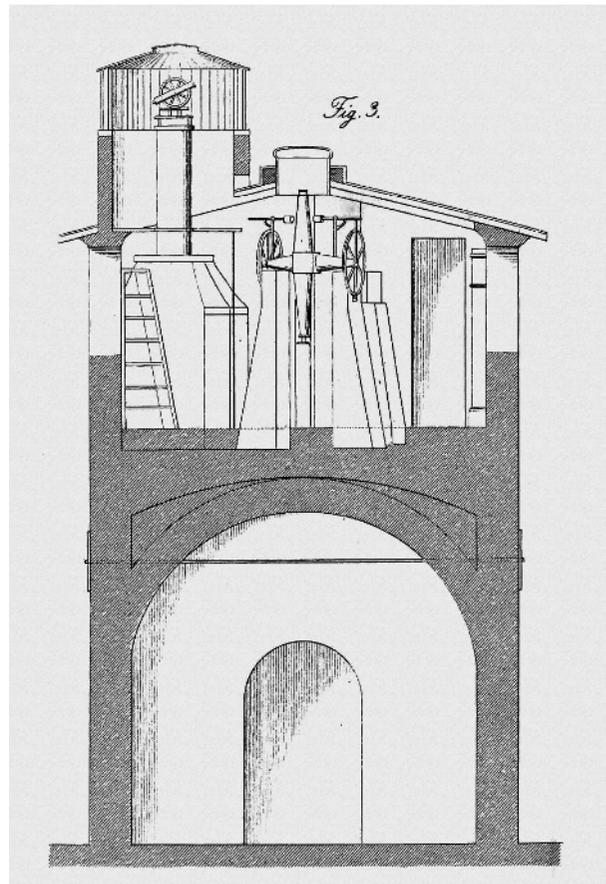


FIG. 4. La disposizione degli strumenti ripristinati da Secchi nella Torre Calandrelli. (ANGELO SECCHI-AS 1850)

utilizzata dal vecchio osservatorio sulla Torre Calandrelli.<sup>1</sup>

Accertate le corrispondenze tra specole e mire sono stati analizzati gli eventi in successione temporale per spiegare quando e in che modo si sono perdute le tracce della mira di Villa Medici.

## Cronologia

1. 1534: istituzione del Collegio Romano da parte di Ignazio di Loyola allo scopo di coprire tutto l'arco scolastico, dagli studi elementari a quelli universitari. La sede definitiva fu costruita tra il 1582 e il 1584 sulla piazza omonima per volontà di papa Gregorio XIII.
2. 1744: padre Boscovich propone di realizzare un osservatorio alla sinistra della facciata di Sant'Ignazio o sopra la chiesa stessa, ma il progetto non ha seguito.
3. 1773: soppressione della Compagnia di Gesù e affidamento del Collegio al clero secolare.
4. 1787: Giuseppe Calandrelli realizza il primo Osservatorio Pontificio del Collegio Romano su

<sup>1</sup> La differenza delle longitudini tra i due osservatori è di circa  $0,00078^\circ$  che corrisponde, alla latitudine di  $42^\circ$ , a 65 m. Lo scarto massimo tra le varie misurazioni è stato di  $0,00005^\circ$ , corrispondenti a 4 m, pari al 6,4%.

una torre di 67 m che prende il suo nome (FIG. 3), edificata grazie al cardinal Zelada che si fa carico anche dell'acquisto di alcuni strumenti.

5. 1804: papa Pio VII acquista alcuni strumenti per l'osservatorio tra cui uno «Strumento dei Passaggi di Reichenbach».
6. 1822: viene posizionata la Mira sul lato interno del muro di recinzione nordovest dei giardini di Villa Medici.
7. 1824: restituzione del Collegio, della chiesa di Sant'Ignazio e dell'Osservatorio alla ricostituita (1814) Compagnia di Gesù. Padre Etienne Dumouchel viene nominato direttore. Padre Calandrelli non accetta di rimanere all'osservatorio e si ritira insieme ai colleghi portando via i suoi strumenti.
8. 1839: padre Francesco De Vico succede a Dumouchel come direttore
9. 1842: il Padre Generale Jan Roothaan dona all'osservatorio il «Circolo Meridiano di Ertel».
10. 1848/49: proclamazione della Repubblica Romana; dispersione dei Gesuiti. De Vico, prudentemente, rimuove dall'Osservatorio gli strumenti acquistati dalla Compagnia.
11. 1850: ritorno dei Gesuiti. A causa dell'improvviso decesso di padre De Vico, padre Secchi assume il ruolo di direttore e risistema gli strumenti nella specola sulla Torre (la disposizione finale è illustrata in FIG. 4).

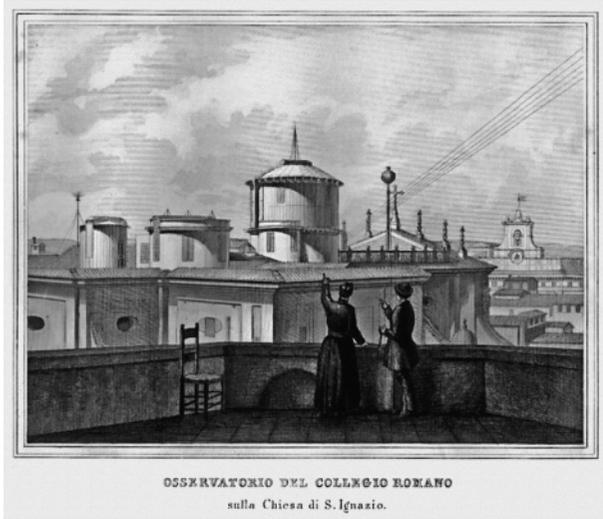


FIG. 5. Il nuovo Osservatorio del Collegio Romano visto dal terrazzo mediano della Torre Calandrelli in un disegno d'epoca. Al centro è visibile la grande cupola ove è alloggiato l'equatoriale di Merz, lo strumento principale dell'Osservatorio. Più a sinistra è la Sala del Meridiano, ellittica, che accoglie il Circolo Meridiano di Ertel, donato nel 1842 dal padre Generale Roothaan.

12. 1853: una corretta installazione degli strumenti di precisione necessita di una struttura di appoggio estremamente robusta e massiccia, insensibile ad assestamenti e vibrazioni. La Torre Calandrelli non soddisfa pienamente queste caratteristiche e padre Secchi, col benestare del Padre Generale Jan Roothaan, riprende il progetto di padre Boscovich, adeguato alle novità tecnologiche del tempo, e realizza un nuovo osservatorio sui possenti pilastri già esistenti nella chiesa di Sant'Ignazio, progettati per sorreggere una cupola di 17 m di diametro che non fu però mai realizzata (FIG. 5).
13. 1860: la diversa longitudine del nuovo osservatorio rende inutilizzabili le vecchie mire. Padre Secchi posiziona quindi una nuova mira sul colle del Pincio, monumentalizzata nel 1879 con l'aggiunta del busto dell'illustre astronomo (FIG. 6).

## Conclusioni

Nelle sue memorie del 1850, padre Secchi ci lascia una preziosa testimonianza relativamente alle mire. Scrive infatti che

Per rettificare il Circolo Meridiano in azimut [...] si fa uso di due mire collocate nel meridiano a sufficiente distanza. [Una è situata sul recinto di un orto adiacente alla chiesa di Santa Sabina all'Aventino,] costruita già dagli antichi astronomi del Collegio Romano, e rifatta poscia dal P. de Vico [FIG. 7] [e un'altra mira] non fatta espressamente per ciò, ma che ci serve a meraviglia bene, corrisponde sulla passeggiata del Pincio ad una commessura di due grossi pezzi di travertino che coprono il parapetto della salita laterale dei pedoni sotto villa Medici.



FIG. 6. La mira collocata nel 1860 da Secchi al Pincio, monumentalizzata nel 1879 con l'aggiunta del busto dell'astronomo. (BL 2019)

La mira dell'Aventino, oggi non più individuabile neppure a fronte di accurate indagini svolte in loco dagli autori, era quindi in uso già da molto prima che il De Vico la restaurasse: certamente da prima del ritorno del Collegio nelle mani dei Gesuiti nel 1824 e probabilmente fin dall'installazione dello «Strumento dei Passaggi di Reichenbach» subito dopo il 1804.

Invece, il fatto che padre Secchi utilizzi per il lato nord una mira di fortuna (tuttora visibile: vedi FIG. 8) indica che non conosceva l'esistenza di quella di Villa Medici, posizionata solo due anni prima del ritorno del Gesuiti all'Osservatorio.

Ciò si spiega immaginando che, nel sofferto cambio di gestione dell'Osservatorio, nel 1824 padre Calandrelli, oltre a portar via i suoi strumenti, ne abbia deliberatamente taciuto l'esistenza.

La "ritrovata" mira di Villa Medici sarebbe stata, quindi, utilizzata solo per un paio di anni e poi dimenticata. La sua posizione defilata per di più in un luogo ad accesso ristretto ha contribuito a tenerla nascosta fino ad oggi per quasi duecento anni.

## Ringraziamenti

Si ringrazia Arthur Godard e l'Accademia di Francia a Roma-Villa Medici per l'autorizzazione ad effettuare e pubblicare le foto della mira.

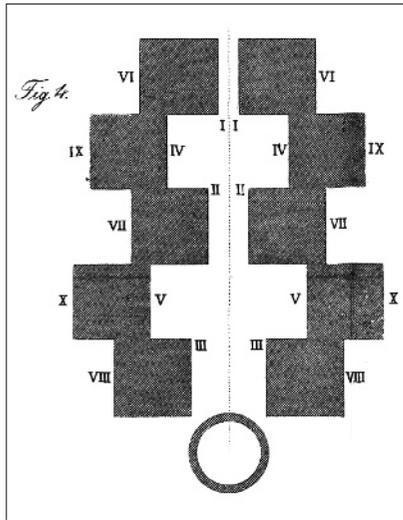


FIG. 7. La geometria della mira che fu posizionata sul recinto della Basilica di Santa Sabina all'Aventino, oggi scomparsa. (AS 1850)



FIG. 8. La commessura tra i due travertini sul parapetto della salita pedonale al Pincio, utilizzata da padre Secchi come mira lato nord. (BL 2019)

## Referenze bibliografiche

- A. SECCHI, *Memorie dell'Osservatorio dell'Università Gregoriana in Collegio Romano Anno 1850*, Roma, Tip. delle Belle arti, aprile 1851 (<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=chi.092052718;view=1up;seq=7>, contatto dic. 2019)
- A. SECCHI: *L'Osservatorio astronomico del Collegio Romano*, «Le scienze e le arti sotto il Pontificato di Pio IX», Roma, Stabilimento tipografico di G. Aurelj, 1863-1865.
- R. LAY: *La mira del meridiano dell'Osservatorio Astronomico del Collegio Romano*, in *Meridiani e Longitudini a Roma*, catalogo della mostra a cura di Costantino Sigismondi, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Facoltà di Lettere e Filosofia, Dipartimento di Geografia Umana, Roma, 2006. pp. 135-144.
- I. CHINNICI, M. GARGANO, *Tra Cielo e Terra – L'avventura scientifica di Angelo Secchi*, Mostra nel bicentenario della nascita 1818-2018, <https://tracieloeterra.bicentenarioangelosecchi.it> (contatto dic. 2019).

**Bruno Leoni**, ingegnere, studioso di Roma, dove è nato nel 1950. Dal 1998 curatore unico del sito [www.isolatiberina.it](http://www.isolatiberina.it) e dal 2010 Socio Attivo dell'Associazione Roma Sotterranea. Autore di pubblicazioni su Roma Sparita e sui ponti del Tevere, ha svolto attività didattiche presso l'Iowa State University di Roma.

**Bruno Caracciolo**, romano, nato nel 1954, medico. Interessato al patrimonio storico e artistico di Roma, quello ipogeo in particolare, Socio Attivo dell'Associazione Roma Sotterranea dal 2005; gnomonista, ha tenuto conferenze e organizzato tour dedicati agli orologi solari di Roma.

# La meridiana di Temistocle Zona a Castiglione di Sicilia

Maria Luisa Tuscano

## Introduzione

**C**ASTIGLIONE di Sicilia è situato nel cuore del territorio dell'Alcantara, a 600 metri s.l.m. e a diciassette km di distanza dal cratere dell'Etna. L'altura su cui esso sorge non è, tuttavia, di natura vulcanica e rimane esclusa dalle colate laviche che defluiscono a valle.

Temistocle Zona, chiamato nel 1882 a costruirvi una meridiana a camera oscura così lo descrive:

[...] è un paese sicuro e solido ed una meridiana può farsi senza timore che i terremoti in breve possano guastarla. [ZONA 1882]

L'attenzione alla stabilità del luogo già evidenzia l'originaria formazione di Zona, ingegnere architetto, i cui studi nel campo della Geodesia lo porteranno in seno alla Reale Commissione geodetica.

La meridiana a camera oscura fu realizzata nella chiesa madre dei Ss. Pietro e Paolo, antico edificio con alcune vestigia normanne. Si ritiene necessario, prima di procedere alla sua descrizione, delineare la personalità del suo progettista e il contesto sociale in cui egli si mosse assumendo tale incarico.

## Temistocle Zona, astronomo e alpinista

È utile ricostruire il profilo biografico di Temistocle Zona incrociando i cenni necrologici scritti rispettivamente dal professore Filippo Angelitti e dal marchese Antonio De Gregorio. Collega astronomo il primo, geologo e compagno di avventure sportive il secondo, insieme permettono di cogliere il personaggio da due diverse angolazioni di lettura.

Temistocle Zona era di origine rovigina: nato a Porto Tolle il 7 maggio 1848, sin dalla gioventù aveva manifestato uno spirito vivo e intraprendente. Iscrittosi all'Università di Padova per conseguire la laurea di ingegnere architetto, il giovane Zona nel 1866 si era arruolato nell'esercito di Garibaldi per partecipare alla guerra d'indipendenza contro l'Austria e l'anno seguente aveva preso parte alla spedizione contro lo Stato pontificio combattendo da caporale nella battaglia di Mentana; fatto prigioniero dai francesi, era stato rimesso in libertà il 24 novembre 1867. Rientrato a Padova, Zona proseguì gli studi universitari, laureandosi il 19 gennaio 1870. Negli stessi anni iniziò a frequentare l'Osservatorio astronomico come assistente



FIG. 1. Temistocle Zona (Porto Tolle, 7 maggio 1848 - Palermo, 2 maggio 1910). [Cortesia: CAI, Palermo]

volontario, attività che manterrà dopo la laurea ancora per un anno.<sup>1</sup>

Negli anni seguenti Zona si dedicherà all'insegnamento negli istituti tecnici fino al 1880: per circa tre anni nella rinomata Regia Scuola mineraria di Caltanissetta, per un anno a Como e per altri due a Forlì.

La permanenza in Sicilia doveva essere stata gradita al Nostro, se accetterà di tornarvi nel 1880, su invito di Gaetano Cacciatore, allora direttore dell'Osservatorio astronomico di Palermo. Il riordino dell'organico dell'Istituto richiedeva due nuovi incarichi di 1° e 2° astronomo aggiunto. Conferito il primo ad Annibale Riccò, il secondo fu ricoperto da Temistocle Zona. Nel 1890, dopo la morte di Cacciatore e il trasferimento di Riccò alla direzione dell'Osservatorio astrofisico di Catania, Temistocle Zona sarà promosso 1° astronomo aggiunto e avrà

<sup>1</sup> L'Osservatorio di Padova era allora diretto dall'anziano Giovanni Santini e vi operavano tra gli altri Enrico Nestore Legnazzi, Giuseppe Lorenzoni e Antonio Abetti.

l'incarico di Direttore della Specola palermitana che manterrà fino al marzo del 1898.

L'impegno professionale di Zona, come già documentato (FODERÀ SERIO, CHINNICI 1997), non fu originariamente indirizzato alle ricerche di astrofisica avviate da Pietro Tacchini nell'Osservatorio di Palermo. Cacciatore destinò, infatti, il giovane rovigino ad attività sull'astronomia di posizione, campo osservativo in cui Zona concentrò la propria operatività anche durante gli anni della direzione dell'Istituto. Ciò concorse, purtroppo, a frenare l'impulso che l'Istituto aveva ricevuto negli anni Settanta dell'Ottocento verso i moderni percorsi della spettroscopia (I. CHINNICI 2007).

L'attività osservativa di Temistocle Zona fu, comunque, prolifica come testimonia il lungo elenco di pubblicazioni presente nei repertori professionali.<sup>2</sup> In particolare, il suo nome resta legato allo studio delle comete e all'individuazione della cometa 1890-IV che porterà il suo nome.

In campo accademico, dopo il conseguimento nel 1882 della libera docenza in Astronomia presso l'Università di Palermo, Zona fu incaricato nel 1885 dell'insegnamento della Geografia fisica, diventando nel 1900 professore straordinario nell'Ateneo palermitano. Nel 1909 gli fu attribuito il titolo di astronomo nell'Osservatorio palermitano che egli detenne, tuttavia, per meno di un anno, spegnendosi il 2 maggio 1910.

Di animo mite ma forte, scienziato eletto ma senza superbia, né uggioso sussiego, geniale compagno nelle gite, multiforme nell'eloquio; facile, bonario cogli umili, elevato ed erudito coi dotti. [DE GREGORIO 1898]

scriverà del Nostro sulla rivista del CAI Antonio De Gregorio.

Fondata nel 1877 dal principe Lanza di Scalea, la sezione palermitana del Club Alpino Italiano era stata punto d'incontro di intellettuali, appassionati all'escursionismo in montagna, tra cui anche figure dell'ambiente scientifico.<sup>3</sup> Dopo alcuni anni di vivace attività, la sezione non fu, però, più operativa.

Sotto l'impulso del senatore Paolo Liroy, nel 1881 fu organizzata una riunione in casa di Temistocle Zona e fu ricostituita la sezione sotto la presidenza dell'astronomo. È da notare che Zona era arrivato da poco a Palermo, ma il suo dinamismo e la sua socievolezza gli permisero di interagire positivamente con gli altri soci. Il suo impegno fu notevole nell'organizzare escursioni insieme al vicepresidente De Gregorio, in particolare nel 1889 sulla vetta Antenna, la più alta delle Madonie, e nel promuovere la costruzione del primo rifugio alpino siciliano sul monte Cuccio.

<sup>2</sup> Un elenco dettagliato delle pubblicazioni scientifiche di Zona è presente in *Ciel et Terre* (1922). Un ulteriore elenco è consultabile negli *Indici degli Atti Accademici (1755-1985) dell'Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti già Accademia del Buon Gusto di Palermo*.

<sup>3</sup> Pietro Tacchini, Gaetano Giorgio Gemmellaro, Francesco Saverio Cavallaro.

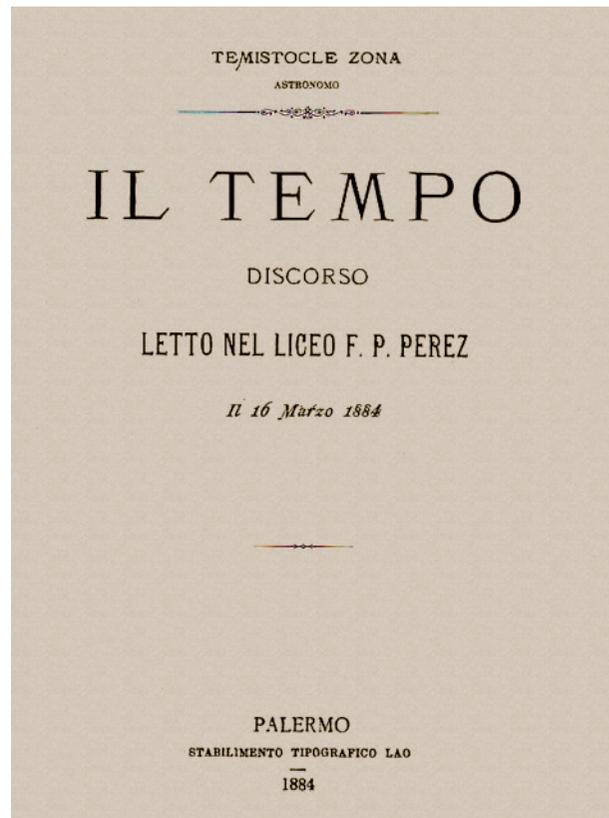


FIG. 2. Frontespizio de *Il Tempo* di T. Zona. [Cortesia: Biblioteca Comunale "Leonardo Sciascia" di Palermo]

Non lontano dal rifugio, nella valle del Paradiso, Zona si ritirava in una piccola casa per realizzare osservazioni notturne del cielo e, dopo la morte del figlio Casimiro, per rinfrancare lo spirito.

### L'impegno culturale e la misura del tempo

La geografia fisica, di cui fu docente, costituì un altro settore di studio del Nostro, che dedicherà molte risorse agli aspetti geodetici e geologici. Il suo entusiasmo per le escursioni naturalistiche fu spesso legato a questi suoi interessi.

Il calcolo negli anni Novanta delle latitudini di Catania e Palermo lo portò all'interno dell'annoso problema siciliano delle coordinate geografiche. A questo impegno, come si scriverà più avanti, egli era già pervenuto nel 1882 con l'accettazione dell'incarico per la meridiana a Castiglione di Sicilia.

I campi di interesse di Temistocle Zona furono, perciò, molteplici e improntati ad uno spirito naturalistico, non scevro di qualche riverbero illuministico. Egli ebbe, peraltro, un rapporto vivace con il contesto civile, grazie alla sua versatilità nella divulgazione scientifica che aveva modo di attuare attraverso conferenze e particolari iniziative.

In questo quadro si inserisce la sua peculiare attenzione alla misura del tempo, argomento che gli permise anche di esprimere la propria inclinazione alla didattica. Due documenti, in particolare, ne danno testimonianza.

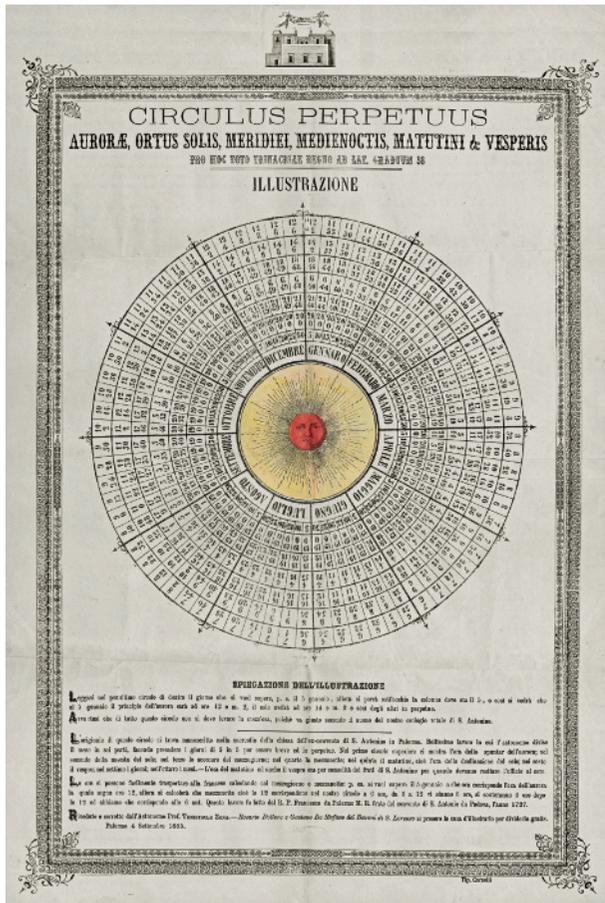


FIG. 3. *Circulus perpetuus*: il calendario perpetuo calcolato e disegnato nel 1727 da padre Francesco da Palermo. [Cortesia: INAF - Osservatorio Astronomico 'G.S. Vaiana' di Palermo]

Il primo consiste nella conferenza *Il Tempo*, che egli tenne il 16 marzo 1884 presso il Liceo 'F.P. Perez' di Palermo, di cui ci è pervenuto il testo dato alle stampe dall'Istituto. Lo sviluppo della relazione è quello classico, l'introduzione storica con riferimento all'evoluzione dei sistemi orari nonché ai diversi strumenti, orologi solari, clessidre, orologi idraulici e meccanici. L'esposizione è piana e include descrizioni visive, adatte all'auditorio giovanile.

Così egli introduce il confronto tra tempo medio e tempo vero:

[...] Il sole medio che si stabilì si fece muovere sull'equatore e con moto uniforme. I due soli, il vero ed il medio, non sono però slegati, ma fra loro passa la seguente relazione. Quando il sole vero è al perigeo, si immagina che, contemporaneamente a lui, parta dal perigeo e si muova uniformemente sull'ecclittica un sole fittizio. Quando questo primo sole fittizio giunge all'equinozio di primavera si immagina, che un secondo sole fittizio parta dall'equinozio contemporaneamente al primo, ma percorra con moto uniforme l'equatore, nel mentre che il primo cammina lungo l'ecclittica; questo secondo sole è il medio cioè quello che marca il tempo medio. Per distinguere i due tempi, quello marcato dal sole medio e quello marcato dal vero, si chiamarono tempo medio e tempo vero; la differenza tra i due tempi si chiamò equazione del tempo [ZONA 1884]

La conferenza di Zona è del febbraio del 1884, nel mese di ottobre dello stesso anno si terrà la Conferenza Internazionale di Washington. Il dibattito generale è rovente in questo periodo per la Convenzione da cui sarebbero poi scaturiti i fusi orari. In Italia vigeva l'Ora Nazionale riferita al meridiano romano, in Sicilia, invece, il riferimento era il meridiano di Palermo.<sup>4</sup>

Il discorso di Zona fa trapelare un coinvolgimento che non è soltanto professionale, ma dettato da una personale sensibilità all'impegno civile. Ed in questo senso prosegue:

[...] La vaporiera, il telegrafo, la scienza hanno rotto ogni confine di Stato, vogliono tutti gli abitatori fratelli. Il primo amplesso nel consorzio delle nazioni vuol darlo il tempo. Non si chiede più il tempo medio di un paese, non si chiede più il tempo medio della capitale del proprio Stato, si chiede un tempo medio comune a tutti i popoli della terra, si domanda il tempo medio universale. Che cosa vedranno i secoli futuri? Che cosa domanderà nel futuro il Gigante umano? Dove si andrà? [...]

È dell'anno successivo l'impegno di Zona come revisore e correttore del *Circulus Perpetuus*, calcolato e disegnato nel 1727 da P. Francesco da Palermo e conservato manoscritto nel Convento di S. Antonio di Palermo. Il circolo permetteva di ottenere, per la latitudine di 38°, gli orari del sorgere e del tramontare del Sole nonché quelli del mezzogiorno e della mezzanotte nel sistema all'italiana. Rosario Dottore e Gaetano Di Stefano dei Baroni di San Lorenzo ne avevano promosso la pubblicazione e la distribuzione gratuita. È questo un particolare marginale in senso storiografico che costituisce, tuttavia, una testimonianza della disponibilità di Zona verso il territorio e le sue tradizioni culturali, in un periodo in cui il rapporto con la misura del tempo era stato per l'astronomo particolarmente fattivo. Questi due episodi citati fanno seguito, infatti, al progetto della meridiana a Castiglione di Sicilia realizzata negli anni 1882-83.

### Il progetto della meridiana a Castiglione di Sicilia

Perché una meridiana monumentale a Castiglione di Sicilia, località suggestiva ma "isolata" tra le alture etnee? Per dare risposta a questa domanda occorre esaminare la situazione generale.

L'introduzione del tempo medio nazionale era stata un'affermazione sociale dell'Unità d'Italia, perché era nata dalle esigenze dei sistemi a rete nazionali, ferrovie, poste, telegrafi, osservatori meteorologici e astronomici.

In particolare, furono le strade ferrate di lunga percorrenza a collegare le diverse località dello Stato unitario. Lo sviluppo della rete ferroviaria nel

<sup>4</sup> Regio Decreto n. 3224 del 22 settembre 1866.

meridione ebbe tuttavia un impulso minore rispetto al settentrione. In Sicilia, a causa di un controverso avvicendamento delle società che si proposero per la realizzazione dell'opera, i lavori procedettero a rilento (GIUFFRIDA 1997). All'atto dell'entrata in vigore del tempo medio nazionale il corredo ferroviario siciliano era modesto, essendo soltanto già operativo il tratto ferroviario Palermo-Bagheria-Termini e in fase di completamento la linea Messina-Catania.<sup>5</sup> In queste condizioni, l'adozione dell'ora media di Roma non avrebbe portato alcun vantaggio e per questo motivo il Regio Decreto del 22 settembre 1866, che stabiliva l'introduzione del tempo medio nazionale, sanciva in deroga che la Sicilia dovesse adottare il tempo medio del meridiano di Palermo.<sup>6</sup>

Negli anni 1868-73, grazie anche all'intervento del generale Giacomo Medici, nominato prefetto di Palermo, furono completate diverse linee ferroviarie.

Negli anni Ottanta, inoltre, per le esigenze locali fu approvata la realizzazione di ferrovie a scartamento ridotto che richiedevano costi più contenuti.<sup>7</sup> In questo contesto, si delineò anche il progetto di una ferrovia per i Comuni etnei e alla fine del 1883 fu costituito un Consorzio per la costruzione e l'esercizio della ferrovia Circumetnea.<sup>8</sup>

Zona lavorò al progetto della meridiana tra il 1882 e il 1883 e la circostanza trova un suo logico collegamento con la presenza di Castiglione tra i Comuni che aderiranno al progetto della ferrovia.

Costruire una meridiana richiedeva la determinazione delle coordinate geografiche da indicare accanto allo strumento; realizzarla, inoltre, con l'analemma del tempo medio e i riferimenti alle longitudini di Palermo e di Roma significava offrire un servizio a un territorio in cui le nuove convenzioni orarie erano ancora motivo di perplessità.

L'iniziativa era, perciò, indirettamente probante per un intervento del Comune nella rete ferroviaria di cui era in discussione la nascita.<sup>9</sup> Tanto più perché Castiglione, che nel 1862 aveva rivendicato la

<sup>5</sup> Il tratto ferroviario Palermo-Bagheria era stato attivato il 28/4/1863, Bagheria-Trabia il 25/7/1864, Trabia-Termini Imerese il 26/2/1866. Sul versante ionico furono attivate la linea Messina-Giardini il 12/12/1866 e a completamento quella Giardini-Catania il 3/1/1867 (GIUFFRIDA 1997).

<sup>6</sup> In Sardegna, per lo stesso decreto, si adottò il tempo medio del meridiano di Cagliari.

<sup>7</sup> La prima collegò Palermo (S. Erasmo) con Corleone. Il 29 agosto 1881 il Governo approvò il Consorzio per la sua realizzazione. La linea fu totalmente fruibile a partire dal 16 agosto 1887 (*Ibidem*).

<sup>8</sup> Regio decreto del 31 dicembre 1883. Il Consorzio fu istituito tra la Provincia di Catania, la Camera di Commercio ed Arti di Catania, e i Comuni di Riposto, Giarre, Mascali, Piedimonte Etneo, Linguaglossa, Castiglione di Sicilia, Randazzo, Maletto, Bronte, Adernò, Biancavilla, Santa Maria di Licodia, Paternò, Belpasso, Misterbianco e Catania.

<sup>9</sup> Castiglione di Sicilia non fu, tuttavia, raggiunta inizialmente dalla linea ferroviaria, probabilmente per difficoltà di realizzazione. Nel 1932, a causa di una violenta eruzione dell'Etna, sarà decretata una variante della ferrovia per Castiglione, ma la sua gestione sarà breve per l'instabilità del territorio circostante.



FIG. 4. Castiglione di Sicilia, prospetto meridionale della chiesa dei Ss. Pietro e Paolo. [Cortesia: sig. Michele La Rosa]

propria identità chiedendo di denominarsi Castiglione di Sicilia,<sup>10</sup> viveva un periodo di forte crescita demografica.

Di tutto ciò doveva essere consapevole il committente della meridiana, don Vincenzo Giovanni Sardo Turcis, esponente di una colta famiglia nonché parroco della chiesa di San Pietro e Paolo; al quale dovette anche essere gradita l'idea di ricalcare gli illustri trascorsi delle altre meridiane siciliane a camera oscura, offrendo in più a Castiglione la priorità di possedere la prima a tempo medio in Sicilia.<sup>11</sup>

L'individuazione di Temistocle Zona per il progetto è probabilmente legata alla notorietà che egli andava acquisendo nel tessuto culturale siciliano grazie anche al suo impegno in seno al CAI.

## La Meridiana a camera oscura

La realizzazione della meridiana comportò la determinazione preliminare delle coordinate geografiche di Castiglione. Ciò avvenne nel mese di agosto 1882, tra il 7 e il 12, su una roccia sovrastante il paese; Zona fu aiutato dall'ingegnere Giuseppe La Monica, che fu poi il direttore dei lavori della meridiana. Abbiamo l'opportunità di conoscere tutte le fasi costruttive grazie alla memoria redatta dallo stesso Temistocle Zona.<sup>12</sup>

L'astronomo si avvalse di alcuni strumenti dell'Osservatorio di Palermo, tra cui un teodolite di Amici e un cronometro Wiffin, messo a confronto il giorno prima della partenza con il pendolo Mudge dell'Istituto. Zona trasportò con grande scrupolo il cronometro

<sup>10</sup> Deliberazione Consiglio Comunale del 28 luglio 1862; e Regio Decreto 1078 del 14 dicembre 1862.

<sup>11</sup> Erano già state realizzate le meridiane a camera oscura di Palermo, Messina, Catania, Acireale e Castoreale.

<sup>12</sup> T. ZONA (1883), *Coordinate geografiche e costruzione di una grande Meridiana a Tempo vero e medio*, in *Castiglione Etneo*, «Pubblicazioni del Real Osservatorio di Palermo». La relazione fu poi pubblicata sul «Giornale della Società di Scienze naturali ed economiche di Palermo», XVI, 1884, p. 13.



FIG. 5. Chiesa dei Ss. Pietro e Paolo, cappella in cui è realizzato il foro gnomonico. [Foto: M.L. Tusciano]



FIG. 6. Particolare della meridiana a camera oscura con il punto del solstizio d'estate. [Foto: M.L. Tusciano]

[...] durante il viaggio tutte le mie cure furono rivolte al cronometro; il viaggio si fece parte in mare, parte in ferrovia e parte in carrozza: in ferrovia il cronometro fu tenuto sospeso con cinghie e continuamente sorvegliato, in carrozza fu tenuto a mano ed i cavalli fatti procedere al passo. [...] [ZONA 1883]

Il 16 agosto, al rientro in Osservatorio, Zona ripeté il confronto rilevando una differenza di + 27,2 s, corrispondente a + 3,02 s/giorno, risultato che confermò la regolarità del cronometro. Egli fu invece deluso del teodolite di Amici.

[...] Se fui contentissimo del cronometro altrettanto non posso dire del teodolite; questo strumento sia per essere di costruzione antica ed avere l'asse verticale troppo alto, sia principalmente per essersi rallentati nelle scosse del viaggio di carrozza le morsette, non presentava i requisiti di stabilità e rigidità necessari, quindi i risultati ottenuti non furono tali quali potevano aspettarsi da uno strumento i nonii del quale permettono di leggere i 10": se però i risultati geodetici non furono tali quali si pote-

vano desiderare furono però sufficientemente esatti per lo scopo al quale erano. [Ibidem]

Il calcolo della longitudine fu ottenuto nei giorni 10, 11 e 12 agosto attraverso gli orari rilevati e corretti per distanze zenitali del Sole al primo verticale est e di Arturo. Nel confronto con la correzione oraria di Palermo ne risultò una differenza di longitudine di  $7^m 2,6^s$ , valore che l'astronomo arrotondò a  $7^m 3^s$ .

Per la determinazione della latitudine, durante le notti dell'11 e del 12, Zona misurò le distanze zenitali della Polare. Usando le formule per la riduzione al meridiano del professore Lorenzoni egli ottenne come risultato  $37^\circ 57' 53,3''$ , valore che fu portato a  $37^\circ 57' 50''$  tenuto conto che la chiesa dei Ss. Pietro e Paolo è qualche secondo più a sud rispetto alla rupe da cui erano state operate le osservazioni.

Zona procedette poi all'individuazione della parete utile per la costruzione del foro gnomonico:

[...] La Chiesa Madre di Castiglione, nella quale era stabilito che si dovesse fare la meridiana, consta di una navata centrale con due cappelle laterali all'altare maggiore.

Il muro meridionale della chiesa declina a levante di circa  $72^\circ$ . Non potendo stabilire il gnomone sul muro meridionale della navata per esservi allo stesso addossate delle fabbriche dovetti accontentarmi di scegliere la cappella meridionale e sul muro della stessa in fianco all'altare di S. Pietro e Paolo sopra una finestra stabilii il gnomone. Per rendere però stabile il gnomone si costruì sopra la finestra un arco di scarico (Ibidem).

L'ampiezza dell'alloggio dello gnomone fu calcolata in funzione dell'analemma che avrebbe dovuto accompagnare la linea meridiana, tenuto conto dello spessore di 67 cm del muro e delle esigenze di stabilità dello stesso. Zona vi collocò una piastra provvisoria di ottone con un foro di 1 cm di diametro

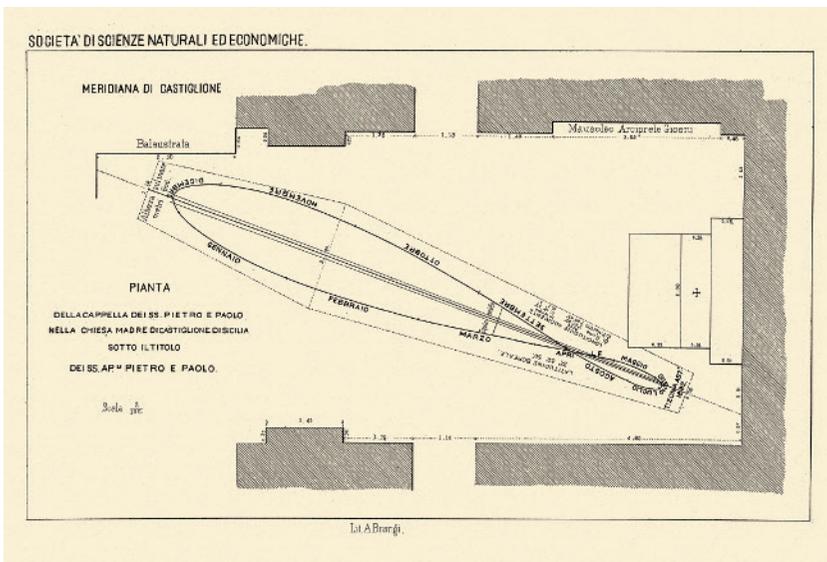


FIG. 7. Disegno in scala della meridiana nella relazione di Temistocle Zona. [Cortesia INAF - Osservatorio Astronomico 'G.S. Vaiana' di Palermo]



FIG. 8. Particolare della meridiana con la lemniscata del tempo medio. [Foto: M.L. Tuscano]

e, calcolata l'ora media locale della culminazione, rilevò graficamente i contorni dell'immagine solare che si formava sul pavimento della chiesa. L'operazione richiese rapidità di movimenti e fu effettuata nei giorni 13 e 14 agosto.

Con il compasso l'astronomo ottenne i centri delle due figure e determinò il punto medio delle loro distanze che fu il punto estivo della meridiana. Zona non ritenne di determinarne altri nello stesso periodo per la brevità delle ombre, ma dopo avere tracciato una linea meridiana provvisoria, rientrò a Palermo, ove fece realizzare lo gnomone definitivo e i due caposaldi in ottone.

L'astronomo ritornò a Castiglione per il tracciamento definitivo della meridiana il 21 dicembre, portando con sé solo il cronometro:

[...] Avrei dovuto ritornare in Castiglione con il cronometro e il teodolite e fare nuove determinazioni di tempo; questa laboriosa operazione specialmente d'inverno e sui fianchi dell'Etna mi fu risparmiata dalla gentilezza della direzione compartimentale dei telegrafi di Palermo la quale con squisita cortesia acconsentì a darmi la comunicazione diretta telegrafica tra l'ufficio telegrafico di Castiglione e l'osservatorio di Palermo, mercé tale gentilezza io non portai meco che il cronometro e da Castiglione potei prendere gli accordi telegrafici con Palermo per determinare la correzione dell'orologio.

Seguirono le operazioni di collocamento della piastra definitiva con foro gnomonico e del primo caposaldo, su cui Zona con il filo a piombo segnò accuratamente il piede dello gnomone. Tramite telegrafo egli ottenne la correzione del cronometro rispetto al meridiano di Palermo e con la differenza in longitudine e l'equazione del tempo poté risalire all'orario della culminazione del Sole su Castiglione. Fu pertanto possibile, nei giorni 23 e 25 dicem-



FIG. 9. Particolare della meridiana con le indicazioni delle coordinate geografiche. [Foto: M.L. Tuscano]

bre, individuare due punti della meridiana e misurarne il punto medio assunto come punto invernale, che unitamente a quello estivo precedentemente trovato e al piede dello gnomone permisero di tracciare tutta la linea meridiana con la collocazione del secondo caposaldo. Tra i due caposaldi fu teso un filo di seta.

L'altezza del foro gnomonico fu rilevata sia in agosto che in dicembre tramite fettuccia metrica misurata con un dublometro, costruito con metro campione. Il valore ricavato fu di 6,050 m rispetto alla superficie del caposaldo e di 6,040 m rispetto al pavimento circostante. Zona rientrò a Palermo e si dedicò al calcolo della curva del tempo medio. Per ottenere le coordinate dell'analemma egli preferì applicare le formule di Lorenzoni:

$$x = h \operatorname{tg}(L-\delta); y = h \operatorname{sec}(L-\delta) \operatorname{tg} \varepsilon \cos \delta$$

( $h$  = altezza dello gnomone,  $L$  = latitudine geografica,  $\delta$  = declinazione del Sole al mezzodì medio,  $\varepsilon$  = equazione del tempo a mezzodì medio).

Le coordinate dei punti dell'analemma furono ricavate prendendo come riferimento l'equazione del tempo del 1882, dato che i suoi valori erano prossimi a quelli medi della quaterna di anni solitamente utilizzata per questo fine e costituivano, al contempo, espressione dell'anno della costruzione della meridiana. I risultati dei calcoli furono comunicati da Zona all'ingegner La Monica per la costruzione della struttura marmorea della meridiana.

Le lastre di marmo usate, spesse 65 mm, furono adattate ad uno scavo di 0,5 m, in cui era stato creato uno strato di mattoni cementati con malta di calce ed arena vulcanica, ricoperto da ciotolini vulcanici ad effetto drenante e da malta grassa. La profondità dello scavo permise di costruire la meridiana sullo strato roccioso di fondo per garantirne la stabilità. Dopo la messa in posa delle lastre, grazie al filo di seta teso tra i caposaldi, fu tracciata e successivamente incisa la linea meridiana. Zona calcolò anche due linee divergenti per accogliere l'immagine solare, che furono incise ai lati della meridiana. Le

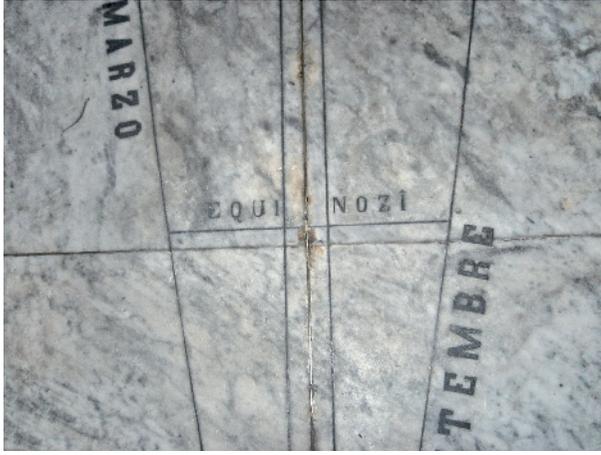


FIG. 10. Particolare della meridiana con il punto equinoziale. [Foto: M.L. Tuscano]

ultime fasi riguardarono l'incisione della curva del tempo medio e delle indicazioni delle coordinate geografiche di Castiglione: la latitudine e la longitudine, riferite sia a Palermo sia a Roma.<sup>13</sup>

## Conclusioni

La meridiana a camera oscura di Castiglione di Sicilia costituisce una testimonianza della tensione sociale esistente nel processo di ammodernamento siciliano sul finire del XIX secolo.

Dalla lettura dei documenti, tenuto conto della fisionomia umana e culturale di Temistocle Zona, si può dedurre che l'astronomo intendesse promuovere l'adozione del tempo nazionale, in una fase in cui era già visibile all'orizzonte la Convenzione mondiale sul tempo medio.

Un intento che troverà una risonanza nelle meridiane a tempo medio realizzate successivamente da A. Perini nel 1895 a Modica e da M. Bonfiglio nel 1913 a Caltanissetta quando, a seguito del Regio decreto

<sup>13</sup> Presso la tipografia Amenta di Palermo, nel 1883 furono pubblicate le *Tavole indicanti le Ore all'italiana e all'europea per l'Orologio a Tempo vero ed a Tempo medio per l'anno 1882 e per il meridiano di Castiglione di Sicilia*; la pubblicazione non porta indicazione dell'autore ma è ragionevole presumere che esse siano state calcolate da Zona per rendere più agevole la fruizione della meridiana.

10 agosto 1893, la realtà dei fusi orari sarà presente anche in Sicilia.

Si ringrazia per la concessione delle immagini la Direttrice della Biblioteca Comunale "Leonardo Sciascia" di Palermo e il Presidente del Club Alpino Italiano, sezione di Palermo, e anche per la cortese disponibilità durante l'indagine bibliografica la dott.ssa Donata Randazzo, Curatore dell'Archivio INAF - Osservatorio Astronomico 'G.S. Vaiana' di Palermo.

## Referenze bibliografiche

- M. ALBERGHINA, *I chierici vaganti di Gauss*, Catania, Giuseppe Maimone, 2002, p. 138.
- F. ANGELITTI, *Cenni necrologici di Temistocle Zona*, «Memorie degli Spettroscopisti Italiani», XXXIX, 1910.
- G. BELLINA, *Su alcune misure di tempo degli Iblei*, Ragusa, Assessorato PI Regione Siciliana e Provincia Regionale di Ragusa, 2002, pp. 58-62.
- I. CHINNICI, *Astronomi dal Veneto in Sicilia nella seconda metà dell'Ottocento*, in *Atti dell'VIII Seminario delle Scienze e delle Tecniche*, a cura M.C. Ghetti, Venezia, 2007.
- A. COLLARD, *Thémistocle Zona*, in *Biographie, Silhouettes d'Astronomes contemporaines*, «Ciel et Terre», Bruxelles, 1922, pp. 283-288.
- A. DE GREGORIO, *Temistocle Zona*, «Rivista del Club Alpino Italiano», XXIX, n. 7, Torino, 1910, p. 222.
- G. FODERÀ SERIO, I. CHINNICI, *L'Osservatorio Astronomico di Palermo*, Palermo, Flaccovio Editore, 1997.
- G. FODERÀ SERIO, D. RANDAZZO, *Astronomi italiani dall'Unità d'Italia ai nostri giorni: un primo elenco*, Società Astronomica Italiana Editore, Firenze, 1997.
- R. GIUFFRIDA, *Lo Stato e le Ferrovie in Sicilia (1860-1895)*, Caltanissetta, Salvatore Sciascia Editore, 1967.
- M.L. TUSCANO, *L'evoluzione dei sistemi orari nelle meridiane a camera oscura di Sicilia*, in *Atti del XXXIII Congresso Nazionale SISFA*, a cura di L. Fregonese e I. Gambaro, Pavia University Press, Pavia 2016.
- M.L. TUSCANO, *Le iniziative del rodigino Temistocle Zona relative alla misura del tempo in Sicilia*, in *XXI Seminario nazionale di Gnomonica*, Valdobbiadene, 2017.
- T. ZONA, *Coordinate geografiche e costruzione di una grande Meridiana a Tempo vero e medio*, «Pubblicazioni del Real Osservatorio di Palermo», Palermo, Tipografia di M. Amenta, 1883.
- T. ZONA, *Il Tempo*, Palermo, Stabilimento Tipografico Lao, 1884.

**Tuscano Maria Luisa**, laureata in Biologia, studia da molti anni argomenti di astronomia culturale attinenti alla misura del tempo e progetta orologi solari. Docente titolare di Scienze naturali nella Scuola superiore fino al 2002 e docente a contratto di Laboratorio di Geografia fisica e Astronomia nella sss dell'Università di Palermo, ha sviluppato dei progetti didattici a carattere astronomico. Socia trentennale della SAIT e per alcuni anni associata INAF, ha collaborato con l'Osservatorio Astronomico di Palermo. È autrice di numerose pubblicazioni, alcune inserite negli Atti dei Convegni delle società SISFA e SAIT, cui è iscritta, nonché dei Seminari nazionali di gnomonica.

# L'arte di competere con l'infinito e il tentativo di superarlo

Francesco Violi<sup>1</sup> · Caterina de Santis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Liceo Scientifico, Gioiosa Ionica (RC)

<sup>2</sup> Istituto Statale Secondario Superiore "Teodosio Rossi", Priverno (LT)

QUESTO lavoro nasce da una riflessione sulle tematiche trattate nella Scuola estiva di astronomia di Stilo 2019. Può costituire uno spunto per un colloquio di esame di fine ciclo per il Liceo Scientifico oppure come unità didattica multidisciplinare avente come filo conduttore l'"infinito". Le discipline trattate sono solo tre: matematica, arte, e fisica, ma altre potrebbero essere aggiunte comunque da parte dei docenti, se si ricollegano ai temi trattati. Gli esempi sul tema sono innumerevoli, noi ne abbiamo scelti alcuni, rimanendo sostanzialmente all'interno dei programmi curriculari del triennio. Per ciò che riguarda la matematica, il programma dell'ultimo anno delle scuole superiori è incentrato in gran parte sull'analisi infinitesimale, cioè sullo studio delle funzioni di una variabile. In tale ambito i concetti di "zero" e "infinito" giocano un ruolo fondamentale e ricorrono molte volte, in particolare nei limiti di funzione, nelle successioni e nelle serie numeriche. Ma l'infinito ha spesso ispirato artisti, scrittori, poeti e filosofi che in esso hanno trovato un alone di mistero, inteso come limite alla conoscenza umana. Tra le scienze esatte anche la fisica tratta grandezze con quantità estremamente grandi, se paragonate a quelle con cui abbiamo a che fare quotidianamente, ma pur sempre finite, cioè che possono essere espresse da numeri.

## L'infinito "matematico"

L'infinito è ciò che assume valore troppo grande per essere espresso con un numero. In molti casi, l'infinito è intimamente legato al suo antagonista, lo zero che invece è un numero, in qualsiasi ambito lo si consideri.

In matematica si risolve "l'infinito" con un "limite". Il limite non assume il significato di una barriera oltre la quale non si può andare, come l'etimologia lascia intendere, ma è un calcolo, un modo di risolvere il problema, un calcolo che dà come risultato  $\infty$ , che non è un numero. Ovviamente, sono diverse le espressioni matematiche che sottoposte al limite danno questo risultato: ad esempio, quando l'espressione è una frazione in cui il divisore tende a zero mentre il dividendo no.

Altri aspetti del concetto di infinito sono legati alle serie numeriche, alle curve aperte come le spirali,

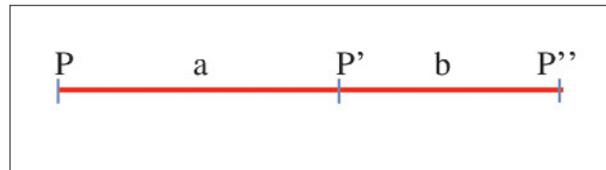


FIG. 1. Sezione aurea.

ai frattali, ma anche al ripetersi di eventi di fenomeni periodici.

### Esempio 1: successione di Fibonacci

Leonardo Pisano detto il Fibonacci (ca. 1170/75 - ca. 1235/42) è stato un matematico nato a Pisa intorno al 1170, era un commerciante e col padre fece molti viaggi in oriente, apprese e divulgò in occidente i numeri arabi e le tecniche di calcolo. Pubblicò varie opere, la più famosa delle quali è stato il *Liber abaci*, intorno al 1202. È famoso soprattutto per la successione numerica che prende nome da lui ed è definita dalla sequenza:

$$F_0 = 0; F_1 = 1; \dots, F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \quad (1)$$

(per ogni  $n > 1$ , intero),

che dà origine a: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ..., cioè una sequenza infinita di numeri, che ha molte proprietà, ad esempio il numero:

$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_n}{F_{n-1}} = 1,6180339\dots \quad (2)$$

Dove  $\varphi$  è la sezione aurea, equivalente al rapporto tra le due sezioni di un segmento (FIG. 1) divise in modo tale che:

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi. \quad (3)$$

La sezione aurea, perciò, è un numero irrazionale come  $\pi$ , o  $\sqrt{2}$ , quindi un numero con una sequenza disordinata e infinita di cifre decimali, che la (2) approssima con il rapporto tra i due termini della successione di Fibonacci per  $n$  molto grande. Le cifre decimali hanno un valore rapidamente decrescente man mano che ci si allontana dalla parte intera, ma all'infinità del loro numero si contrappone il loro valore che tende rapidamente a zero, in una sorta di interdipendenza tra i due estremi.

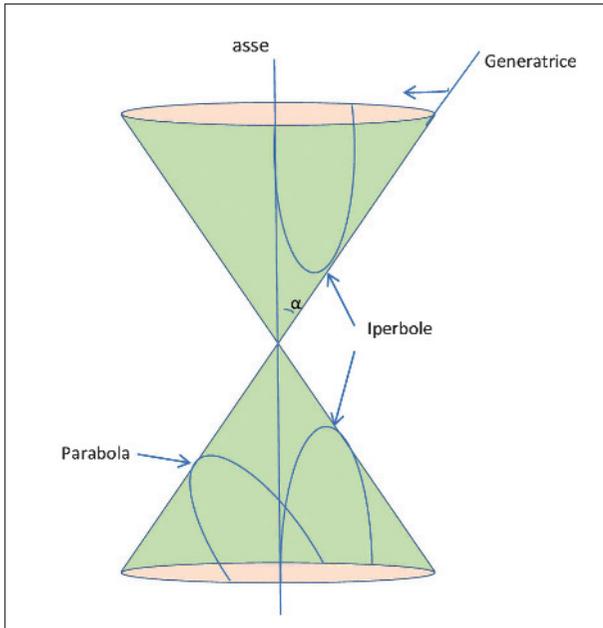


FIG. 2. L'intersezione di piani (non disegnati) con doppio cono produce, come contorno, curve dette coniche.

Inoltre, al crescere di  $n$  il rapporto  $F_n/F_{n-1}$ , che non è un numero irrazionale ma al più periodico, tende al numero irrazionale  $\varphi$ , cioè tende rapidamente a zero il valore assoluto della differenza:

$$\left| \frac{F_n}{F_{n-1}} - \varphi \right|. \quad (4)$$

In particolare, tra l' $n$ -esimo rapporto e il suo successivo, si riduce di 2,6180... volte ( $n > 12$ ). Si può osservare come la parte decimale è la stessa del numero aureo!

Il motivo per cui la differenza (4) è stata considerata in valore assoluto è dovuto al fatto che il rapporto di Fibonacci genera una serie numeri discreti che sono alternativamente poco più grandi e poco più piccoli di  $\varphi$ , in una sorta di oscillazione smorzata intorno al valore di  $\varphi$  al crescere di  $n$ . Le proprietà del numero aureo  $\varphi$  erano note fin da epoche precedenti a Leonardo Fibonacci, e molti artisti o architetti del passato si sono ispirati al numero "magico" per realizzare le loro opere. Il legame tra la successione di Fibonacci e la sezione aurea pare, invece, che sia stato individuato da Keplero.

#### Esempio 2: le coniche

Le coniche sono le sezioni nello spazio di un cono doppio, generato da una retta che ruota intorno ad un asse fisso, mantenendo un'inclinazione  $\alpha$  costante incernierata in un suo punto, con un piano che può assumere diverse inclinazioni con la sola condizione che non passi per i vertici (coincidenti) dei due coni (FIG. 2).

Se il piano secante è parallelo all'asse forma i due rami di un'iperbole, se è inclinato di un angolo pari ad  $\alpha$  forma una parabola. Se ha un'inclinazione  $> \alpha$

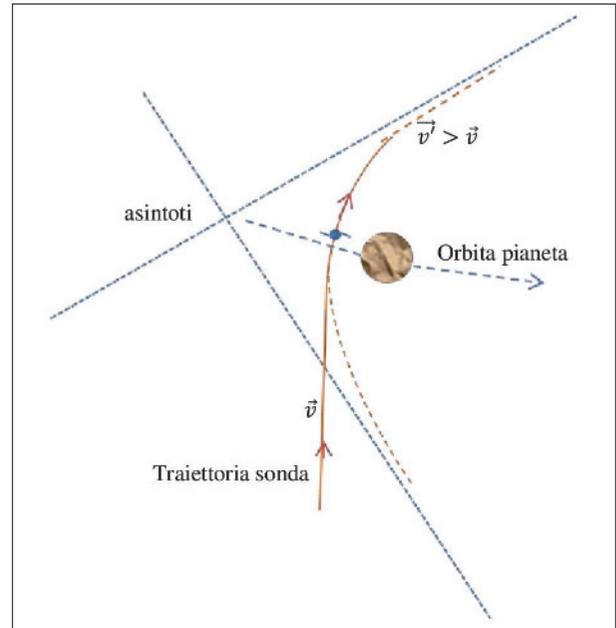


FIG. 3. L'effetto della fionda gravitazionale sfrutta la forza di gravità di un corpo in movimento per aumentare (o diminuire) la velocità di una sonda o di un'astronave.

forma un'ellisse o una circonferenza. Tutte queste curve sono molto usate in astronomia perché descrivono bene le traiettorie dei corpi soggetti a campi gravitazionali.

Le ellissi approssimano bene il moto dei pianeti o delle comete intorno alle stelle o dei satelliti intorno ai pianeti e sono sempre curve chiuse più o meno eccentriche.

Le iperboli e le parabole sono invece curve aperte, e potrebbero, ad esempio, descrivere la traiettoria di una sonda per l'esplorazione dello spazio profondo quando viene sottoposta all'effetto della cosiddetta "fionda gravitazionale" (FIG. 3).<sup>1</sup> La sonda viene fatta passare nelle vicinanze di un pianeta o di corpo di grande massa in movimento e subisce la sua forza gravitazionale che tende ad accelerarla. Il percorso di avvicinamento è studiato opportunamente affinché la sonda non cada sul pianeta: lo sfiora per poi allontanarsi e durante questa fase non subisce la contropinta perché il pianeta si sposta, muovendosi nella sua orbita; la sonda, quindi, sfruttando un po' della quantità di moto del pianeta, che ha una massa molto maggiore in confronto ad essa e quindi non modifica il suo stato apprezzabilmente, acquisterà una velocità maggiore di quella iniziale con risparmio di carburante.<sup>2</sup>

Consideriamo ora una parabola, curva piana descritta nella sua forma più semplice, dall'equazione

$$y = x^2. \quad (5)$$

<sup>1</sup> Si veda p.e. in <https://www.matematicamente.it/esercizi-svolti/problem-solving-avanzato/fionda>.

<sup>2</sup> ANNA NOBILI, *Il cammino delle sonde spaziali*, Dipartimento di Matematica, Università di Pisa, <http://eotvos.dm.unipi.it/quaratta.pdf>; ANNIBALE D'ERCOLE, *La fionda gravitazionale*, «Giornale di Astronomia», 2006, n. 3, p. 46; anche in <http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/spigolature/spigo306base.html>.

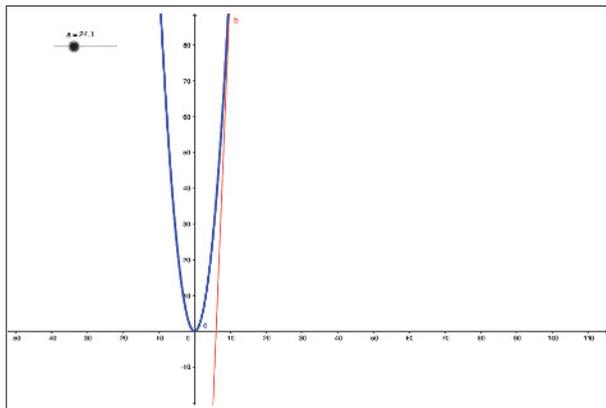


FIG. 4. La parabola e la sua tangente.

La curva può essere tracciata sul piano cartesiano  $xy$  insieme alla sua tangente<sup>3</sup> in un suo punto qualsiasi (Eq. 6) usando un programma di grafica come *GeoGebra* ([www.geogebra.org/?lang=it](http://www.geogebra.org/?lang=it)).

$$y = ax - \frac{a^2}{4}; \quad (6)$$

dove  $a$  è un parametro (coefficiente angolare) che può assumere qualsiasi valore.

La funzione è definita per qualsiasi valore di  $x$  e tende rapidamente ad infinito quando  $x \rightarrow \infty$ , ma non presenta asintoti obliqui. La tangente che coincide con l'asse delle  $x$  per  $a = 0$  forma un angolo che tende rapidamente a  $90^\circ$  per  $a \rightarrow \infty$  e anche il punto di intersezione con l'asse  $x$  della tangente si sposta lungo l'asse stesso e tende ad infinito. Questo è un caso in cui la matematica porta a un paradosso: è facile per la nostra mente comprendere come la curva (4) tenda ad infinito; non è facile capire come la sua tangente, pur avvicinandosi rapidamente ad una retta verticale, non diventerà mai tale per valori finiti! In altre parole, la parabola, al crescere di  $x$ , presenta una curvatura sempre minore e la sua tangente formerà, per valori finiti, un angolo  $\varphi < 90^\circ$  con l'asse  $x$ .

Dopo aver tracciato la parabola sul piano cartesiano si può tracciare la tangente, scegliendo di far variare il parametro  $a$  (*Strumento "Slider" di GeoGebra*), ad esempio, da 0 a 100, e inserirli in un unico grafico. All'aumentare di  $a$ , si vedrà la tangente ruotare sulla parabola e inclinarsi sempre più man mano che si avvicina al valore massimo prescelto (FIG. 4).

### L'infinito nell'arte

La costante chiamata  $\varphi$  (phi = 1,6180339887...), meglio conosciuta come sezione aurea, è un numero irrazionale, ovvero avente una parte decimale infi-

<sup>3</sup> Per la retta tangente, consultare qualsiasi testo di matematica del 5° anno delle scuole medie superiori.

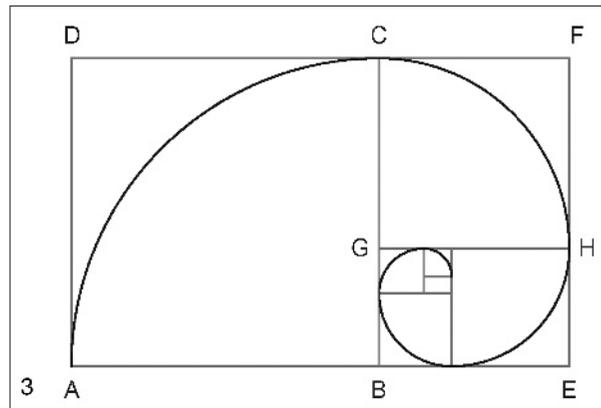


FIG. 5. Spirale aurea (cfr. [www.leonardodavinci-italy.it/matematica/spirale-aurea](http://www.leonardodavinci-italy.it/matematica/spirale-aurea)).

nita e non periodica, che spesso ha ispirato matematici e artisti. Si può ricavare dalla proporzione aurea una spirale (FIG. 5), detta appunto spirale aurea, ma il rapporto è molto frequente in natura, e viene riconosciuto come ideale di bellezza e armonia.

La serie numerica elaborata da Fibonacci (della quale abbiamo discusso sopra) ha uno strettissimo legame di parentela con il numero aureo, di cui esistono diversi esempi in natura (FIGG. 6 e 7).

Mario Merz è un artista che all'inizio della sua carriera espone disegni e quadri i cui soggetti rimandano all'universo organico e dai quali emerge la conoscenza dell'informale.<sup>4</sup>

Il rifiuto di ciò che è progettuale rispetto all'azione della pittura, il potere liberatorio della materia, la perdita e la dissoluzione quasi totale dell'immagine figurativa di qualunque tipo, sono alcune delle caratteristiche comuni agli artisti che si sono avvicinati all'informale.

Questa crepa nel marciapiede è uno dei miei disegni. È qualcosa di vivo. Si ingrandisce, cambia ogni giorno come un fiore [...] un artista deve vedere al di là di ciò che salta agli occhi.<sup>5</sup>

Il critico Germano Celant all'interno di queste esperienze informali conia il termine di "Arte Povera" ed include Mario Merz tra gli esponenti del nuovo movimento che nasce in aperta polemica con l'arte tradizionale, della quale rifiuta tecniche e supporti per fare ricorso, appunto, a materiali "poveri" come terra, legno, ferro, stracci, plastica, scarti industriali.

Mario Merz si ispira alla sequenza matematica di Fibonacci che comprende tutti i numeri dallo zero all'infinito, secondo la quale ogni numero corrisponde alla somma dei due precedenti. Egli intende l'arte come processo di crescita del mondo naturale

<sup>4</sup> In Italia, le esperienze informali hanno visto confrontarsi artisti molto diversi tra loro. La ricerca prende avvio dall'opera di Lucio Fontana, il quale nel 1946 pubblica il *Manifesto Blanco*, e di Alberto Burri, che possono essere ricondotti l'uno a una ricerca di stampo "segnico", l'altro a un ambito più densamente "materico".

<sup>5</sup> OTTO WOLS, in *Aspetti dell'informale*, a cura di Guido Ballo et al., Comune di Milano, 1971.



FIG. 6. Spirali in natura: il *Nautilus pompilius*.

e rimanda anche a un'idea di continua trasformazione ed evoluzione, una sorta di successione potenzialmente infinita, una progressione che nello spazio dà luogo a un tracciato curvilineo o a un movimento a spirale, accrescimento vitale del mondo organico. Le serie di Fibonacci realizzate al neon, emergono come presenze rivelatrici.

Nel 1973, elabora una nuova ricerca intorno al tema dei tavoli, intesi come elementi di convivialità, condivisione, essenziali per la costruzione di una possibile "Casa Fibonacci". Su di essi Merz disponeva frutta e ortaggi, ma anche fascine di legno, lasciati al loro corso naturale, e introducendo così nell'opera l'elemento del tempo reale.

La *Land art*,<sup>6</sup> o arte ambientale, fu importante perché i suoi esponenti decisero di fare arte uscendo dalle gallerie e facendo del paesaggio il soggetto per la realizzazione delle loro creazioni d'arte di dimensioni monumentali (FIG. 8). I "landartisti" intervenivano direttamente sul paesaggio, rendendolo non solo il protagonista principale dell'opera, ma usando i suoi elementi costitutivi (sabbia, terra, acqua, arbusti, tronchi di legno, sassi) per dare forma al loro progetto artistico. Oggi, l'arte ancora mantiene un rapporto vivo con la natura, tende ad emularla, ma anche a superarla in una competizione costante che richiede nuovi processi di esecuzione. Ciò è presente nelle opere di Andrea Neri (FIG. 9).

Da metà degli anni Ottanta Andrea Neri lavora abitualmente il proprio dipinto come fosse un murale, operando infatti ad affresco ed encausto su tamburato, e dunque agendo pittoricamente su una superficie materialmente forte e scabra. (Enrico Crispolti)

<sup>6</sup> Movimento artistico nato alla fine degli anni Sessanta (tra 1967 e 1969) negli Stati Uniti e diffusosi rapidamente nel resto del mondo.



FIG. 7. Spirali in natura: la galassia 'vortice' M 51 nella costellazione dei Cani da caccia (NASA and The Hubble Heritage Team, STSCI/AURA).

Neri con la tecnica dell'affresco e dell'encausto [...] gioca prima con grandi impasti cromatici [...]. Si tratta di specie di serpenti rari, farfalle, formule di ossidi di zolfo, evocazioni di processi naturali ed artificiali, denunce di irreversibili piogge acide. (Gabriele Perretta)

I lavori che l'artista propone non si sono costituiti nel tempo, ciò che la natura plasma in 2000 anni, Neri lo realizza in pochi giorni nel tentativo di battere la natura nella sua normale fase di deterioramento.

### L'infinito "fisico"

In fisica, così come in astronomia, l'infinito in senso matematico non esiste. Ciò che osserviamo va dall'estremamente piccolo all'estremamente grande: grande rispetto alle nostre dimensioni ma pur sempre limitato. Per esempio le dimensioni dell'universo osservabile sono enormi ma pur sempre finite e tale limite dipende sostanzialmente da due fattori: uno dalla nostra percezione di ciò che osserviamo; l'altro è imposto dalla velocità della luce (~ 300000 km/s) che pur essendo migliaia di volte più veloce di qualsiasi oggetto fisico dotato di massa che si muove rispetto a noi, ha un valore ben preciso e finito. Se l'universo fosse statico, cioè tale che le distanze reciproche tra i gruppi di galassie che lo popolano fossero sempre le stesse, l'osservabilità degli oggetti più distanti sarebbe legata al tempo, e col tempo sempre più luce giungerebbe da queste galassie distanti, fino a rendere la notte chiara come il



FIG. 8. Un esempio di *Land art*: *Spiral Jetty* ('Molo a spirale'), di Robert Smithson, realizzato sul Great Salt Lake (Utah) nel 1970 e tuttora esistente.



FIG. 9. *Spora*, di Andrea Neri.

giorno (vedi paradosso di Olbers).<sup>7</sup> Ma l'universo è in espansione, e la velocità di espansione aumenta con la distanza dal punto di osservazione. Il tasso di espansione viene espresso quantitativamente dalla costante di Hubble-Lemaître,  $H \cong 70 \text{ Km/s per megaparsec}$ . Ora, gli oggetti distanti mostrano un *redshift* (spostamento verso il rosso della radiazione emessa) direttamente proporzionale alla loro distanza e, man mano che la distanza aumenta, la velocità relativa degli oggetti che emettono luce rispetto alla nostra posizione di osservazione aumenta fino al limite di "osservabilità". In realtà è l'espansione dello spazio intergalattico – per la precisione, lo spazio tra gli ammassi di galassie – a determinare l'allontanamento di un oggetto dall'altro, piuttosto che la velocità tra gli oggetti. Comunque sia, la luce emessa da un oggetto si indebolisce, con lo spostamento verso il rosso, a tal punto da non riuscire a raggiungere l'osservatore come luce visibile. Tuttavia si può ulteriormente rivelare la presenza di oggetti lontani osservandoli nel campo delle onde infrarosse e radio, ma fino ad un certo punto oltre il quale non si può andare. Guardando ancora a più in profondità nel cosmo, infatti, si arriva ad una superficie sferica intorno all'osservatore "opaca". Tale superficie (*last scattering surface*)<sup>8</sup> è l'immagine dell'istante in cui ebbe inizio la "ricombinazione". Si ritiene, infatti, che l'universo primordiale si trovasse in una fase in cui la materia era completamente ionizzata e che in tale situazione i fotoni scambiassero continuamente energia con i protoni e gli elettroni, rimanendo intrappolati nel plasma, perciò l'universo appariva opaco. In seguito, con il raffreddamento

<sup>7</sup> CLAUDIO ELIDORO, *Il mistero del cielo oscuro*, «Giornale di Astronomia», 2016, n. 1, p. 46; anche in <http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/spigolature/spigo116.pdf>.

<sup>8</sup> Lo *scattering* si riferisce ad un'ampia classe di fenomeni di diffusione ottica o deflessione di particelle in seguito alla collisione di altre particelle o alla cessione di energia da parte dei fotoni.

dovuto all'espansione, cominciarono a formarsi atomi di idrogeno o di elio e i fotoni liberi resero l'universo trasparente. L'era della "ricombinazione" ha un nome improprio, in realtà gli atomi non erano mai esistiti prima, nei 380.000 anni di esistenza dell'universo a partire dal Big Bang. Questa nuova fase avvenne dappertutto contemporaneamente, ma un osservatore in un punto qualsiasi, come qui sulla Terra, vede "l'immagine" di una superficie opaca, che si allontana alla velocità della luce, la quale emette radiazione che giunge a noi come radiazione di fondo (*cosmic microwave background*, CMB) ad una temperatura di 2,7 K.

La radiazione di fondo, quindi, ci permette di osservare l'universo in prossimità della sua origine (~ 13,8 miliardi di anni) e, teoricamente, di esplorarlo sempre più in profondità man mano che passa il tempo. A causa dell'espansione, però, la superficie di ultimo *scattering* non si trova dove noi la osserviamo ma si sarà allontanata di molto e le dimensioni dell'universo sono molto maggiori di quelle che possiamo osservare. La CMB, ha oggi una temperatura di circa 2,7 K, mentre quando è stata emessa aveva una temperatura di 3000 K; infatti, a causa dello spostamento verso il rosso, la temperatura della radiazione si è ridotta di un fattore 1100; l'universo, nel frattempo, si è accresciuto dello stesso fattore. Una mappatura precisa della superficie di ultimo *scattering* è stata fatta dai satelliti WMAP e PLANCK e le piccole differenze di temperatura (anisotropie) tra le varie zone sono evidenziate dal diverso colore (FIG. 10).

La geometria dell'universo potrebbe essere comunque differente e ciò che noi percepiamo potrebbe non corrispondere alla forma vera e alle dimensioni effettive dell'universo. Dobbiamo, perciò, tenere conto che la radiazione di fondo ha più di 13,8 miliardi di anni di età e durante questo tempo l'uni-

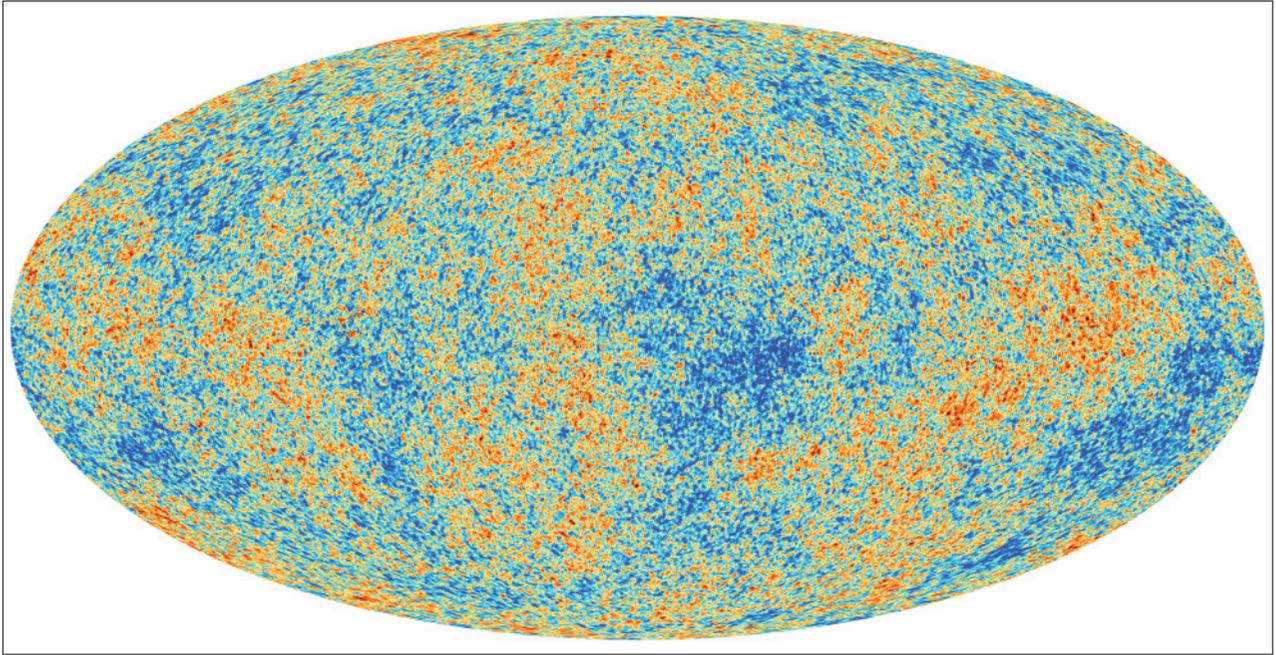


FIG. 10. La mappa dell'universo come appariva circa 380.000 anni dopo il Big Bang, determinata dall'analisi spaziale della radiazione di fondo. Le diverse colorazioni rappresentano le anisotropie, piccole differenze di temperatura (ESA and the Planck Collaboration - D. Ducros; cfr. <http://scienzapertutti.lnf.infn.it/component/content/article?id=1969:0425-la-radiazione-cosmica-di-fondo>).

verso si è espanso e attualmente ha un raggio, calcolato in modo teorico, di quasi 46 miliardi di anni luce, mentre il diametro potrebbe arrivare a 93 miliardi di anni luce.

Inoltre noi pensiamo che il Big Bang sia avvenuto in una porzione molto ristretta di spazio ma ciò che ci restituisce la radiazione di fondo è l'“immagine” di una superficie, molto prossima all'origine dello spazio-tempo, che non è affatto piccola ma si estende intorno a noi a miliardi di anni luce di distanza. Una rappresentazione grafica complessiva dell'universo è impensabile. Esistono rappresentazioni parziali, come coni di luce e altro, ma devono sacrificare una o più delle quattro dimensioni dello spazio-tempo.

Il nostro sguardo verso l'infinito attraverso l'osservazione e lo studio del cosmo porta molto lontano sia nello spazio che nel tempo; le sue dimensioni infatti non sono paragonabili con quelle delle grandezze con cui abbiamo a che fare ogni giorno. L'universo potrebbe anche non essere infinito, inte-

so come infinito matematico, ma è sicuramente estremamente grande.

### Referenze bibliografiche

- ALBERTO CAPPI, *Siete sicuri di sapere quanto è grande l'universo?*, «Coelum», 140, agosto 2010.
- PETER COLES, *The Routledge Critical Dictionary of the New Cosmology*, 1999.
- CLAUDIO CENSORI, *Le dimensioni dell'universo, XXI Secolo*, Treccani, [www.treccani.it/enciclopedia/le-dimensioni-dell-universo\\_\(XXI-Secolo\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/le-dimensioni-dell-universo_(XXI-Secolo)), 2010.
- MARIO LIVIO, *La sezione aurea*, Rizzoli 2003.
- ENRICO CRISPOLTI, *La pittura in Italia. Il Novecento*, 2-3, Mondadori Electa, 1993 e 1994.
- GABRIELE PERRETTA (a cura di), *Media.comm(unity)/comm.medium. Divenire comunità oltre il mezzo: l'opera diffusa*, Mimesis, 2004.
- LUCA BEATRICE *et al.* (a cura di), *Nuova scena. Artisti italiani degli anni '90*, Giorgio Mondadori, 1995.

**Caterina de Santis** insegna Disegno e Storia dell'arte, nell'indirizzo scientifico e linguistico dell'Istituto "Teodosio Rossi" di Priverno in provincia di Latina.

**Francesco Violi** insegna Matematica e Fisica presso il Liceo Scientifico di Gioiosa Ionica (RC)

# Cieli d'inchiostro\*

A cura di Agnese Mandrino<sup>1</sup> · Mauro Gargano<sup>2</sup> · Antonella Gasperini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INAF · Osservatorio Astronomico di Brera

<sup>2</sup> INAF · Osservatorio Astronomico di Capodimonte

<sup>3</sup> INAF · Osservatorio Astrofisico di Arcetri

## Cento di questi anni!

### Agnese Mandrino

INAF · Osservatorio Astronomico di Brera

SIAMO a Roma, in una sala dell'Accademia dei Lincei, ai piedi del Gianicolo, il 7 di gennaio del 1920. Nelle austere stanze si ritrovano Azeglio Bemporad, Vincenzo Cerulli, e Alfonso di Legge, rispettivamente direttori dell'Osservatorio di Capodimonte, di Collurania e di Roma; con loro, oltre a Vito Volterra, vicepresidente dei Lincei e quindi padrone di casa, ci sono Antonio Garbasso e Antonio Roiti, il senatore Guglielmo Mengarini, Luigi Palazzo, direttore dell'Ufficio di meteorologia e geodinamica, e Raffaele Giacomelli. Sono tutti membri della Società degli Spettroscopisti Italiani, come pure Antonio Abetti, Filippo Angelitti, Antonio Antoniazzi, Giovanni Celoria, Ciro Chistoni e Giulio Grablovitz che, non potendo essere presenti, si sono fatti rappresentare. Anche se non sono soci, sono



FIG. 1. L'Archivio della Società Astronomica Italiana presso l'Osservatorio astronomico di Brera in una foto d'epoca.

\* 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.

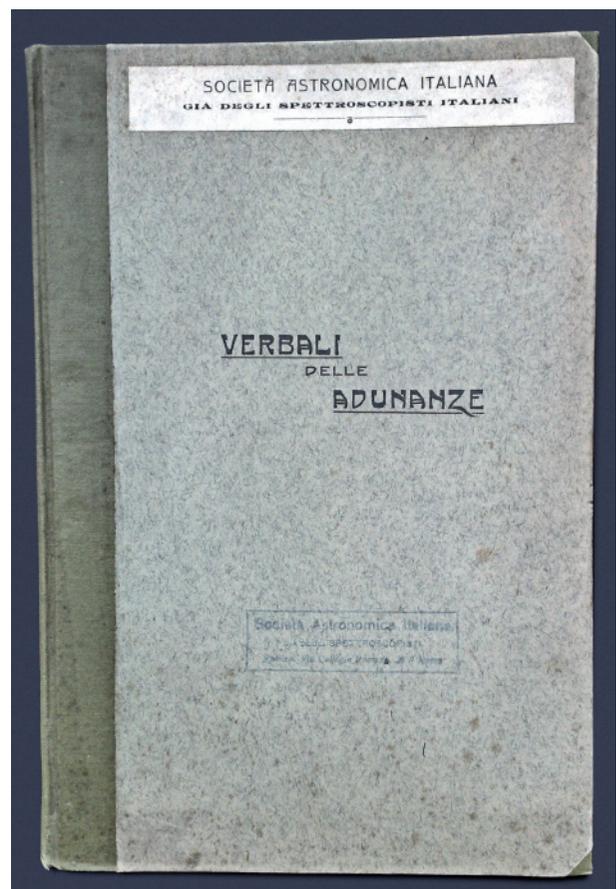


FIG. 2. Il fascicolo con i *Verbali delle adunanze della Società Astronomica Italiana già degli Spettroscopisti Italiani*. (Osservatorio astronomico di Brera, Archivio della Società Astronomica Italiana, cart. 1, fasc. 1)

stati invitati, forse da Volterra stesso, Giuseppe Armellini, Emilio Bianchi, Eugenio Padova e Giovanni Zappa, tutti astronomi e destinati a far carriera negli osservatori italiani.

La ragione della riunione è di estrema importanza: si tratta, infatti, di "trasformare" la Società degli Spettroscopisti Italiani nella nuova Società Astrono-

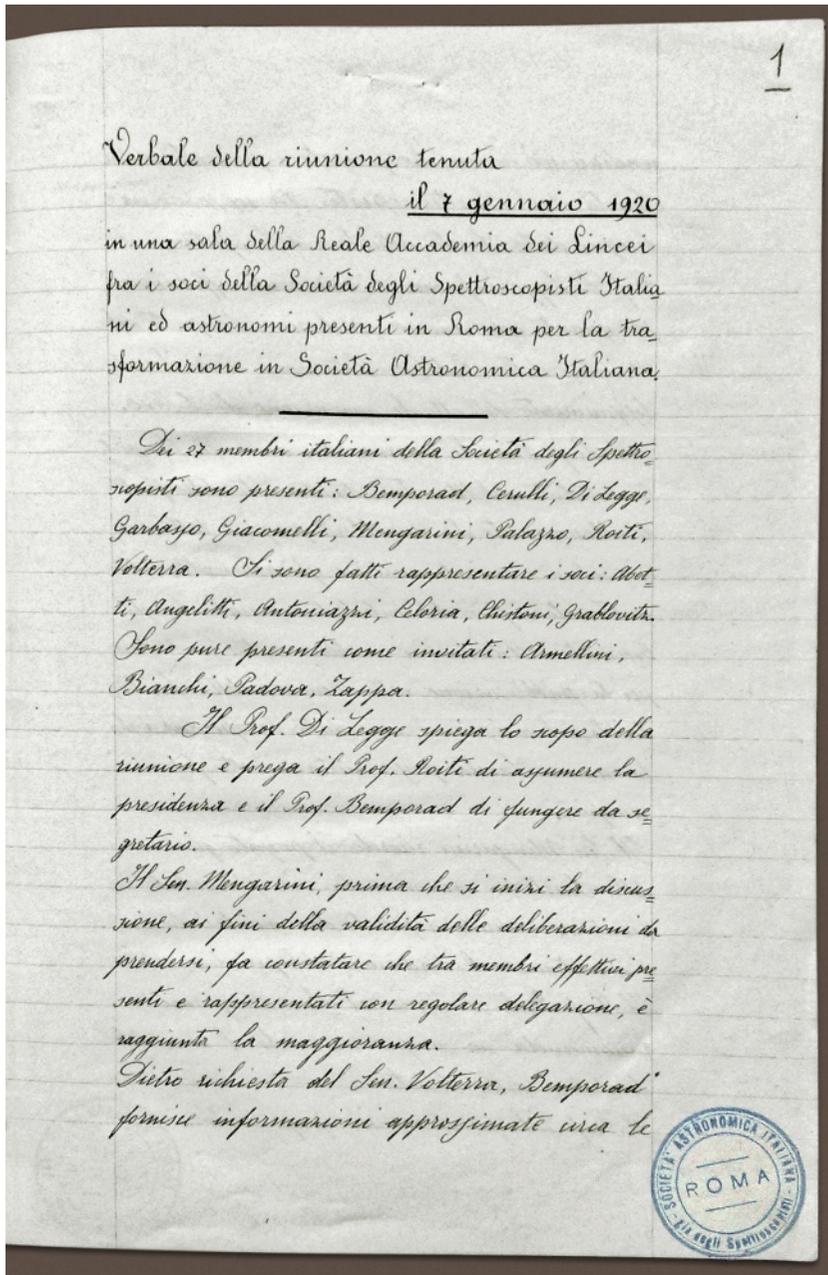


FIG. 3.

mica Italiana. Ma come, e perché, si era arrivati a questo passo?

La Società degli Spettroscopisti era nata il 5 febbraio 1871, grazie soprattutto all'iniziativa di Pietro Tacchini che, con Angelo Secchi, aveva dato inizio all'osservazione sistematica del Sole, rendendosi conto che questa, per essere fruttuosa, esigeva uno sforzo comune e organizzato. Se, infatti, come Tacchini scrive nel primo volume delle *Memorie* della Società «lo spettroscopio è senza dubbio il solo strumento capace di arricchire la scienza di nuove scoperte sulla fisica costituzione del nostro Sole», è altrettanto vero che è solo «lavorando di comune accordo e secondo un programma stabilito» che gli Spettroscopisti uniti avrebbero potuto fornire serie regolari di osservazioni continuate «per la sicura ed accelerata soluzione di importanti problemi relativi alla fisica solare».

Alla Società aderirono i maggiori astronomi italiani (i membri erano ventisette nel 1890, tra loro tutti i più importanti astronomi del periodo, anche Giovanni Schiaparelli che pure non ebbe mai la spettroscopia tra i suoi filoni di ricerca) e stranieri (una trentina). Grazie a un contributo finanziario ministeriale fu anche possibile fondare la pubblicazione ufficiale della Società, le *Memorie*, che furono la prima rivista al mondo dedicata particolarmente all'astrofisica.

Nel giro di poco tempo, tra il 1918 e il 1919, dopo quasi cinquant'anni di vita, la Società venne funestata dalla scomparsa di tre membri del Consiglio di Presidenza: Pietro Blaserna (26 febbraio 1918), Annibale Riccò (23 settembre 1919) ed Elia Millosevich (5 dicembre 1919).

Ebbene, pochi mesi prima della morte furono proprio Riccò e Millosevich a chiedere ai colleghi astronomi italiani il «parere autorevole e favorevole» per poter procedere alla fondazione della Società Astronomica Italiana. Lo fecero con una lettera circolare dell'aprile 1919, certamente il primo documento ufficiale sulla via del cambiamento, anche se preceduto da svariati scambi epistolari informali tra i vari protagonisti che stiamo ancora esaminando e dei quali ci occuperemo più avanti. Leggiamo nella circolare:

Mentre per le scienze sperimentali e d'osservazione, in generale, esistono

in Italia diverse Società ed organi che le rappresentano per l'Astronomia (dopo che è cessata la Società che aveva sede in Torino) [il riferimento è alla perfettamente omonima "Società Astronomica Italiana" fondata nel 1905 a Torino da Giovanni Boccardi] non esiste che quella degli Spettroscopisti Italiani la quale in origine si occupava in modo speciale di spettroscopia solare, corrispondentemente al suo nome, ma poi allargò il suo campo alla Astrofisica ed anche all'Astronomia nel senso più lato, ed alle scienze affini. Pensando che non solo le grandi nazioni, ma ancora parecchie delle minori posseggono una Società astronomica, è evidente che l'Italia pure dovrebbe avere la sua.

Pertanto, continua la circolare, anche in considerazione di quanto stava accadendo a livello europeo con la riorganizzazione delle società scientifiche (il Consiglio Internazionale delle Ricerche verrà fondato proprio nello stesso '19 a Bruxelles) Riccò e

Millosevich pensavano che fosse giunto il momento per approdare, a partire del successivo 1920, ad una nuova Società Astronomica Italiana della quale, sempre nella medesima circolare, delineano i principali tratti organizzativi.

La proposta di Riccò e Millosevich trovò evidentemente il consenso della comunità astronomica, tant'è che Alfonso di Legge, con comunicazione del 19 dicembre 1919, poté convocare proprio la riunione ai Lincei della quale abbiamo parlato nelle prime righe. E così, il 7 gennaio del 1920, giusto cent'anni fa, i vecchi "Spettroscopisti" tennero la

loro ultima riunione e si trasformarono nei nuovi "Astronomi".

IL DOCUMENTO (FIG. 3)

"*Verbali delle adunanze*" del 7 gennaio (per la trasformazione della *Società degli Spettroscopisti Italiani* in *Società Astronomica Italiana*), del 15 agosto e del 22 ottobre 1920 [Osservatorio astronomico di Brera, Archivio della Società Astronomica Italiana, cart. 1, fasc. 1]. Le circolari preparatorie della riunione di fondazione, di cui si parla nel testo, si trovano presso l'Archivio storico dell'Osservatorio di Capodimonte; ringrazio Mauro Gargano per avermele messe a disposizione.

---

**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, è responsabile del Museo degli Strumenti Astronomici dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte a Napoli, dove si occupa anche di studi storici sull'astronomia, principalmente partenopea.

**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)

## Luna ballerina

Claudio Elidoro

O GGI sappiamo che la Luna è il corpo celeste più vicino a noi e ci facciamo mille domande sulla sua composizione e la sua origine, ma per secoli e secoli è stata una abituale e gradita presenza nel cielo, un valido aiuto per misurare il passare dei giorni, ma nulla di più. Qualcuno vi vedeva l'immagine riflessa della Terra, altri favoleggiavano un mondo abitato da esseri fantastici, ma ci fu anche chi affrontò il problema del suo ciclico mutare d'aspetto. Pare che fin dal V secolo a.C. circolasse un'ottima spiegazione delle fasi lunari: si dice infatti che il primo ad azzardare la causa del fenomeno sia stato Parmenide di Elea (515-450 a.C.), suggerendo che la Luna fosse sferica e l'apparenza del suo crescere e decrescere dipendesse dalla sua posizione rispetto al Sole e alla Terra.

A nessuno, però, venne mai in mente di chiedersi perché, a dispetto dell'idea della sua sfericità proposta da Parmenide, l'aspetto dell'astro d'argento fosse sempre lo stesso; continuamente scomposto e ricomposto dal regolare susseguirsi delle lunazioni, ma sempre noiosamente identico. Probabilmente, visto che già c'erano un bel po' di interpretazioni riguardo all'alternarsi di regioni brillanti e macchie scure sulla superficie lunare, non era neppure concepibile che qualcuno si chiedesse se potesse esistere "un'altra faccia" e cosa potesse nascondere.

Nel suo *De facie quae in orbe Lunae apparet* – siamo intorno all'anno 100 d.C. – Plutarco riassume le fantasie degli uomini del suo tempo, che scorgevano in quei chiaroscuri la presenza di lineamenti umani. Giusto per citare un altro classico un po' più vicino

a noi, tra le domande che Dante pone a Beatrice vi è proprio la richiesta di saperne di più di quei segni scuri che, secondo alcuni, disegnavano l'immagine di Caino sotto un fascio di spine, simbolo del suo eterno rimorso per l'uccisione del fratello Abele:

Ma ditemi: che son li segni bui  
di questo corpo, che laggiuso in Terra  
fan di Cain favoleggiar altrui?

(Paradiso II, 49-51)

Le idee non mancavano neppure nel mondo Orientale (Cina, Corea e Giappone), dove teneva banco il racconto di un mitologico coniglio lunare intento a preparare, a seconda delle culture, l'elisir di lunga vita per la divinità lunare Chang'e o un dolce di riso.

Si può convenire che davvero occorra un po' di fantasia per scorgere queste figure sulla Luna ma, almeno fino a quando, trecento anni dopo Dante, Galileo Galilei (1564-1642) non puntò il suo cannocchiale verso il nostro satellite, la fantasia – in parte appoggiandosi alla filosofia e ai dettami scientifici e religiosi – la faceva da padrona.

Tra le prime scoperte che Galileo fece riguardo alla Luna vi fu che non era proprio del tutto vero che il suo aspetto fosse sempre perfettamente identico. Nei suoi scritti – nel *Dialogo dei massimi sistemi* e nella *Lettera ad Alfonso Antonini*, per esempio – Galileo parla espressamente di un fatto curioso riguardo all'aspetto lunare sottolineando come, grazie a particolari situazioni osservative, fosse possibile vedere anche al di là di quelli che apparentemente erano i bordi invalicabili del disco lunare. Ricorrendo a una parola abbastanza curiosa, Galileo le chiama "titubazioni" lunari, un termine che successivamente verrà sostituito con quello di "librazioni". La sostanza del fenomeno è che questi ondeggiamenti della Luna ci permettono di sbirciare oltre i bordi riuscendo a coprire con le nostre osservazioni il 59% della sua superficie (FIG. 1).

La spiegazione che Galileo dà del fenomeno, però, è solo parziale: all'origine delle "titubazioni" lunari, infatti, vi sarebbe la posizione dell'osservatore sulla superficie terrestre e il fatto che, per effetto della rotazione del nostro pianeta, nel corso di una

\* 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>.

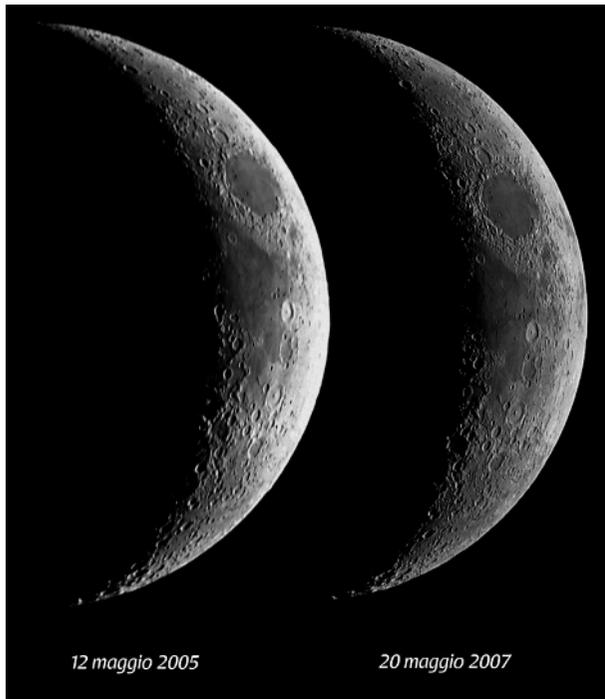


FIG. 1. L'effetto della librazione è visibile in queste due foto della Luna, riprese a due anni di distanza e quasi esattamente nella stessa fase «per pura coincidenza», come ha dichiarato l'autore David Liddicott. ([www.flickr.com/photos/davelidd/5336558038/](http://www.flickr.com/photos/davelidd/5336558038/))

dozzina d'ore tale posizione risulterebbe spostata di una quantità che, all'equatore, sarebbe uguale al diametro della Terra. Un semplice disegno (vedi FIG. 2) può aiutare a comprendere il ragionamento di Galileo.

Nelle sue osservazioni, Galileo non manca di annotare anche un'altra "titubazione" lunare, in grado di mostrarci regioni poste al di là dei poli del nostro satellite. Oggi la chiamiamo librazione in latitudine e la si può spiegare chiamando in causa l'inclinazione dell'asse di rotazione lunare rispetto al suo piano orbitale (FIG. 3). Tale inclinazione comporta che i due poli – e le regioni circostanti – si presentino ciclicamente all'osservatore terrestre. La situazione è identica a quella che si verifica per il nostro pianeta nel corso della sua orbita e che determina l'alternarsi delle stagioni, con i poli che si danno il cambio nel ricevere la luce del Sole.

Nella lettera ad Alfonso Antonini, del 20 febbraio 1637, Galileo descrive le "titubazioni" lunari paragonandole ai movimenti del volto:

Siccome dunque questo scoprire ed ascondere nel nascere e tramontare, per modo di dire, parte de' capelli sopra la fronte e parte del mento diametralmente oppostogli si può chiamare alzare e abbassare la faccia, così potremmo chiamare girarla ora a destra e ora a sinistra, scoprendo e ascondendo alternatamente gli orecchi, che tali possiamo chiamare le parti opposte, quando ella si trova nel meridiano.

Questa spiegazione, seppur corretta, non rende però ragione del vero motivo per cui è possibile buttar l'occhio anche su piccole porzioni della faccia nascosta della Luna.

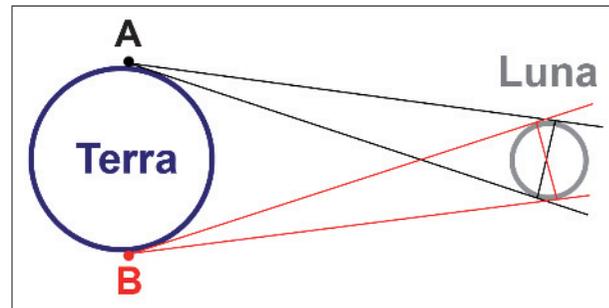


FIG. 2. Il "disco lunare" che vede l'osservatore nel punto A non è identico a quello osservato da B. Al di là dell'esagerazione indotta dal disegno non in scala, è evidente come la differente posizione dei due osservatori sulla superficie terrestre permetta di sbirciare una parte del lato nascosto. L'ampiezza di tale librazione (detta "diurna") è di circa un grado. A causa della linea di vista molto inclinata si potranno riconoscere scarsi dettagli, ma in epoche in cui l'altra faccia della Luna non era raggiungibile in altro modo tali dettagli erano comunque molto preziosi.

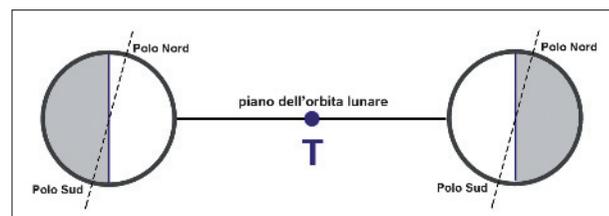


FIG. 3. Per un osservatore sulla Terra (T) l'inclinazione dell'asse lunare comporta che risultino ciclicamente visibili le regioni polari settentrionali e quelle meridionali del nostro satellite. Poiché tale inclinazione è di circa 6 gradi e mezzo, questo ci permette di incrementare ulteriormente la parte visibile della superficie lunare.

*Negli stessi anni in cui Galileo iniziava a osservare la Luna con il suo rudimentale telescopio e proponeva le sue spiegazioni delle librazioni, Giovanni Keplero (1571-1630) enunciava le leggi che governano il moto orbitale dei corpi celesti. Proprio in queste leggi, più che nelle considerazioni geometriche di Galileo, possiamo trovare la spiegazione corretta delle librazioni in longitudine, in grado di permetterci di osservare le regioni che si estendono per 7-8 gradi oltre i margini orientale e occidentale della Luna.*

*Dal punto di vista dinamico, il nostro satellite è caratterizzato da una "rotazione sincrona", termine che indica che il suo periodo di rotazione intorno al suo asse è uguale al periodo di rivoluzione intorno alla Terra, ed è proprio questo stretto legame tra i due moti a far sì che la Luna ci mostri sempre la stessa faccia. Non è affatto raro imbattersi in corpi celesti che presentano tale caratteristica. Gran parte dei satelliti del Sistema solare, infatti, particolarmente quelli che orbitano molto vicino al loro pianeta, sono in rotazione sincrona. Il meccanismo è dovuto all'azione delle forze di marea che, potendo agire su lunghi periodi di tempo, riescono a stabilizzare la rotazione del satellite rendendo il suo periodo di rotazione uguale a quello di rivoluzione. Per chi volesse approfondire la tematica delle*

maree, se ne è parlato proprio in questa rubrica qualche anno fa («Giornale di Astronomia», 2012 (1), p. 49).

Apparentemente, invocare una rotazione sincrona è in aperta contraddizione con la possibilità di dare un'occhiata anche a piccoli scorci del lato nascosto della Luna. Immaginando che il nostro satellite descriva un'orbita circolare, infatti, per sbirciare oltre i bordi dovremmo ipotizzare irregolarità nel suo moto di rotazione. Peccato, però, che la rotazione della Luna sia molto stabile.

Per chiarire il mistero, bisogna chiedere l'intervento di Keplero e delle sue leggi sulle orbite planetarie. Perfettamente in linea con la prima legge, l'orbita che la Luna descrive intorno alla Terra è un'ellisse e il moto dei due corpi avviene intorno al baricentro comune, situato a circa 4600 km dal centro della Terra. Benché l'ellisse abbia un'eccentricità molto piccola (il valore medio è circa 0,0549), il moto lunare è comunque soggetto ai dettami della seconda legge. Nella sua formulazione classica (riferita ai pianeti) la legge afferma che «il raggio vettore che unisce il centro del Sole con il centro del pianeta descrive aree uguali in tempi uguali». Questo comporta che, nel suo moto intorno alla Terra, la Luna non abbia una velocità orbitale costante. In prossimità del perigeo (il punto di massima vicinanza alla Terra), dove il raggio vettore è più corto che nell'apogeo (punto di massima distanza), l'arco di ellisse dovrà essere più lungo, dunque la Luna avrà velocità massima al perigeo e minima all'apogeo.

Se, come abbiamo già sottolineato, la velocità di rotazione della Luna intorno al suo asse è molto stabile, la sua velocità orbitale è caratterizzata da variazioni cicliche ed è proprio alla combinazione di queste due circostanze che dobbiamo imputare la responsabilità delle librazioni in longitudine. Aiutiamoci anche in questo caso con una figura.

Dalla FIG. 4 possiamo anzitutto notare che, al termine dell'orbita, il punto P sulla superficie lunare ha compiuto una rotazione completa in senso antiorario, confermando la rotazione sincrona del

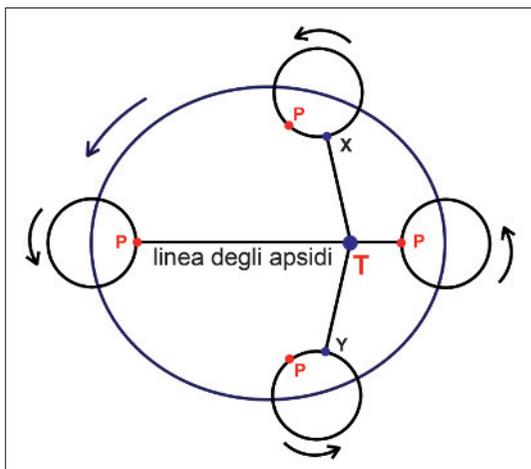


FIG. 4. Evidente come il disegno, con lo scopo di rendere più chiaro il concetto, non rispetti le corrette proporzioni per l'orbita e le dimensioni della Luna. A destra è raffigurato il perigeo lunare, punto in cui la velocità lungo l'orbita è massima, mentre a sinistra è l'apogeo, dove la velocità orbitale raggiunge il suo minimo. La figura è adattata da: G. CECCHINI, *Il Cielo*; vol. 1, p. 370.

nostro satellite. Visto dalla Terra (T), però, quel punto sarà esattamente al centro della faccia lunare solamente nel momento del perigeo e dell'apogeo (linea degli apsi). In altri momenti dell'orbita, a causa dell'aumento o della diminuzione della velocità orbitale della Luna, al centro della faccia lunare vi sarà un punto differente (X e Y nella figura), posto più a est o più a ovest del punto P. Questo significa che la faccia della Luna mostrerà particolari che al perigeo e all'apogeo erano invisibili perché situati al di là del bordo lunare.

Per dirla in modo più semplice: al perigeo la Luna tende a scappare più velocemente lungo l'orbita e la sua rotazione risulta in ritardo, mentre all'apogeo avviene esattamente il contrario. Se la spiegazione geometrica di Galileo poteva rendere ragione di una librazione di circa un grado, appellandoci alle leggi di Keplero possiamo giustificare perché la librazione in longitudine del nostro satellite ammonti a circa 7-8 gradi.

**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".

## A cura di Alberto Cappi

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

### Massa

Jim Baggott

Traduzione di Franco Ligabue

Adelphi (Biblioteca Scientifica), 2019

Copertina flessibile, pp. 287, € 32,00

ISBN 9788845934223

www.adelphi.it

L'ELEGANTISSIMA copertina di questo volume è assai intrigante. Nel campo uniforme color mattone, senza illustrazioni, ci sono solo il marchio dell'editore, l'intestazione della collana, il nome dell'autore e il titolo, semplice e enigmatico: *Massa*. Credo sia stata una buona intuizione da parte dell'editore italiano non aggiungere il sottotitolo originale, che potremmo tradurre a braccio: "La ricerca per comprendere la materia: dagli atomi dei Greci ai campi quantistici". Una buona descrizione del contenuto che, credo, avrebbe intaccato il fascino essenziale di questa bella edizione.

Questo tipo di libro è ormai un classico della letteratura scientifica divulgativa a tema fisico: attraverso un percorso storico si porge al lettore la trama del cammino di conoscenza che dagli albori della civiltà occidentale storicamente documentata ci porta ai giorni nostri. Un excursus che inevitabilmente tocca la teoria della relatività, la meccanica quantistica, la fisica delle particelle, la cosmologia.

Il cuore della materia trattata è dunque simile a tanti altri buoni prodotti che si trovano in libreria. Trovo tuttavia che, in questo ambito, *Massa* sia di qualità sensibilmente superiore alla media, per almeno tre buoni motivi.

Il primo è l'eccellente cura editoriale. Non solo non ho trovato nessun errore tipografico o traduzione "stonata" (difetti che purtroppo si riscontrano di frequente), ma si fanno particolarmente apprezzare un corposo impianto di note e di riferimenti bibliografici, un ampio glossario e un indice analitico. Le figure sono chiare ed esplicative.

Il secondo è lo stile di scrittura, scorrevole e accattivante ma senza eccessive concessioni all'aneddotica, molto focalizzato sul cuore fisico dei problemi presentati, con spiegazioni e analogie originali ed efficaci. L'idea di usare la massa, la natura della materia, come filo conduttore conferisce un particolare sapore alla narrazione.

Il terzo, il più profondo e interessante, a mio modo di vedere, è l'approccio filosofico. Baggott rende evidente fin dall'inizio la necessità di inquadrare i fe-

nomeni e le leggi fisiche in un impianto di pensiero coerente, logicamente consistente, interpretabile. E coglie mirabilmente le grandissime difficoltà di questa impresa, con l'esempio lampante, fra gli altri, dell'incapacità di provvedere una definizione coerente e completa di una quantità apparentemente ovvia come la massa. Rende palpabile quale potente e fragile costruito sia la scienza, la vastità delle lacune della nostra conoscenza e del modo in cui essa è edificata. Riporto di seguito il breve paragrafo che conclude il testo:

Personalmente trovo tutto questo davvero entusiasmante. È noto che i fisici di fine Ottocento pensavano di avere ormai capito tutto. Oggi non siamo così sprovveduti. Da allora abbiamo imparato un sacco di cose nuove, ma siamo anche molto consapevoli di ciò che non sappiamo e che non possiamo spiegare. Se il traguardo che sogniamo è la consapevolezza ultima di tutto, credo che non ci arriveremo mai. Ma sono anche convinto che ci sarà ancora molto da vedere – e molto di più da imparare e da apprezzare – lungo il cammino.

Credo che la consapevolezza del limite, il confrontarsi costantemente col pensiero che non necessariamente tutta la conoscenza è conoscibile, avere chiaro che siamo in cammino, un cammino tortuoso, accidentato, difficile, sia un'eredità fondamentale della civiltà umana che dovremmo tenere cara. Questo bel libro, nel raccontarci il percorso che va da Democrito al bosone di Higgs, ci richiama a questa riflessione fondamentale, che il frastuono quotidiano tende a farci dimenticare, lasciandoci come ciechi che credono di vederci benissimo.

MICHELE BELLAZZINI

**James Edward Baggott** è uno scrittore inglese che si autodefinisce *science communicator*. PhD in chimica fisica a Oxford, scrive di scienza, filosofia e storia della scienza. È autore di numerosi libri di successo su questi temi, tra i quali *Origini. La storia scientifica della creazione*, tradotto in italiano nel 2017.

\*

## Un bacio tra le stelle

### Come sono state individuate le onde gravitazionali

Harry Collins

Traduzione di P. L. Gaspa

Raffaello Cortina (Scienza e Idee), 2018

Copertina flessibile, pp. 456, € 32,00

ISBN 9788832850390

www.raffaellocortina.it

**P**RESTATE molta attenzione a questo testo. Credo, anzi, spero, che in futuro se ne parlerà come di un classico della letteratura scientifica che proprio non potrà mancare dalle nostre biblioteche e se così non sarà, vorrà dire che qualcosa sarà andato storto nell'evoluzione culturale della nostra società.

Lo affermo perché questo duecentonovantatreesimo libro dell'elegante e fortunatissima collana "Scienza e idee" di Raffaello Cortina Editore credo rappresenti una pietra miliare sia per ciò che racconta, sia e soprattutto per il modo in cui lo racconta. Diciamo subito che parla della scoperta delle onde gravitazionali.

Sappiamo che di testi sull'argomento ne sono stati pubblicati davvero tanti: se alla morte di grandi nomi spunta fuori, con tempistiche a dir poco sospette, tutta una serie di libri anche ponderosi, quindi difficilmente realizzabili in poche ore o giorni, che ne celebrano le gesta, quando si attende da tempo la scoperta di qualcosa come le onde gravitazionali, c'è sempre chi gioca d'azzardo e scommette tutto scrivendo qualcosa che al momento giusto verrà dato alle stampe.

Nel caso della scoperta epocale di GW150914, prima onda gravitazionale a essere stata rilevata e valse poi il premio Nobel a Rainer Weiss, Kip Thorne e Barry Barish, di libri ne sono stati prodotti tanti, tutti ovviamente incentrati sulla spiegazione di cosa davvero siano queste onde, del perché si tratta di una grande scoperta, di come funzionano gli strumenti che l'hanno rivelata ecc.

Il libro che qui vi presento, pur toccando anche questi argomenti, lo fa invece per dare uno sfondo, una cornice a ciò che davvero intende raccontare: il suo *focus* è la vicenda umana di chi ha lavorato per anni con l'obiettivo di stanare quelle onde predette da Einstein cento anni prima e che proprio non volevano saperne di lasciare traccia dei loro passaggi.

Se, quindi, come si diceva, molti autori di libri divulgativi hanno giocato d'azzardo scrivendo testi che forse non avrebbero mai visto la luce, c'è chi ha fatto anche di più, investendo la propria carriera sulla scoperta di qualcosa che poteva anche non esistere affatto, rimanendo il frutto di una fervida immaginazione scientifica alle prese con una realtà molto meno propensa a fare ciò che i calcoli dicevano essere plausibile.

L'autore, docente di Sociologia all'Università di Cardiff e direttore del *Centre for the Study of Knowledge, Expertise and Science*, ha scelto di vivere a stretto contatto con la comunità degli scienziati impegnati

sul fronte della ricerca delle onde gravitazionali così come – mi si passi il paragone – fecero a suo tempo la sfortunata (fu assassinata in circostanze misteriose) zoologa Dian Fossey con i gorilla del Ruanda e l'etologa e antropologa Jane Goodall con gli scimpanzé della Tanzania. Piuttosto che voler essere modi offensivi di descrivere la comunità degli scienziati, questi due paragoni mi servono a rendere più chiara l'importanza del lavoro di Collins il quale – conquistata, se non proprio la fiducia incondizionata di tutti i ricercatori, almeno la loro abitudine alla sua presenza – ha analizzato attentamente, nel corso di diversi anni, gli atteggiamenti di quella comunità durante varie riunioni e, soprattutto, nello svolgersi del fitto confronto via e-mail sulle questioni lì dibattute. Tra queste, oltre a normali tematiche scientifiche, ve ne erano tante, tantissime altre di natura squisitamente sociologica che, si scopre, tanto peso hanno avuto nel determinare modi, tempi e intensità della comunicazione verso l'esterno di quel consesso di ricercatori responsabile della scoperta del secolo.

Emergono così i tratti più darwiniani dell'agire collettivo di una piccola comunità alle prese con dinamiche competitive – ambizioni personali dei singoli ricercatori a parte, la presenza di simili dinamiche è spiegabile anche pensando ai capitali necessari per portare avanti un qualsiasi progetto, cosa che rende il mondo della ricerca competitivo per definizione – nei confronti delle altre *scimmie nude* che compongono l'esterno, il resto del mondo accademico e scientifico.

Come è inevitabile che accada, tutto ciò ha il potere di mostrare l'inapplicabilità del metodo scientifico così come elaborato allorquando la scienza era ancora un'impresa compiuta da singoli, inseriti in una rete di altri singoli con interessi analoghi. L'avvento del *world wide web* e la progressiva ma veloce transizione da un mondo di genialità isolate a quello della cosiddetta *Big Science*, caratterizzato dalla stretta coesistenza di persone con grandi competenze e radunate attorno a costosi e ambiziosi obiettivi condivisi, ha occasionalmente mostrato alcune falle di quel metodo: se prima l'epistemologia doveva occuparsi di evitare l'entrata in gioco della psicologia del singolo ricercatore, ora deve monitorare la possibilità che siano le spinte sociologiche di più persone a manifestarsi nell'inquinare il procedere della scienza che ancora si vorrebbe pulita, pura, inattaccabile, in quando mondata dall'elemento umano.

Di sicuro, si tratta di tematiche che sono state già affrontate in ambiti specialistici, ma credo che questa sia la prima volta che se ne parla in un libro che è sì di divulgazione, ma non solo. Intanto non si limita a raccontare ciò che promette nel titolo e nel sottotitolo ma, mostrando come la scienza di altissimo livello viene fatta, arriva a toccare tematiche per nulla scontate o facilmente rinvenibili in altre pubblicazioni. Inoltre, lo fa senza vezzeggiare il lettore, proponendo così una ricerca sociologica in un modo che definirei divulgativo credo sia limitante.

Insomma, bellissimo, fondamentale, importante il libro e ciò che racconta. L'unica pecca mi sembra

essere la combinazione titolo-sottotitolo, tra l'altro perfettamente tradotta dall'originale in inglese, in quello che sembra un tentativo un po' ingenuo di accalappiare il lettore – il quale così potrebbe scegliere un altro testo più breve che promette di far fare poca fatica regalando una conoscenza più che approfondita di un argomento difficile – col rischio di perdere anche tutti coloro che sono interessati alla sociologia e all'epistemologia, aspetti forti di *Un bacio tra le stelle* purtroppo non intuibili dalla copertina.

Spero con questa recensione di arrivare ad alcuni di quei lettori e che la voce si sparga in modo rapido anche ad altri, così da ovviare a una mancanza strana e che, temo, costerà cara in termini di vendite.

ANGELO ADAMO

Harry Collins è docente di Sociologia e direttore del *Centre for the Study of Knowledge, Expertise and Science* alla Cardiff University. Nel 1997 ha vinto il 'J.D. Bernal Prize' della *Society for Social Studies of Science*.

\*

### Le macchine nel mondo antico Dalle civiltà mesopotamiche a Roma imperiale

Giovanni Di Pasquale  
Carocci (Quality Paperbacks), 2019  
Copertina flessibile, pp. 242, € 18,00  
ISBN 9788843095896  
www.carocci.it

È DIFFICILE trovare in italiano libri dedicati specificamente alla scienza e soprattutto alla tecnologia dell'antichità, a parte l'ormai classico *La Rivoluzione Dimenticata* di Lucio Russo. Pertanto, al di là di ogni altra considerazione, è molto apprezzabile la pubblicazione di questo libro sulle macchine nel mondo antico.

Nell'Introduzione viene sintetizzato il tema del volume, sottolineandone l'importanza per la comprensione di una civiltà:

La presenza di dispositivi meccanici nelle società del passato, non diversamente dalle opere d'arte e letterarie, costituisce un preciso indicatore del livello di cultura dei popoli che li hanno adoperati [...] la storia delle macchine racconta in modo straordinario sogni, aspettative, delusioni e sfide di società che hanno affidato anche all'abilità tecnica la loro idea di vita in comune e di progresso [...] Di fatto, gli studi dell'ultimo trentennio dimostrano come oggi sia impensabile raccontare e capire le civiltà del passato a prescindere da questo ambito.

Eppure, questa importanza per gran parte del secolo scorso non era affatto chiara, come viene spiegato nel primo capitolo, dove l'autore descrive l'evoluzione dell'opinione degli storici moderni riguardo alla tecnologia antica. Infatti, nonostante le testimonianze antiche e i riferimenti successivi, come il celebre passo di Ruggero Bacon citato nell'Introduzione, facciamo riferimento all'uso delle macchine,

in tempi più recenti è prevalsa la convinzione che nell'antichità la tecnologia fosse stagnante e che la schiavitù abbia impedito il progresso tecnologico, una tesi propugnata con successo dallo storico Moses Finley e divenuta dominante nel xx secolo (devo notare che per inerzia viene ancora oggi ripetuta in numerosi libri e articoli divulgativi). Di Pasquale offre come esempio concreto il mulino ad acqua: pur di fronte a fonti letterarie che ne attestano l'esistenza almeno a partire dal I secolo a.C., molti storici hanno continuato a considerarlo un'invenzione medievale. Queste osservazioni mi hanno ricordato, e non resisto a menzionarlo, un caso analogo in cui mi sono imbattuto scorrendo un *Dizionario di Antichità Romane e Greche* pubblicato nella seconda metà del XIX secolo: l'autore, Anthony Rich, scrive nell'introduzione:

Per citare un esempio fra gli altri, Beckmann, autore peraltro stimatissimo, nella sua *Storia delle invenzioni* pretende che le presse per la stiratura dei vestiti siano state inventate solo nel decimo secolo, perché, afferma, non ha riscontrato nei testi antichi alcuna menzione di queste macchine. Ma quando negli scavi di Pompei (sepolta dall'eruzione del Vesuvio nel 79 d.C.) venne alla luce una fullonica, si scoprì la rappresentazione di una pressa per la stiratura dei vestiti, costruita esattamente come quelle di cui ci si serve al giorno d'oggi [...]; d'altronde Ammiano Marcellino, scrittore ben anteriore al periodo indicato da Beckmann, poiché è del quarto secolo, dà inequivocabilmente il nome di *pressorium* a una macchina di questo tipo.

E naturalmente abbiamo il meccanismo di Antikythera: senza la scoperta e lo studio di questo straordinario manufatto, nessuno storico avrebbe ritenuto possibile un tale livello di complessità nel mondo antico.

Come osserva Di Pasquale, grazie all'archeologia della cultura materiale e ai nuovi studi che non si sono limitati alle fonti letterarie (le cui opinioni, fra l'altro, riflettono spesso l'opinione dell'aristocrazia e non quella degli ingegneri) la tesi di Finley è stata definitivamente smentita; oggi si riconosce che l'antichità ha conosciuto un progresso scientifico e tecnologico inequivocabile.

Il secondo capitolo riassume la tecnologia degli antichi imperi, Babilonesi, Assiri ed Egizi, spingendosi cronologicamente fino all'età ellenistica, dove è evidente il progresso rispetto alle ere precedenti: viene descritta ad esempio la *saqiya*, una macchina idraulica che permetteva un innaffiamento continuo. I capitoli successivi trattano della tecnologia dei Greci e dei Romani e sono tematici, principalmente in funzione delle applicazioni: le macchine per costruzioni nelle città, le macchine da guerra, le macchine per suscitare meraviglia, le macchine di Archimede, il cielo, la terra, l'acqua.

Non manca naturalmente la descrizione del già citato meccanismo di Antikythera (anche se non sono menzionati gli ultimi studi, che pure hanno avuto una certa risonanza mediatica, né il libro di Alexander Jones, che abbiamo recensito su queste pagine e del quale è appena uscita la traduzione italiana).

Il volume è corredato da numerosi disegni e illustrazioni in bianco e nero; le foto non sono di qualità eccezionale (la risoluzione non è particolarmente alta e appaiono un po' scure), ma nel complesso l'apparato iconografico risulta molto utile per visualizzare le macchine descritte nel testo.

Nell'ultima parte del libro l'autore ribadisce come lungo le sponde del Mediterraneo sia fiorita una vera e propria cultura scientifica, una civiltà del fare e una vera e propria pratica della scienza, in un periodo storico «ben lontano dalla rigida immagine di epoca bloccata dalla stagnazione tecnologica, nonché da freni di natura psicologica, morale ed economica nei confronti dell'invenzione e dell'innovazione».

Ricordando il recente ritrovamento di una manovella nel sito romano di Augusta Raurica in Svizzera, manovella che, come in passato la pressa per la stiratura o il mulino ad acqua, si riteneva fosse ignota nell'antichità, l'autore sottolinea che si aprono scenari nuovi e conclude:

con questo dispositivo, con il movimento regolare avanti e indietro, dovuto alla presenza della camma, dell'asse della macchina per tagliare lastre [...], con il perfetto funzionamento della coppia cilindro-pistone nella macchina attribuita a Ctesibio e con l'epila di Erone troviamo nell'antichità tutti gli elementi che avrebbero portato, molti secoli più tardi, alla Rivoluzione industriale.

In conclusione, si tratta di un'ottima introduzione alla tecnologia antica, che offre una panoramica equilibrata e documentata. A partire dalla bibliografia in fondo al volume il lettore interessato potrà poi approfondire le proprie conoscenze sull'affascinante mondo delle macchine nell'antichità.

ALBERTO CAPPI

**Giovanni Di Pasquale** è professore associato aggiunto di Storia della Scienza presso la Texas A&M University. Collabora con il Museo Galileo ed è autore di numerose pubblicazioni di storia della scienza fra antichità e Medioevo.

\*

### **La macchina del cosmo La meraviglia scientifica del meccanismo di Anticitera**

Alexander Jones  
Traduzione di V.F. Lovato  
Hoepli (Universale Scientifica), 2019  
Copertina flessibile, pp. 353, € 24,90  
ISBN 9788820390624  
www.hoepli.it

**S**i segnala la traduzione in italiano da parte della casa editrice Hoepli del libro di Alexander Jones *A Portable Cosmos. Revealing the Antikythera mechanism, Scientific Wonder of the Ancient World*, recensito tempo fa in questa rubrica («Giornale di Astronomia», n. 4, 2018, p. 57).

\*

### **L'esperienza del cielo Diario di un astrofisico**

Federico Nati  
La nave di Teseo +, 2019  
Copertina flessibile, 201 pp., € 17,00  
ISBN 9788893950350  
www.lanavediteseo.eu

**A**LL'EPOCA di Melville i romanzi di avventure marinai erano piuttosto popolari. Il mondo era molto più grande di oggi e gli ufficiali della marina mercantile lo percorrevano da un capo all'altro, accumulando tesori di racconti: di casi strani, pericolosi, di gravi difficoltà risolte col coraggio e con l'ingegno. Le storie erano di prima mano o ascoltate da altre marinai nelle lunghe notti nell'oceano. Il mondo è cambiato e la moda è passata. Di questa mole di racconti ci è rimasto Moby Dick, smisurata parabola di tempeste umane. Ma chi lo ha letto veramente, chi lo ha letto tutto, sa quanta parte del capolavoro di Melville sia rapporto tecnico, tratti, a suo modo ma in gran dettaglio, di etologia, di zoologia, di sociologia marinara, di merceologia.

Questo libro di Federico Nati mi ricorda molto quel tipo di libri che oggi sono possibili in ambiti diversi dalla marineria, fra cui la scienza, in specie la scienza sperimentale. Tante volte mi è capitato di ascoltare i racconti avventurosi e rocamboleschi di colleghi impegnati nella costruzione, nel trasporto, nella messa in opera di nuovi strumenti. Normalmente si tratta di marchingegni assai complessi, che fanno uso di tecnologia avanzatissime e poco note, ma spesso assemblate in modo semi-artigianale e che debbono essere installati in situazioni piuttosto precarie, in osservatori isolati e freddi, risolvendo problemi complessi ed imprevisi in modi non sempre ortodossi. Queste esperienze sono inevitabilmente mitopoietiche e contribuiscono a creare un forte affiatamento nelle equipe di scienziati che si occupano dello sviluppo di strumentazione, di vitale importanza quando ci si trova a lavorare sotto pressione in condizioni sfavorevoli, come spesso accade in questi casi. I racconti che ne seguiranno («ti ricordi quando siamo saliti in cima alla gru e abbiamo ritagliato un diaframma dal cartone della pizza per applicarlo davanti allo specchio secondario del telescopio?») daranno senso e sostanza alla coesione del gruppo, alla capacità di sopportare lo stress e la fatica nelle occasioni future, nei nuovi progetti.

*L'esperienza del cielo* è primariamente un'esposizione di questo tipo di racconti, riporta le esperienze dirette dell'autore in due progetti di cosmologia sperimentale avanzata, entrambi in ambienti assai difficili: l'Atacama Cosmology Telescope (ACT), situato ad alta quota nell'omonimo deserto cileno e il Balloon-borne Large Aperture Submillimeter Telescope (BLAST), un telescopio che è previsto operare in volo stratosferico su pallone, nel cielo dell'Antartide. Nati partecipa in prima persona alla gestione, nel caso di ACT, e alla costruzione (negli USA) e al lancio (nella base antartica statunitense di

McMurdo) di *BLAST*, mettendoci le mani, avvitando bulloni, installando e testando parti elettroniche e meccaniche, affrontando problemi di criogenia. Il suo racconto di prima mano di tutte le difficoltà, delle trovate risolutive e degli errori, dei successi e dei fallimenti, delle interminabili attese, delle notti insonni, dei *tour de force* è, a mio avviso, il cuore e la parte più interessante di questo libro. Lo consiglio caldamente a chi voglia farsi un'idea realistica di cosa sia la scienza sperimentale, fuori da ogni facile agiografia e rappresentazione televisiva, intesa in primo luogo alla felice digestione della cena del telespettatore. Questa rappresentazione è largamente intrisa della mitologia particolare cui ho accennato sopra e questo è simultaneamente il pepe e il limite del racconto, sul versante prettamente letterario.

Ho apprezzato la franchezza nel riportare il tormento delle proprie scelte, lo sguardo positivo ma disincantato sul mondo (ad esempio sulla vita e il lavoro negli USA). Bella la copertina e le foto a colori. Qua e là qualche ripetizione, qualche passaggio che avrebbe meritato un editing più attento. Le brevi parti che sono intese a provvedere il *background* scientifico di base necessario a comprendere il senso degli esperimenti sono chiare e semplici, anche se si rifanno ad analogie classiche.

Questo non è un libro di divulgazione scientifica, è un racconto di vita, un diario, appunto, da cui si può imparare molto sulla scienza, su come essa viene "fatta", per usare un anglicismo che trovo molto adeguato. Nel complesso, un'opera apprezzabile, godibile, una testimonianza viva, un'utile immersione nella realtà. E tante storie (vere) di marinai della scienza.

MICHELE BELLAZZINI

**Federico Nati** è un astrofisico sperimentale e attualmente svolge ricerca e insegna presso l'Università di Milano Bicocca, dove è anche responsabile delle attività per il Simons Observatory. Nel 2014 l'Università di Princeton gli ha affidato la gestione dell'*Atacama Cosmology Telescope*, posto a 5200 metri sulle vette andine del Cile. Dal 2015 si è trasferito all'University of Pennsylvania a Philadelphia, dove ha lavorato alla costruzione di *BLAST*, un telescopio che osserva il cielo volando nella stratosfera attorno al polo sud, appeso a un pallone. Si è recato in missione in Antartide nel 2018 e nel 2019.

\*

### **Tutto l'universo per chi ha poco spazio-tempo**

Sandra Savaglio

Mondadori (Comefare), 2018

Copertina rigida, pp. 300, € 20,00

ISBN 9788804668947

[www.librimondadori.it](http://www.librimondadori.it)

**C**ON un titolo così questo libro proprio non poteva passare inosservato durante le mie "passeggiate" domenicali in libreria. Infatti l'ho comprato senza pensarci, sicuro che fosse il primo libro di

divulgazione scritto dall'astrofisica Sandra Savaglio, una ricercatrice che ho sempre ammirato sin da quando ero studente del corso di laurea in Astronomia a Bologna. E così è stato sul mio comodino non per molto tempo, a dire il vero, perché l'ho letto quasi tutto d'un fiato.

Con questo libro l'autrice, astrofisica di fama internazionale che lavora presso l'Università della Calabria, è riuscita a far parte dei cinque libri finalisti (unico titolo di astronomia) del prestigioso Premio letterario Galileo (edizione 2019). Rispetto a molti altri libri che promettono di raccontare tutto ciò che sappiamo sull'universo, questo si apprezza in modo particolare perché è molto aggiornato. I risultati che illustra sono proprio quelli che abbiamo trovato nei quotidiani e nelle riviste di divulgazione astronomica e i problemi che affronta sono proprio quelli con i quali i ricercatori si stanno confrontando oggi (fra i quali la natura della materia ed energia oscura che rappresentano ben il 95% del contenuto dell'universo).

I protagonisti del libro sono proprio loro, gli scienziati e le scienziate di oggi. Con ampio spazio dedicato ai nostri ricercatori, un vero e proprio vanto per la nostra Nazione. Nel libro, infatti, trovano spazio Marta Burgay, l'astronoma dell'Osservatorio Astronomico di Cagliari che ha scoperto la prima "pulsar doppia" nel 2003, durante il suo dottorato. Un eccezionale sistema binario, quello scoperto dalla Burgay, che ha permesso di mettere a dura prova la teoria della relatività generale di Albert Einstein.

C'è anche Marco Drago, il fisico del Max Planck Institute che per primo al mondo ha visto lo storico segnale dell'onda gravitazionale rivelata dai due interferometri LIGO, negli Stati Uniti, nel settembre 2015.

Impossibile non citare Marica Branchesi del Gran Sasso Science Institute, un'eccellenza italiana con sede a L'Aquila: l'astrofisica più in vista in questi ultimi anni (è apparsa su *Time*, *Nature* e su molte riviste scientifiche e non) per il suo ruolo nella nascita dell'astronomia multimessaggera quando, per la prima volta, nella fusione di due stelle di neutroni, nell'agosto 2017, c'è stata la rivelazione sia del segnale gravitazionale, sia dell'emissione elettromagnetica. E c'è spazio anche per la scoperta, compiuta da un gruppo di ricercatori italiani, del lago d'acqua liquida presente sotto uno strato di ghiaccio nel polo sud marziano, annunciata nel 2018.

Come si legge nell'introduzione, Savaglio ha evitato il più possibile i riferimenti storici che in genere nella letteratura divulgativa trovano ampio spazio, per andare così "dritto al punto". Dritta al punto, rigorosa ma con un linguaggio comprensibile a tutti. Si scopre così una Sandra Savaglio che, oltre a essere una bravissima astrofisica (in merito non vi erano dubbi), è anche un'eccezionale divulgatrice.

Consiglio questo libro sia ai ricercatori, sia agli studenti dei corsi di laurea in fisica e astronomia. Non solo. Credo possa essere apprezzato anche da tutti quelli che sono semplicemente appassionati all'argomento. Un ricco elenco di testi e articoli, utilizzati dall'autrice, consente al lettore più esigente

di fare ulteriori letture per approfondire determinati argomenti.

ANDREA SIMONCELLI

**Sandra Savaglio** è professoressa di Astrofisica all'Università della Calabria. È *Fellow e Senior Research Scientist* allo *European Southern Observatory* di Monaco di Baviera, alla *Johns Hopkins University* e allo *Space Telescope Science Institute* di Baltimora. Nel 2004 è stata messa in copertina dalla rivista *Time* come simbolo della fuga dei cervelli europei verso gli Stati Uniti. Nel 2006 ha pubblicato, insieme a Mario Caligiuri, il libro *Senza attendere. Ricerca, educazione e democrazia* (Rubettino, 2006).

\*

### **Il lato oscuro dell'universo Viaggio nel "buio" del cosmo**

Andrea Simoncelli

PM Edizioni, 2019

Copertina flessibile, pp. 202, € 22,00

ISBN 97888995658

www.pmedizioni.it

**D**OPO aver pubblicato un libro sulle onde gravitazionali, recensito in queste pagine («Giornale di Astronomia», n. 1, 2019, p. 63), Andrea Simoncelli ci offre questo nuovo volume sul lato oscuro dell'universo, che inevitabilmente evoca il lato oscuro della forza in *Guerre Stellari*. Si tratta senza dubbio di un argomento affascinante e indubbiamente misterioso, alle frontiere della ricerca, e non stupisce che su di esso ogni anno siano pubblicati diversi libri, tanto che talvolta ci si può chiedere se siano tutti giustificati. Nel caso in questione, la risposta è senz'altro positiva, perché l'argomento è affrontato in modo originale e vi sono molti aspetti non trattati altrove.

Innanzitutto, l'autore non si limita, per così dire, all'oscurità cosmologica, ma include anche un'oscurità più prettamente astrofisica. Inoltre, come peraltro nel suo precedente volume, presta una particolare attenzione al lato osservativo e sperimentale della ricerca, senza il quale la cosmologia sconfinerebbe facilmente nella metafisica. Infine, evidenzia, laddove sia il caso, il contributo italiano, che non appare mai come meriterebbe nei libri anglosassoni. Il testo è chiaro e scorrevole e privo di formule (se non in qualche caso eccezionale) e dovrebbe pertanto essere accessibile a chiunque.

Il volume è diviso in quattro parti: tre capitoli e un intermezzo. Il primo capitolo presenta tre diverse manifestazioni dell'universo oscuro nell'astrofisica: le onde gravitazionali, con il racconto della loro prima rilevazione e le prospettive che ora si aprono con l'astronomia "multimessaggera", i buchi neri e l'universo "polveroso", quest'ultimo accessibile attraverso le osservazioni nell'infrarosso. Segue un intermezzo dedicato alla cosmologia moderna, con una sintesi storica che va da Einstein, Lemaître e Hubble al satellite Planck, e che costituisce la premessa ai due capitoli successivi, sulla materia oscura

e sull'energia oscura. Per quanto riguarda la materia oscura, sono discussi i possibili candidati e la teoria alternativa alla materia oscura, vale a dire la MOND, e viene descritta con particolare e rara attenzione rispetto ad altri libri divulgativi la varietà di osservazioni ed esperimenti che ci permettono di stabilirne l'esistenza e che cercano di identificarne la natura, a partire dai primi lavori di Fritz Zwicky e di Vera Rubin (a proposito di quest'ultima, pur riconoscendone la grande importanza del lavoro svolto, non concordo con l'opinione dell'autore che le si dovesse assegnare il Nobel, ma è un dettaglio) ai più recenti esperimenti in laboratorio (fra i quali i discussi risultati di DAMA al Laboratorio del Gran Sasso) e le diverse osservazioni, fra le quali lo sfruttamento degli effetti di lente gravitazionale (con l'esempio del *bullet cluster*) e la riga a 3,5 keV osservata nell'X nell'alone della nostra galassia. Nel quarto capitolo, sull'energia oscura, dopo la descrizione del ruolo decisivo delle Supernovae di tipo Ia per stabilirne la presenza e la discussione sulla sua natura (costante cosmologica, quintessenza, altra teoria della gravità...), viene evidenziata l'importanza delle *survey* di galassie (DES, VIPERS, e la futura missione Euclid) e il potenziale contributo offerto dai raggi gamma. Anche in questo capitolo, come nel precedente, viene messo in luce l'importante contributo della ricerca italiana.

Da sottolineare che il libro è stampato su carta patinata e corredato di numerose foto in bianco e nero e a colori. Chi voglia sapere a che punto siamo nell'oscurità cosmica, quali problemi dobbiamo affrontare e con quali mezzi li affrontiamo per fare luce nell'universo oscuro, troverà in questo testo un'ottima e aggiornata sintesi.

ALBERTO CAPPI

**Andrea Simoncelli** insegna matematica e scienze presso l'Istituto Comprensivo 'G. Rossetti' a Vasto. Laureatosi in Astronomia presso l'Università di Bologna, ha svolto ricerca presso l'Osservatorio Astronomico di Trieste e poi in quello di Brera, nella sede di Merate. Nel 2007 ha ottenuto l'abilitazione all'insegnamento all'Università di Modena e Reggio Emilia e ha conseguito il diploma di Perfezionamento in Didattica della Matematica presso il Consorzio Interuniversitario FOR.COM. Collabora con diverse riviste di astronomia e nel 2018 ha pubblicato *L'era delle onde gravitazionali. Una nuova finestra sull'universo* (Aracne Editrice).

\*

### **Light This Candle The Life & Times of Alan Shepard**

Neal Thompson

Three Rivers Press, 2005

Copertina flessibile, pp. 533, \$ 27,00 (€ 25,64)

ISBN 9781400081226

www.crownpublishing.com

**H**o letto questo libro con considerevole ritardo rispetto alla sua data di pubblicazione, ma mi

è sembrato talmente valido da meritare una recensione nonostante non si tratti, evidentemente, di una novità.

Mi sono già trovato, negli scorsi anni, a recensire biografie e autobiografie di astronauti storici della NASA in occasione della loro uscita in edizione originale o in traduzione italiana, per cui non sono nuovo alla lettura di questo genere di testi che, a guardare bene, si somigliano tutti parecchio per quanto riguarda il piano dell'opera e la sequenza narrativa, centrata sulle vicende esistenziali e lo sviluppo della carriera aviatoria e astronautica del protagonista del libro.

Da questo punto di vista, dunque, anche il libro di Neal Thompson, dedicato alla vita e alla carriera di Alan B. Shepard, primo americano nello spazio ma non solo, non si discosta particolarmente dalla media delle altre – di cui molte ottime – opere del genere.

Ma in questo caso ciò che colpisce è l'estrema qualità del testo, sia per l'ottimo stile narrativo che per l'impressionante mole di dettagli storici e personali che l'Autore è riuscito a raccogliere su Alan Shepard, grazie a innumerevoli interviste con colleghi, familiari e quant'altro (va precisato che l'Autore non ha potuto giovare nella redazione del testo della diretta collaborazione di Shepard, purtroppo deceduto in precedenza rispetto al momento in cui il libro è stato scritto).

Shepard, nato nel 1923 e selezionato dalla NASA nel 1959 tra i "Primi Sette" del programma *Mercury*, è uno dei grandi eroi nazionali americani del secolo scorso: è stato infatti il primo statunitense nello spazio (battuto sul tempo da Yuri Gagarin per poco meno di un mese), anche se il suo breve volo di 15 minuti fu soltanto sub-orbitale, mentre il collega sovietico ne compì uno orbitale, ed è l'unico dei Primi Sette ad aver camminato sulla Luna, nel 1971, dopo essere stato appiedato per diversi anni a causa di una patologia fisica inabilitante (la sindrome di Ménière), insorta nel 1963 mentre l'astronauta si stava preparando al suo secondo volo spaziale, la prima missione del programma *Gemini*.

Thompson racconta la storia del protagonista fin dagli anni della giovinezza e immerge il lettore nella vivida descrizione di un'epoca ormai lontana – gli anni Trenta del secolo scorso – ma non per questo meno affascinante, delineando il carattere e le aspirazioni del giovane e turbolento Alan, fin da allora innamorato del volo, che dopo aver completato il percorso scolastico primario nella propria città, Derry, nel New Hampshire, fu ammesso nel 1941 all'Accademia Navale degli Stati Uniti, uscendone diplomato Guardiamarina e con una laurea in Scienze nel 1944, in tempo per essere imbarcato sul cacciatorpediniere *Cogswell* destinato al fronte del Pacifico, in cui avrebbe avuto modo di confrontarsi con gli implacabili *kamikaze* giapponesi e la furia degli elementi, nello specifico un tifone che affondò tre altre navi impegnate nella stessa missione.

Il *Cogswell* rientrò in patria nel febbraio 1945 e il mese successivo Shepard sposò Louise Brewer,

l'amore della sua vita. Louise ha condiviso con lui tutta la propria esistenza da quel momento in poi (sono deceduti entrambi nel 1998, lui a causa di una leucemia e lei appena poche settimane dopo per infarto), in un legame matrimoniale non scevro da momenti di difficoltà. Infatti, Alan non sempre l'onorò come avrebbe dovuto, pur dimostrando costantemente il proprio attaccamento alla moglie, alle due figlie e alla nipote (figlia della defunta sorella di Louise), che i coniugi Shepard vollero accogliere nella propria famiglia all'età di cinque anni, non adottandola formalmente ma trattandola a tutti gli effetti come una figlia.

Il *Cogswell* tornò in crociera di guerra in aprile, impegnato questa volta nel pericolosissimo ruolo di picchetto radar nella battaglia di Okinawa, collocato nella linea difensiva più esterna della flotta USA con il compito di avvertire dell'arrivo dei *kamikaze* nipponici. Il cacciatorpediniere era quindi tra le prime navi a subire l'attacco degli incursori nemici e nonostante tutto riuscì a sopravvivere in una lunga e feroce battaglia – magistralmente raccontata dall'Autore – che causò perdite importanti alla flotta americana del Pacifico. In questa sua seconda missione bellica Shepard, cui era stata data la responsabilità del comando di alcune batterie contraeree da 20 e 40 mm poste nella zona prodiera della nave, ebbe modo di distinguersi per valore e capacità operative.

Al rientro a casa, alla fine della guerra, il futuro astronauta fu assegnato alla *Naval Air Station* di Corpus Christi, in Texas, per iniziare l'addestramento al volo, vedendo così finalmente coronato il sogno per realizzare il quale si era arruolato in Marina.

Nella descrizione di questo periodo Thompson si rifà abbondantemente ai resoconti fornitigli da colleghi di reparto di Shepard, che delineano la personalità fortemente competitiva del protagonista e la sua irruenza, sempre pronto a farsi avanti per ottenere gli incarichi più pericolosi e farsi affidare gli aerei più "difficili", ma anche più prestazionali, dell'epoca, come gli F4U Corsair e gli F2H Banshee. Nel decennio tra la fine della guerra e la seconda metà degli anni Cinquanta, Shepard opera intensamente sulle portaerei, in particolare nei gruppi di volo imbarcati sulla *USS Franklin D. Roosevelt* e sulla *USS Oriskany*, alternando i tour operativi con la permanenza alla prestigiosa *United States Naval Test Pilot School* di Patuxent River, nel Maryland, dove si afferma come valido pilota collaudatore per la Navy ma ha modo anche di mettere in mostra la sua insoddisfazione per le regole e la predilezione per le acrobazie e i voli non autorizzati a bassa quota, che gli farà seriamente rischiare il deferimento alla corte marziale e una brusca interruzione della propria promettente carriera. La fine della guerra in Corea interviene proprio mentre Shepard è in viaggio a bordo della sua portaerei verso la zona di combattimento e quindi, a differenza di altri futuri astronauti, come per esempio Glenn, Armstrong e Aldrin, eviterà in extremis di partecipare attivamente a questo conflitto.

Mi sono dilungato su questi anni di formazione di Shepard come pilota della Marina perché l'Autore ne fornisce nel libro un resoconto davvero completo, così come fornisce un quadro pienamente esaustivo ed interessantissimo delle operazioni dell'aviazione imbarcata americana negli anni Quaranta e Cinquanta (per farsi un'idea della ricchezza e precisione del dettaglio che caratterizza questa narrazione, basti pensare che gli anni pre-NASA di Shepard sono coperti in ben centottanta pagine).

Nel 1959 Shepard imprime una decisa svolta alla propria carriera, entrando alla NASA nel gruppo dei già citati primi sette del *Mercury*. Anche qui l'Autore è molto bravo nell'illustrare le dinamiche interne a questo gruppo di selezionatissimi piloti, che i media e l'opinione pubblica avevano già insignito della qualifica di eroi nazionali, pur senza che essi avessero ancora fatto sostanzialmente nulla per meritarsi questo onore. Erano gli anni della Guerra Fredda, e Shepard e compagni venivano visti in America, e più generalmente in Occidente, come i campioni del mondo libero che avrebbero dovuto opporsi alla montante marea sovietica nel particolare teatro operativo dello spazio. Thompson descrive magistralmente il carattere di questi primi astronauti, uomini d'acciaio tra loro altamente competitivi nel cercare di dimostrare ai responsabili della NASA di essere i più adatti per le missioni in programma, per quanto rischiose e complicate esse potessero rivelarsi. Ne è un esempio il fortissimo scontro di personalità creatosi tra Shepard e John Glenn, così ben delineato da Thompson nel libro, nella gara senza esclusione di colpi bassi che i due, pur nell'ambito di un grande rispetto reciproco, instaurarono per "meritarsi" il titolo di primo americano nello spazio (che come abbiamo visto andò a Shepard nel maggio del 1961 mentre fu Glenn, nel febbraio del 1962, a conseguire quello di primo americano in orbita).

Uomini abituati a confrontarsi col pericolo e col rischio della vita, che passavano le loro giornate alla base di Edwards in California o a Patuxent River, portando in volo prototipi avanzatissimi con il compito di testarne i limiti tecnici e operativi, con la concreta possibilità di schiantarsi al suolo nel bel mezzo di quella che per loro era una normale giornata di lavoro. Non sorprende quindi – e qui si presenta l'occasione di spiegare a cosa si riferisca la candela da accendere che dà il titolo al libro – che mentre si trovava da molte ore nella sua capsula *Mercury* col lancio sospeso per l'ennesimo inconveniente tecnico, Shepard finisse per sbottare alla radio, rivolto al controllo missione, con una frase rimasta iconica: «*Why don't you fix your little problem and light this candle?*».

Questi erano gli uomini che, all'Est come all'Ovest, in quegli anni di sfrenata corsa allo spazio affrontavano i terribili rischi del loro mestiere senza dubbi o ripensamenti. Questo era Alan Shepard.

Pur con all'attivo il trionfo del primo volo *Mercury*, per Shepard iniziano poco dopo gli anni più difficili, quelli in cui gli viene tolto lo status di pilota a causa della sindrome di Ménière e deve subire l'umiliazione, se vuole andare in volo, di poterlo fare solo se è un altro a pilotare. Ma Shepard è testardo e rimane comunque alla NASA. Grazie anche al collega dei Primi Sette Deke Slayton, anch'egli escluso dalle missioni per un problema cardiaco e divenuto nel frattempo capo delle operazioni di volo con equipaggio, gli viene offerto l'importante ruolo di capo dell'ufficio astronauti: lui accetta l'incarico, in attesa del riscatto che vuole e cerca a tutti i costi. Riscatto che arriverà nei primi mesi del 1969 quando, dopo essersi sottoposto ad un intervento chirurgico non scevro da rischi, potrà ripresentarsi guarito ai medici della NASA i quali, dopo gli accertamenti del caso, gli restituiranno la possibilità di tornare in volo e lui, come prima cosa, si precipiterà dall'amico Deke chiedendo il comando di una missione lunare. Che gli verrà dato, a scapito del collega della prima ora Gordon Cooper (che per lungo tempo gli toglierà il saluto e con il quale si riconcilerà solo più avanti), e Shepard andrà così sulla Luna nel 1971 con la missione *Apollo 14*, unico tra i Primi Sette e a tutt'oggi detentore del primato di astronauta più anziano ad aver posato piede sul suolo del nostro satellite naturale.

L'ultima parte del libro è dedicata agli anni post-NASA e si conclude con la toccante vicenda della scomparsa di Alan e Louise, avvenuta a brevissima distanza di tempo l'una dall'altro nel 1998, come già accennato in precedenza.

Una storia di coraggio e determinazione, quella di Alan Shepard, che emerge pienamente da queste pagine davvero belle e appassionanti. Va dato merito all'Autore della sua indiscutibile bravura di narratore, ma va anche attribuito il giusto risalto al protagonista di questo libro, pilota straordinario ma soprattutto uomo vero fino in fondo, nelle sue grandezze così come nei suoi lati meno nobili, a cominciare da un carattere non certamente facile ed accattivante.

Un libro che mi dolgo di aver letto in ritardo ma che consiglio e raccomando incondizionatamente.

MARCO ORLANDI

Neal Thompson è un giornalista e scrittore americano naturalizzato irlandese. Dopo il libro *Light this candle* ha pubblicato *Driving With The Devil*, *Hurricane Season*, *A Curious Man* e *Kickflip Boys*.

---

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 sulla cosmologia osservativa.