

GIORNALE DI ASTRONOMIA

Rivista di informazione, cultura e didattica
della Società Astronomica Italiana

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

Direttore responsabile: Fabrizio Bònoli

Ufficio redazionale: Valentina Pagnan

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

<http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/>

Dal n. 1/2024 il *Giornale di Astronomia* è disponibile online al
sito www.sait.it/giornalediastronomia.html.

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

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

Fabrizio Bònoli
fabrizio.bonoli@unibo.it

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

Pubblicazione trimestrale
Vol. 52° · N. 2 · Giugno 2026



Fabrizio Serra · Editore
Pisa · Roma

Sommario

Astronomia e società

- 2 Un incontro tra cinema e radiotelescopi: Antonioni,
Deserto rosso e la Croce del Nord
G. VETTOLANI

Astronomia oggi

- 12 Il battito cardiaco delle galassie
M. D'ONOFRIO, C. CHIOSI
16 L'Archivio Digitale Scientifico ESO: riflessioni attor-
no alla materialità digitale
S. ROMANI

Storia

- 25 Ferdinando Massimiliano d'Asburgo e la nascita del-
l'Osservatorio Astronomico di Trieste
P. MOLARO

Didattica

- 33 Concorso nazionale 'Paolo Maffei' · I edizione
2025-26
C. BALDO, A. ZIGIOTTO, T. BARBI, G. BIOSA, S. IAN-
NILLI, E. RUBINO

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

- 48 Julia Margaret Cameron e Sir John Herschel, il so-
dalizio tra due innovatori alle origini della fo-
tografia
T. MACALUSO

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

- 52 Il concetto di tempo in fisica
A. D'ERCOLE

Biblioteca (a cura di A. Cappi)

- 59 A. CALANCHI, *Trent'anni su Marte. Contro-narrazioni
dell'invasione aliena (1880-1911)* (recens. di A. Cappi)
60 C. S. CRAWFORD *et al.*, *Luna. Dal sogno all'esplorazio-
ne* (recens. di G. M. Stirpe)
60 P. FERRI, *Ai confini dell'universo. Dalle sfere celesti
all'esplorazione spaziale* (recens. S. Cavuoti)
61 V. GIACOMOTTO-CHARRA, S. NONY, *La Terre plate.
Généalogie d'une idée fautive* (edizione italiana: *La
Terra piatta. Genealogia di un malinteso*) (recens.
A. Cappi)
63 S. KUNA BALLERO, *Rapsodia Marziana. Scienza, fic-
tion e ideologia nell'immaginario di Marte* (recens.
A. Cappi)

65 Gli Incontri del «Giornale di Astronomia»

In copertina

Immagine dal film *Il deserto rosso* di Michelangelo Antonioni,
"Leone d'oro" a Venezia nel 1964. Alcune scene furono girate al
radiotelescopio di Medicina (in costruzione, visibile sullo sfondo),
dove la protagonista Giuliana, magistralmente interpretata da
Monica Vitti, chiede di poter «ascoltare le stelle». [Si veda all'inter-
no l'articolo di G. Vettolani]

Un incontro tra cinema e radiotelescopi: Antonioni, *Deserto rosso* e la Croce del Nord

Giampaolo Vettolani

INAF · Istituto di Radioastronomia, Bologna

Preambolo

IN alcuni film di successo degli ultimi trenta anni compaiono radiotelescopi sia come semplice ambientazione che come elementi essenziali alla narrazione. Il più famoso è forse *Contact*, un film del 1997 basato sull'omonimo romanzo del famoso astronomo e divulgatore Carl Sagan (1934-1996), in cui compaiono il radiotelescopio di Arecibo (Portorico) ed il VLA (New Mexico, USA). (FIG. 1) La protagonista è interpretata da Jodie Foster, attrice statunitense dalla lunghissima carriera, iniziata da ragazzina nella serie TV *Bonanza* fino al film cult *Taxi Driver*. La regia è di Robert Zemeckis, famoso regista statunitense di origine italo-lituana che ha diretto tra gli altri, film come la trilogia di *Ritorno al futuro* (1985-1990), *La morte ti fa bella* (1992) e *Forrest Gump* (1994), con cui Zemeckis ha vinto il premio Oscar per la miglior regia e Tom Hanks, protagonista del film, il premio come miglior attore.

Contact descrive un ipotetico primo incontro tra esseri umani e alieni e le relative implicazioni etiche e religiose, oltre a parlare in generale del rapporto fra fede e scienza. La sceneggiatura è stata concepita e scritta nelle linee generali dallo stesso Sagan e dalla moglie Ann Druyan con la collaborazione di alcuni sceneggiatori cinematografici professionisti. La protagonista è la dottoressa Ellie Arroway, un'astronoma del programma SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) ad Arecibo, che dedica la sua vita all'ascolto di segnali radio dallo spazio profondo, sperando di trovare prove di intelligenza extraterrestre.

Dopo anni di ricerche senza successo, il programma viene chiuso ad Arecibo ma, grazie ad un mecenate, viene ripreso presso un altro imponente radiotelescopio (il VLA). Qui Ellie capta un segnale potente proveniente dalla stella Vega. Messaggio che contiene una sequenza di numeri primi e, nascosto al suo interno, il video del discorso di Adolf Hitler alle Olimpiadi del 1936 (il primo segnale televisivo abbastanza forte da lasciare l'atmosfera terrestre). Ma, oltre al video, il segnale nasconde migliaia di pagine di schemi tecnici per costruire una misteriosa macchina da trasporto per un solo passeggero. La costruzione della macchina scatena un dibattito globale. Ellie viene inizialmente scartata come pilota a causa del suo ateismo, preferendo il suo rivale David Drumlin. Tuttavia, dopo un attentato terroristico che distrugge la prima macchina, Ellie viene



FIG. 1. Locandina del film *Contact* del 1997, di Robert Zemeckis.

scelta per utilizzare una seconda versione segreta costruita in Giappone e viene lanciata attraverso una serie di *wormhole* (ponti spazio-temporali). Durante l'esperienza, si ritrova su una spiaggia surreale dove incontra un'entità aliena che ha assunto le sembianze del suo defunto padre per rendere il contatto meno traumatico. Al suo ritorno, Ellie scopre che sulla Terra sono passati solo pochi secondi e che la capsula sembra essere caduta direttamente attraverso la macchina senza andare da nessuna parte. Non avendo prove fisiche del suo viaggio (le telecamere hanno registrato solo interferenze), viene accusata di aver vissuto un'allucinazione o di essere vittima di un complotto. Il film si chiude con un'ironica inversione di ruoli: Ellie, la scienziata che credeva solo nei dati, deve chiedere al mondo di credere al suo racconto per pura fede. Un dettaglio cruciale, rivelato nel finale, suggerisce però che la

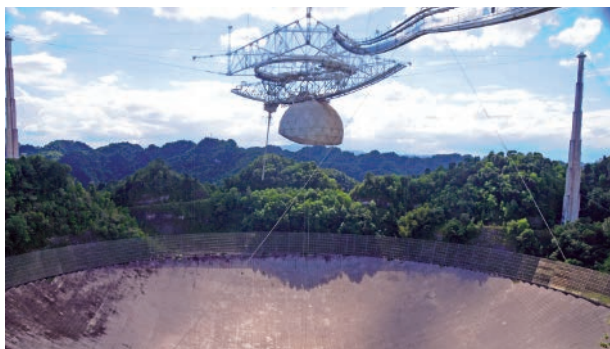


FIG. 2. Il radiotelescopio di Arecibo a Portorico. (Crediti: David Broad)

sua telecamera, pur avendo registrato solo rumore bianco, lo ha fatto per 18 ore, la durata esatta del viaggio percepito da Ellie.

L'osservatorio di Arecibo, entrato in funzione nel 1963 a Portorico, è un radiotelescopio formato da una antenna a singola apertura del diametro di 305 metri, costruita su una depressione naturale di forma circolare, dotato di un sistema sostenuto da cavi e orientabile che ospitava il ricevitore sospeso sul fuoco dell'antenna (FIG. 2). Arecibo è stato il radiotelescopio più grande del mondo fino all'entrata in vigore di FAST di 500 metri di diametro in Cina nel 2016. Dopo anni di danni causati da uragani e terremoti, la struttura è collassata definitivamente il 1° dicembre 2020. La piattaforma sospesa, da 900 tonnellate, è precipitata sulla parabola sottostante a causa del cedimento dei cavi di supporto.

Le ricerche ad Arecibo hanno spaziato dalla misurazione della rotazione di Mercurio, al monitoraggio delle pulsar, a misure in idrogeno neutro per lo studio della distribuzione delle galassie in ammassi e superammassi nell'universo vicino. Nel contesto di *Contact* vale la pena ricordare che Arecibo è stato usato per ricerca di segnali extraterrestri (SETI) e per avere inviato il "Messaggio di Arecibo": un segnale radio interstellare inviato il 16 novembre 1974 verso l'ammasso globulare M13 nella costellazione di Ercole per presentare l'umanità ad una potenziale civiltà extraterrestre. Il segnale consiste in 1679 bit (un prodotto di numeri primi: 23×73) che, disposti correttamente, formano un'immagine codificata con informazioni su numeri, DNA, forma umana, popolazione e Sistema solare, rappresentando un tentativo simbolico di comunicazione cosmica.

Il Carl Jansky Very Large Array (VLA), a Socorro nel New Mexico, è un raggruppamento di 27 antenne paraboliche del diametro di 25 metri ciascuna, disposte lungo 3 bracci, ciascuno lungo fino a 21 km di estensione massima, a forma di una gigantesca Y (FIG. 3). Il VLA, entrato in funzione nel 1980 essendo al tempo il più grande radio interferometro del mondo, prende il nome dal fisico omonimo (1905-1950) che effettuò le prime osservazioni di radioastronomia nel 1933 con una antenna da lui costruita ai Bell Telephone Laboratories.



FIG. 3. Le antenne del Carl Jansky Very Large Array (VLA), a Socorro nel New Mexico, al tramonto. (Crediti: Bettymaya Foott, NRAO/AUI/NSF)

Il VLA è un interferometro che può operare a diverse risoluzioni e sensibilità attraverso diverse configurazioni delle distanze tra le antenne nella Y. Perciò è uno strumento polivalente, ideato per studiare molti oggetti astronomici, sia galattici che extragalattici, quali pulsar, resti di supernova, radio stelle fino al Sole ovvero radiogalassie e quasars, così come compiere *survey* di radiosorgenti su tutto l'emisfero nord.

Una divertente descrizione delle riprese di *Contact* che hanno sconvolto la tranquilla cittadina di Socorro e i lavori al VLA si trovano in Dave Finley, *Hollywood Comes to Socorro: Filming Contact at the VLA*, 1997.

Sagan ha incorporato in *Contact* aspetti della fisica moderna e dei suoi protagonisti come la teoria sui *wormholes*, i tunnel nello spazio-tempo attraverso cui viaggia Ellie, sviluppata dal fisico teorico statunitense Kip Thorne, premio Nobel per la Fisica nel 2017 per la rivelazione delle onde gravitazionali con l'interferometro LIGO. I *wormholes* gravitazionali sono "scorciatoie" teoriche nello spazio-tempo, specificatamente ponti di Einstein-Rosen, che connettono due punti distanti, quindi potenzialmente permettendo il viaggio a velocità superiore alla velocità della luce e/o il viaggio nel tempo. I *wormholes* sono soluzioni delle equazioni di campo di Einstein in cui l'intenso campo gravitazionale modifica lo spazio-tempo, ma essi per essere stabili richiedono materia esotica con densità di energia negativa, altrimenti sotto la normale gravità collassano immediatamente. I *wormholes* sono un interessante concetto della fisica teorica ma non c'è alcuna evidenza della loro reale esistenza.

Anche la protagonista Ellie è ispirata ad una radioastronoma ben nota nell'ambiente della ricerca delle intelligenze extraterrestri: Jill Tarter che, dopo aver diretto numerosi progetti sull'argomento, ha fondato nel 1984 e diretto per molti anni il SETI Institute in California. Jill Tarter ha fornito molte indicazioni alla storia per renderla realistica e in parte simile alla sua carriera negli anni Sessanta-Settanta del Novecento.

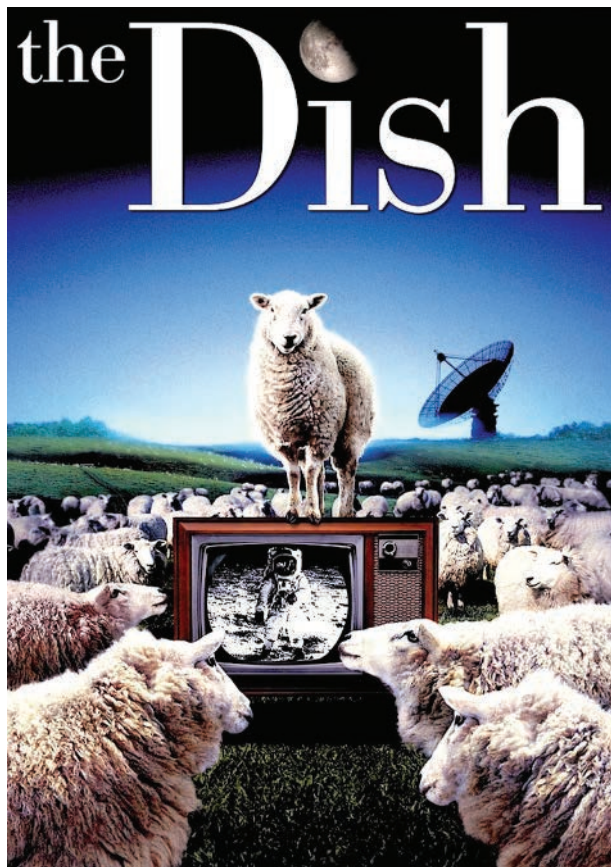


FIG. 4. Locandina del film *The Dish* del 2000, di Rob Sitch.

Il VLA compare assieme ad Arecibo anche in altri film come ad esempio *2010 - l'anno del contatto*, diretto da Peter Hyams nel 1984 e basato sul romanzo *2010 - Odissea due* del famoso scrittore di fantascienza britannico Arthur C. Clarke (1917-2008), seguito del famosissimo film del 1968 di Stanley Kubrik *2001: Odissea nello spazio*. Il solo Arecibo poi, locazione assolutamente spettacolare per le riprese di film di "avventura", compare in altri film, il più noto dei quali è *Golden Eye*, diciassettesimo episodio della saga di James Bond, del 1995: nella sequenza finale Bond, interpretato da Pierce Brosnan, combatte con il cattivo della situazione sulla piattaforma sospesa sulla immensa parabola.

Altro film di successo in cui compare un grande radiotelescopio, è l'australiano *The Dish* del 2000 (FIG. 4), che racconta, con qualche piccola concessione alla fantasia per motivi narrativi, la vicenda del 1969 della ritrasmissione delle immagini televisive dei primi passi di Neil Armstrong sulla Luna nella Missione Apollo. In una trasmissione che avveniva a bassissima potenza (10 W), ebbe un ruolo decisivo il radiotelescopio di Parkes, data la sua sensibilità sei volte superiore rispetto alle antenne standard NASA di 26 metri di Goldstone (California) e Honeysuckle Creek (Australia). Problemi di vento forte a Parkes sembrava non permettessero l'uso della antenna che vedeva la Luna quasi all'orizzonte, ma il direttore, il radioastronomo John Bolton, decise di procedere comunque anche a rischio di



FIG. 5. Il radiotelescopio di Parkes in Australia, con la Luna sullo sfondo. Questa immagine risale al 1969, all'incirca alla data dell'alunaggio. (Crediti: CSIRO)

danni strutturali e dobbiamo a questa decisione la possibilità di vedere quei momenti storici della passeggiata sulla Luna.

Il radiotelescopio di Parkes (FIG. 5), noto anche come "The Dish" (Il Piatto) o con il nome *Murriyang* (che significa "il mondo del cielo, là dove vive lo spirito Biyaami") del popolo aborigeno Wiradjuri, è un iconico strumento scientifico situato nell'Australia centrale, nel Nuovo Galles del Sud presso l'omonima cittadina di Parkes. Il telescopio, costruito nel 1961, ha un diametro di 64 metri ed è uno dei più grandi radiotelescopi a singola parabola orientabile nell'emisfero australe. La sua struttura, sebbene la base sia rimasta la stessa, è stata sottoposta a continui aggiornamenti che l'hanno resa 10.000 volte più sensibile rispetto alla sua costruzione originale. Dal punto di vista scientifico, con il radiotelescopio di Parkes sono state effettuate importanti survey del cielo australe contenenti dati per migliaia di radio-sorgenti e sono state effettuate osservazioni fondamentali per lo studio delle pulsar: il cinquanta per cento delle pulsar note è stato scoperto a Parkes così come le millisecond pulsar nell'ammasso globulare 47 Tucanae e le pulsar binarie.

La Croce del Nord

Il primo radiotelescopio a comparire in un film è però la Croce Del Nord, il radiotelescopio operato dall'Istituto di Radioastronomia dell'INAF, situato a Medicina in provincia di Bologna. Una situazione



FIG. 6. Le prime centine della Croce del Nord erette a Medicina ai primi del 1963. Si noti il colore bianco senza le striature rosse fatte dipingere da Antonioni per il film. (Crediti: INAF-IRA)

un poco diversa, però, rispetto ai film citati sopra perché la Croce del Nord compare nel film di Michelangelo Antonioni *Il deserto rosso* del 1963 come elemento essenziale della narrazione e non come un elemento di spettacolarità tecnologica della “location”.

La costruzione della Croce del Nord era iniziata nel 1960 quando Marcello Ceccarelli, giovane fisico delle particelle proveniente da Padova, aveva accettato l'invito di Giampiero Puppi, uno dei più influenti fisici italiani all'epoca e Direttore dell'Istituto di Fisica dell'Università di Bologna, di occuparsi della costruzione di un radiotelescopio. Radiotelescopio che avrebbe effettuato importanti *survey* e avrebbe svolto un ruolo chiave nello studio della struttura dell'universo mediante i conteggi di radiogalassie, uno degli argomenti scientifici considerati più discriminanti nella cosmologia degli anni Cinquanta-Sessanta, attraversati dal dibattito su quale fosse il modello cosmologico corretto tra quello del big bang e quello dello stato stazionario.

I lavori di preparazione e scelta del tipo di radiotelescopio da costruirsi impegnarono febbrilmente Ceccarelli e i suoi collaboratori anche attraverso viaggi e discussioni, soprattutto con i colleghi di Cambridge (UK) e di Leiden (Olanda), le due nazioni all'apice della ricerca radioastronomica in Europa. La scelta ricadde su uno strumento a Croce (Croce di Mills) composto da due rami, uno in direzione est-ovest ed il secondo in direzione nord-sud.



FIG. 7. Il Radiotelescopio Croce del Nord a Medicina (Bologna). In primo piano parte del ramo Nord-Sud e in profondità il ramo Est-Ovest. (Crediti: INAF-IRA)

Nel maggio 1960 il primo prototipo del Ramo E/W operante a 350 Mhz viene realizzato nella campagna di Medicina. Era lungo 110 metri e lo specchio era realizzato con 250 fili di acciaio per un totale di 25 Km. In giugno vengono effettuate le prime registrazioni di dati da cui si otterrà una mappa radio del piano galattico, dopo avere inaugurato lo strumento alla presenza dell'allora Ministro della Pubblica Istruzione, Giuseppe Medici.

Nel 1961 vengono fissate le specifiche dello strumento finale:

- frequenza di lavoro: 408 MHz (banda protetta per uso scientifico);
- Ramo E/W da 600 metri di lunghezza, composto da centine di 60 metri di altezza;
- Ramo N/S ad interferometro, composto da tanti piccoli elementi posti alla minima distanza tra di loro fino alla concorrenza della medesima lunghezza di 600 metri.

Nel mese di dicembre 1961, il progetto è ufficialmente presentato al “Symposium on Large Antennae for Radioastronomy” di Parigi, una delle conferenze che sono state una pietra miliare nell'astrofisica, organizzato dall'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), appena fondata, con lo scopo di discutere le sfide scientifiche e tecnologiche connesse alla costruzione di radiotelescopi con grandi aree collettrici che erano considerati essenziali per la cosmologia. Nello stesso mese, viene erogato il finanziamento iniziale pari a 600 milioni di lire, poco più di 9 milioni di Euro attuali, che viene assegnato dal Ministero della Pubblica Istruzione all'Istituto di Fisica dell'Università di Bologna.

Nel 1962, la ditta selezionata per la realizzazione dell'intelaiatura metallica, la Società SAE di Lecco, che operava nel settore della realizzazione di elettrodotti e quindi con notevole esperienza di costruzione di carpenterie metalliche di grandi dimensioni, monta nei suoi cantieri la prima centina. Verso la fine dell'anno, purtroppo, arriva la prima tegola. A causa del ritardo sui finanziamenti, ci si rende conto



FIG. 8. Marcello Ceccarelli con Valentina Tereshkova a Medicina nel 1967. Tereshkova, cosmonauta russa, è stata la prima donna a viaggiare nello spazio nel 1963. (Crediti: INAF-IRA)

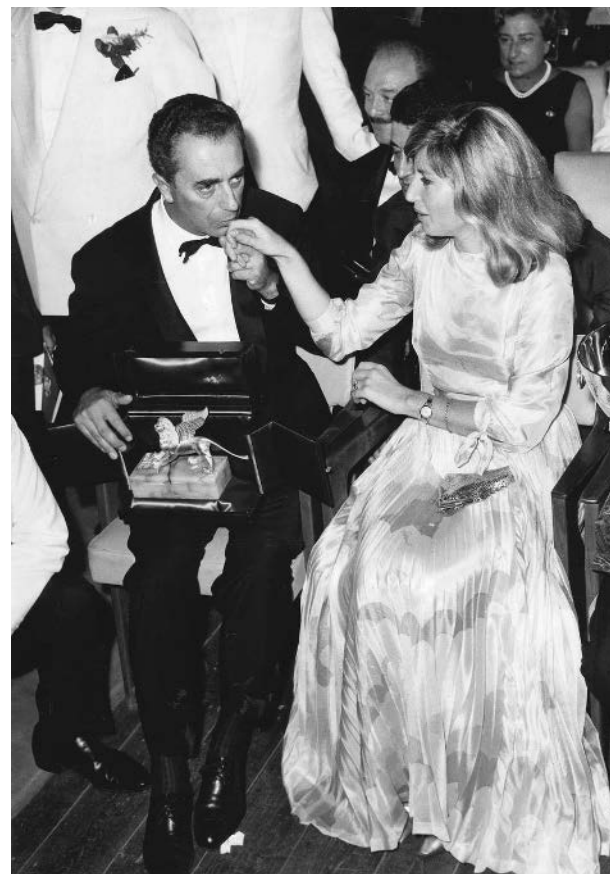


FIG. 9. Michelangelo Antonioni e Monica Vitti con il Leone d'Oro a Venezia nel 1964.

che il ramo E/W dovrà essere “dimezzato” passando da una configurazione “a croce” ad una configurazione “a T”. Nel 1963 cominciano i lavori veri e propri di costruzione del nuovo strumento. In agosto, inizia la costruzione delle centine del ramo E/W e a settembre inizia la produzione della linea focale del ramo E/W (FIG. 6).

Purtroppo, a causa dei costi delle materie prime per realizzare il ramo N/S e per rientrare nei costi, le dimensioni del ramo N/S dovranno essere riconsiderate. Nel 1964 la Croce del Nord ha preso forma come un “meccano gigante” a forma di croce di Tau – un braccio di 640 metri, l'altro di 564 – inaugurato il 24 ottobre 1964 (GREGORINI *et al.* 2022) (FIGG. 7, 8).

Il Deserto rosso

Dopo la trilogia della incomunicabilità, (*L'avventura* del 1960, *La Notte* del 1961, *L'eclisse* del 1962) Antonioni affida di nuovo alla compagna Monica Vitti un ruolo da protagonista assoluto (Giuliana) in questo dramma della solitudine. A fianco di Monica Vitti recita Richard Harris nel ruolo del protagonista maschile (Corrado Zeller). Il film uscì nelle sale il 29 ottobre del 1964 ma venne presentato in anteprima alla 25esima edizione del Festival Internazionale del Cinema di Venezia che si era svolto dal 27 agosto al 10 settembre del 1964. La giuria presieduta da Mario Soldati (1906-1999), noto scrittore, sceneggiatore e regista, assegna il Leone d'Oro a *Deserto rosso* ed il

Leone d'Argento a *Il Vangelo Secondo Matteo* di Pier Paolo Pasolini. (FIG. 9)¹ Si scatenano polemiche e giudizi tranchant su questa decisione e su entrambe le opere.

Su *Vie Nuove*, la rivista culturale del Partito Comunista Italiano (PCI), Pier Paolo Pasolini tenne, tra il 1960 e l'autunno del 1965, una rubrica di dialoghi con il lettore. Una lettrice Maria Bicci nel gennaio 1965 scriveva:

Caro Pasolini, ho veduto il *Deserto rosso*. Perché e con che criterio il Leone d'oro fu assegnato a *Deserto rosso* e non al *Vangelo secondo Matteo*? [...] La tua Opera è luce nelle tenebre.

La risposta di Pasolini è forse la critica più bella che Antonioni abbia ricevuto per *Deserto rosso*. Scrive Pasolini:

Ti ringrazio di «tenere» per me contro Antonioni. Ma qui, non per lealtà [...], ma per dovere di chiarezza e di libertà critica, devo polemizzare con te, a favore di Antonioni. Ecco: io ero, come si dice, prevenuto contro il *Deserto rosso*. [...] mi era piaciuta assai poco *La Notte* e mi era parso detestabile *L'eclisse*. In queste opere c'erano, a mio avviso, due contenuti: uno formalistico (la stessa forma cioè come contenuto) e uno pretestuale (i

¹ La premiazione del film si può vedere in un Film Luce del Festival di Venezia, *La Mostra di Venezia com'era: 1964*, nel sito www.raicultura.it/cinema/articoli/2019/08/La-Mostra-comera-1964-cad11039-a3fo-4a60-a55e-ac5c81675a73.html.

FIG. 10. Locandina di *Deserto rosso*.

problemi della società moderna a un livello avanzato) estranei l'uno all'altro. Sicché il primo veniva ridotto dal secondo ad una esercitazione stilistica priva di cultura [...] e il secondo veniva ridotto dal primo ad una problematicità generica e inattendibile. Mi sbagliavo. Ho visto finalmente *Deserto rosso*, e mi è sembrato un bellissimo film.

E argomentava di come fosse a suo giudizio un film poetico di cui apprezzava la forza espressiva, la poeticità e il rinnovamento stilistico attraverso la tecnica di ripresa e l'uso incredibile del colore usato per la prima volta in un film da Antonioni (FIG. 10).

Un aspetto fondamentale del film è, infatti, la grande sperimentazione cromatica, la ricerca sul colore, premiata a Venezia con il Nastro d'argento per la migliore fotografia a Carlo di Carlo. Antonioni durante la conferenza stampa tenuta dopo la proiezione di *Deserto rosso* così spiegava questo suo primo film a colori:

La storia è nata a colori, ecco perché dico che la decisione di fare il film a colori non l'ho mai presa, non era necessario prenderla. [...] nella vita moderna mi pare che il colore abbia preso un posto molto importante. Siamo circondati sempre più da oggetti colorati, la plastica che è un elemento molto moderno è a colori, [...] e che la gente si stia accorgendo che la realtà è a colori. Nel film ho cercato di usare il colore in funzione espressiva, nel senso che avendo questo mezzo nuovo in mano, ho fatto



FIG. 11. Un ritratto di studio di Monica Vitti del 1968, conservato negli archivi Mondadori Portfolio.

ogni sforzo perché questo mezzo mi aiutasse a dare allo spettatore quella suggestione che la scena richiedeva.

Deserto rosso è ambientato principalmente nella zona industriale del grande stabilimento petrolchimico ANIC di Ravenna, trasformando il distretto petrolchimico, il porto e le zone limitrofe in un paesaggio alienante e inquinato dove il grigio industriale, i fumi e la nebbia accentuano il dramma esistenziale e la nevrosi della protagonista Giuliana; fumi e nebbia presenti anche a Porto Corsini e Marina di Ravenna, dove le scene ambientate lungo il porto canale sottolineano il contrasto tra natura e industrializzazione. Il radiotelescopio di Medicina poi rappresenta una incomprensibile struttura futurista che sottolinea ancora di più l'alienazione dei personaggi. Tutto questo è sottolineato da una fotografia, con i suoi colori desaturati e l'uso innovativo del colore per esprimere lo stato d'animo della protagonista, Giuliana (interpretata da Monica Vitti), una donna che vive un profondo disagio esistenziale e un senso di alienazione nel contesto della moderna e industrializzata città di Ravenna (FIG. 11).

Il film si apre con Giuliana che cammina con il figlio in una zona industriale, caratterizzata da ciminiere, fumi tossici e paesaggi desolati. Si scopre che ha recentemente avuto un incidente d'auto, che potrebbe essere stato un tentato suicidio, e ha trascorso un periodo in una clinica psichiatrica. È per-



FIG. 12. Monica Vitti e Richard Harris in una scena di *Deserto rosso*, davanti al radiotelescopio di Medicina.

vasa da un'angoscia costante, una paura di vivere e un'incapacità di adattarsi alla realtà circostante, che percepisce come ostile e disumana. Giuliana è sposata con Ugo, un ingegnere dirigente di un impianto chimico, una figura razionale e immersa nel mondo industriale che la circonda. Nella sua vita entra Corrado Zeller, interpretato da Richard Harris, un collega di Ugo di passaggio a Ravenna. Corrado è attratto da Giuliana e sembra essere l'unico in grado di percepire il suo profondo malessere interiore, intrecciando con lei una fuggevole ed amara relazione che non farà altro che aumentare il suo stato depressivo. Giuliana, si reca alla "Croce del Nord" di Medicina, ridipinta con striature rosse per il film, assieme a Corrado che sta pianificando un progetto di lavoro in Sud America e ha bisogno di reclutare operai specializzati e spera di trovare un lavoratore qualificato proprio lì, nella zona del radiotelescopio, che rappresenta un centro di eccellenza tecnologica.

Per Giuliana, il viaggio e la visita sono un tentativo, quasi disperato, di fuga dalla sua routine opprimente e dalla sua crescente alienazione. Cerca disperatamente una connessione umana e un senso di stabilità. Accompagnando Corrado, spera di trovare un appiglio o una distrazione dal suo disagio interiore, anche se poi, una volta lì, si ritrova a sentirsi ancora più persa e isolata in mezzo alla fredda e imponente architettura fatta di grandi strutture metalliche. La scena enfatizza ulteriormente il contrasto tra la fragilità emotiva della donna e la grandiosità indifferente del mondo tecnologico e industriale che la circonda e il film si conclude senza una vera risoluzione. Giuliana rimane intrappolata nel suo labirinto interiore, incapace di guarire.

Scene girate a Medicina

Nel film montato per le proiezioni in sala la scena al radiotelescopio è una delle prime, con una durata di circa 3 minuti. È una delle scene più emblematiche e si può vedere per intero nella versione del film restaurato a cura di csc-Cineteca Nazionale Istituto Luce - Cinecittà al sito www.youtube.com/watch?v=fGH-SoATUuo&t=13s (FIG. 12).

Come si è accennato, dopo un primo tentativo di contattare presso la sua abitazione un operaio che Corrado vorrebbe convincere a lavorare per la sua società in Sud America, con una reazione non proprio entusiastica della moglie, si reca nel luogo di lavoro dell'operaio, accompagnato da Giuliana, ovvero presso il radiotelescopio di Medicina. Anche qui non avrà successo ma la scena è più imperniata sulle sensazioni di Giuliana di fronte a questo complesso tecnologico, difficile da comprendere, che sull'effettivo colloquio con l'operaio.

La scelta iniziale per il luogo di lavoro dell'operaio (interpretato da Giuliano Missirini) era Comacchio, ma Antonioni decide di sostituirlo definitivamente con Medicina il 30 ottobre 1963 e le riprese iniziano alla Croce del Nord il 2 novembre. Riprendiamo il racconto dal Diario di Flavio Nicolini (1924-2015) in cui l'aiuto regista di Antonioni nel film racconta giorno per giorno lo sviluppo delle riprese. Il Diario è pubblicato in *Il Deserto rosso di Michelangelo Antonioni*, a cura di Carlo Di Carlo.

2 novembre 1963

Medicina. Uscendo dalla statale, a sinistra, prendiamo una stradina di campagna piatta e deserta. Foschia che vela un filare di pioppi in fondo. Qui costruiscono il radiotelescopio, un impianto gigantesco, che raccoglierà informazioni dallo spazio. Per il momento è soltanto una fila di tralicci di ferro bianchi e rossi, simili a scheletri di animali preistorici. È l'ambiente dell'incontro dell'operaio con Giuliana e Corrado. L'operaio (Missirini) è perfetto: il suo modo di camminare con la linea delle spalle sollevata come se fosse appeso ad un attaccapanni, la serietà corruciata rappresa attorno a due occhi un poco stralunati, ma pronti a sciogliersi in un sorriso pieno di ingenua sorpresa. (L'attore proviene da una filodrammatica locale, come altri interpreti di ruoli minori).

Il problema è eliminare il verde dei campi. Si piantano canne gialle, si tinge l'erba di giallo. Non è il verde in sé che disturba Antonioni; bensì questa troppo naturale presenza del verde, il suo essere sempre lì negli esterni, o come sfondo o in un angolo dell'inquadratura: un triangolo, una striscia o una macchia, estranei al clima della scena, vengono eliminati senza pietà. È cominciata la grande battaglia dei "pittori". (FIG. 13)

Nel seguito la sceneggiatura, opera di Michelangelo Antonioni e Tonino Guerra, del brano del film che si svolge alla Croce del Nord.

Campi, Radiotelescopio di Medicina. Esterno. Giorno.

Una lunga fila di tralicci bianchi e rossi, contro un cielo bianco. Sono i radiotelescopi in costruzione a Medicina. Giuliana e Corrado scendono dall'auto bianca e si avviano verso il cantiere. C'è un silenzio intenso sui campi intorno. Corrado e Giuliana chiedono di Mario a un operaio che indica un punto lontano, verso una gru mobile.

L'incontro con Mario avviene sul sentiero che costeggia la fila dei tralicci. Corrado è avanti e Giuliana ha rallentato il passo per osservare meravigliata le antenne che sveltano contro il cielo. L'operaio viene verso di loro e passa in mezzo. È un tipo dall'espressione leggermente febbrile, corruciata. Corrado lo osserva attentamente. Giuliana guarda l'operaio che è ormai a pochi metri.

L'operaio osserva curioso i due estranei, soprattutto Giuliana che, incrociando, fissa acutamente. Prima che Corrado possa prendere una decisione, se parlargli o no, Giuliana chiama l'uomo dicendo:

GIULIANA: Buongiorno.

L'operaio si ferma. Poi, riconoscendola, torna sui suoi passi, sorride porgendole cordialmente la mano.

OPERAIO: Buongiorno. Ah, è lei.

Si guardano, sembrano contenti di vedersi, si sorridono, anche se un pochino imbarazzati. Corrado li osserva incuriosito.

GIULIANA: Come sta? Sta bene?

OPERAIO: Sì, io bene... E lei?

GIULIANA: Anch'io. Molto bene, grazie.

Sembra che ci sia una sincera partecipazione nelle parole dei due, un'ansia di sapere l'uno dell'altro, appena contenuta dalla sorpresa di ritrovarsi inaspettatamente in quel posto. Ma è evidente che la presenza di Corrado frena i loro discorsi. Così, dopo una pausa, Giuliana indica Corrado, restituendo ala visita il significato pratico che dovrebbe avere.

GIULIANA: Questo signore voleva parlarle.

L'operaio si volta e allora Corrado si avvicina tendendogli la mano. Giuliana si allontana per lasciarli liberi di discutere. Si ferma pochi passi più in là, quanto basta per non sentire e permettere a Corrado di dire ciò che vuole. Il ronzio sottile di una antenna che ruota sulla sua cremagliera le fa alzare gli occhi. Lentamente sta calando attraverso la strada, la punta sottile di un braccio dell'antenna. Un operaio, pericolosamente in piedi sui ferri del braccio, esamina il comportamento delle giunture durante la manovra.

Giuliana gli rivolge la parola.

GIULIANA: Di chi sono questi così qua?

TECNICO: Questi? Dell'Università di Bologna.

GIULIANA: Ma non ha paura?

TECNICO: No. Ormai ci sono abituato.

GIULIANA: Ma a che servono?

TECNICO: Servono per formare un'antenna che capta i rumori delle stelle.

Giuliana ride divertita.

GIULIANA: Me li fa sentire?

Il tecnico ride con lei. Le propone scherzando:

TECNICO: Provi a venire su.

Giuliana si schermisce rabbrivendo.

GIULIANA: No... no...

Intanto Corrado e l'operaio si stringono la mano. L'operaio si volta per rivolgere a Giuliana un cenno di saluto, e Corrado torna verso di lei. Col tono di un sorridente rimprovero dice:

CORRADO: Lo conosci e non mi dici niente.

Giuliana pensa che parli del tecnico issato sul traliccio.

GIULIANA: No, l'ho conosciuto adesso.

Corrado precisa:

CORRADO: L'operaio.

GIULIANA: Ah, sì... Stava vicino a casa mia. Cos'ha detto?

CORRADO: Niente da fare. Sta benone qua.

Si avvia parlando.

CORRADO: Per muoversi dice che lo devo fare ridere.

Giuliana gli sta dietro. Evidentemente non ha ben capito la frase.

GIULIANA: Cosa?

CORRADO: Sì, offrirgli tanti soldi da farlo ridere.



FIG. 13. Monica Vitti con le antenne della Croce del Nord sullo sfondo.

Giuliana scoppia in una risata. Anche Corrado ride, ma un po' di controvoglia. Si allontanano.

Conclusioni: la Croce del Nord nelle intenzioni di Antonioni

Abbiamo visto in precedenza come l'attenzione quasi maniacale per il colore si rifletta sul sito del radiotelescopio, con l'eliminazione del verde dell'erba ma anche col dipingere con striature rosse le centine del radiotelescopio e di nero la piccola capanna posta all'inizio della strada di accesso.

Antonioni, con la sua ricerca visiva innovativa e con l'uso del paesaggio industriale come specchio del disagio interiore dei personaggi, scelse questa struttura futuristica, imponente e di uso decisamente incomprensibile, come sfondo per una sequenza del suo film perché la presenza della «Croce del Nord» nel film si inseriva perfettamente nell'utilizzo di elementi architettonici e industriali per enfatizzare l'alienazione, l'incomunicabilità e il senso di smarrimento della protagonista nella società moderna e tecnologica. Il regista rimase affascinato dall'aspetto avveniristico, imponente e in un certo senso «inquietante» del radiotelescopio. La struttura metallica che si stagliava nel paesaggio circostante offriva un contrasto visivo potente e un forte simbolismo. Rappresentava la grandezza della scienza e della tecnologia, ma anche la freddezza e la disumanizzazione che Giuliana percepiva attorno a sé. Così l'enorme struttura metallica, che scruta il cielo alla ricerca di segnali, divenne un simbolo visivo della disumanizzazione e del contrasto tra la fragilità umana e la fredda imponenza della scienza e dell'industria.

In sintesi, la «Croce del Nord» non è solo un elemento della trama, ma una parte integrante della scenografia che contribuisce a creare l'atmosfera unica e visivamente sperimentale di *Deserto rosso*, il primo film a colori di Antonioni, dove i colori stessi sono usati per esprimere lo stato emotivo dei personaggi.

Certamente *Deserto rosso* non ha la spettacolarità di film come *Contact*, ma qui il regista ha saputo magistralmente valorizzare l'architettura «futura-

sta” della Croce del Nord che tutt’ora si staglia nella campagna come un monumento tecnologico un poco inquietante rispetto all’ambiente agricolo circostante.

I protagonisti

MARCELLO CECCARELLI (Perugia 1927-Bologna 1984)

Si è laureato in Fisica all’Università di Padova nel 1948 con una tesi sul potassio radioattivo, il cui relatore era il famoso fisico Antonio Rostagni. In seguito, aveva lavorato a Bristol con Cecil Frank Powell (Premio Nobel nel 1950 per la scoperta del pione) sulla tecnica delle lastre nucleari e poi a Göttingen con Werner Heisenberg (Premio Nobel nel 1932 per la meccanica quantistica), dove era responsabile del gruppo lastre, e aveva partecipato agli importanti esperimenti della G Stak Collaboration sui mesoni. (BALDO CEOLIN 2002). Giunto a Bologna nel 1958 si era avvicinato all’astrofisica con un importante lavoro sulla radiosorgente Cygnus A escludendo, attraverso misure di raggi gamma da pallone, il fatto che l’energia emessa derivasse da una interazione materia-antimateria. Ceccarelli si dedicò con tutte le sue energie alla costruzione del Radiotelescopio Croce del Nord a Medicina nei pressi di Bologna, col quale, effettuando conteggi di radiosorgenti deboli, si riteneva all’epoca fosse possibile distinguere tra Big Bang e Universo Stazionario. La Croce del Nord venne inaugurata nell’ottobre del 1964 e la sua produzione scientifica negli anni è stata notevole (si veda GREGORINI *et al.* 2021). L’aggravarsi di una forma di sclerosi multipla rallentò la sua attività scientifica e sperimentale, ma non compromise la sua attività creativa. La vocazione per la divulgazione scientifica lo portò nel 1968 a scrivere *Una betulla per la Pio. Appunti per insegnare la fisica (o per tentare di dimenticarla)* e a ideare e condurre la trasmissione televisiva *Planetario* con la regia di Giangi Poli per il secondo canale della RAI, da poco inaugurato. Il suo sempre acceso interesse per il mondo dell’infanzia e per l’insegnamento della fisica ad ogni livello di età lo spinse poi a collaborare con il Comune di Bologna (dal 1972) come educatore scientifico per le scuole d’infanzia. Una scuola materna del Comune di Bologna è stata dedicata a Ceccarelli come riconoscimento del suo impegno.

MICHELANGELO ANTONIONI (Ferrara 1912-Roma 2007)

È stato uno dei più influenti registi, sceneggiatori e montatori della storia del cinema italiano e mondiale. Considerato il “poeta dell’incomunicabilità”, ha rivoluzionato il linguaggio cinematografico spostando l’attenzione dall’azione drammatica all’indagine interiore e alla crisi esistenziale. Nella carriera di Antonioni si possono distinguere alcuni periodi fondamentali, quali il periodo dell’incomunicabilità in cui esplora la solitudine, l’alienazione

e la difficoltà dei rapporti umani nella società borghese, con film come *L’avventura* (1960), *La notte* (1961) e *L’eclisse* (1962). Questo periodo culmina proprio con *Deserto rosso* (1964), suo primo film a colori, in cui utilizza il cromatismo come strumento espressionista per rappresentare il disagio psichico della protagonista. Infine, il periodo internazionale in cui Antonioni ha diretto capolavori in lingua inglese che hanno analizzato la controcultura e la percezione della realtà, come *Blow-Up* (1966), ambientato nella Swinging London, *Zabriske Point* (1970), ambientato nella California degli anni sessanta durante le rivolte studentesche e che si conclude con la celebre sequenza finale in cui la protagonista immagina l’esplosione di una villa, simbolo della società opulenta, ripresa al rallentatore da 17 macchine da presa, per terminare con *Professione: reporter* (1975), con Jack Nicholson e Maria Schneider, che racconta la storia di un giornalista disilluso che assume l’identità di un uomo d’affari morto in Ciad, ignaro di impersonare un trafficante d’armi con legami con i ribelli nella guerra civile. Maggiori informazioni su Antonioni si trovano ad esempio in SCICCHITANO (2003) e BERNARDI, DI PALMA (2015).

CARLO DI PALMA (Roma 1925-Roma 2004)

Uno dei più noti direttori della fotografia nel cinema della seconda metà del Novecento. La sua fama è legata in particolare alla sua collaborazione con Michelangelo Antonioni, a partire da *Deserto rosso*, Nastro d’Argento per la fotografia al Festival del Cinema di Venezia nel 1965, fino al celebre *Blow-up* del 1966. In seguito, ha collaborato con Mario Monicelli nell’*Armata Brancaleone*, per cui ha avuto un ulteriore Nastro d’Argento nel 1967. Si è poi trasferito negli Stati Uniti dove ha avuto un lunghissimo rapporto di collaborazione con Woody Allen per cui è stato Direttore della Fotografia in undici film a partire da *Hannah e le sue sorelle* “(1986) fino a *Harry a pezzi* del 1997. Uno dei suoi ultimi lavori in Italia è la fotografia nel film *Il mostro* del 1994, di e con Roberto Benigni.

RICHARD HARRIS (Limerick 1930-Londra 2002)

È stato un acclamato attore, cantautore e regista irlandese. È noto al pubblico più giovane soprattutto per aver interpretato Albus Silente, il Preside della scuola di magia e stregoneria di Hogwarts, nei primi due film della saga di *Harry Potter*, nel 2001 e 2002. La sua carriera ha attraversato oltre cinque decenni. Ha ottenuto fama negli anni Sessanta con ruoli notevoli in film come *I cannoni di Navarone* (1961) e *Io sono un campione* (1963). In seguito ha avuto performance memorabili in film come *Camelot* del 1967, dove recita il ruolo di Re Artù affiancato da Vanessa Redgrave; *Un uomo chiamato cavallo* del 1970, dove interpreta il ruolo di John Morgan, il nobile inglese che viene fatto prigioniero dagli Sioux; ricordiamo infine *Gli spietati* del 1992, di e con Clint Eastwood, un film western vincitore di quattro

Oscar nel 1993, i cui protagonisti sono, oltre a Eastwood e Harris, Morgan Freeman e Gene Hackman.

GIULIANO MISSIRINI (Forlì 1922-1999)

Giuliano Missirini è stato artista, attore e drammaturgo, scrittore, critico musicale. Le sue pubblicazioni, di cui la più famosa è la *Guida Raccontata di Forlì* del 1971, hanno segnato profondamente la dimensione culturale locale a Forlì e nella Romagna del Novecento. Convegni, mostre, articoli e saggi hanno indirizzato un percorso fortemente connotato dalla passione per il teatro. Partecipò al teatro dei Filodrammatici di Forlì dal 1945 e poi al Teatro di Massa di Bologna dal 1950. Dal 1962 al 1964 visse un'intensa esperienza con il Teatro Minimo di Forlì, creato da Franca Madonia. Nel 1964 partecipò con la piccola parte dell'operaio Mario del Radiotelescopio di Medicina al film *Deserto rosso*. Per informazioni sulla attività di Missirini si veda MAMBELLI (2022)

MONICA VITTI (Roma 1931-Roma 2022)

Pseudonimo di Maria Luisa Ceciarelli, è stata una delle attrici più versatili del cinema italiano. Nota per la sua voce roca distintiva e la capacità di recitare sia in ruoli drammatici che comici, si è diplomata a Roma presso la Scuola Nazionale di Arte Drammatica 'Silvio D'Amico' nel 1953 e la sua prima partecipazione a un film avviene nel 1958 accanto a Sandra Mondaini ne *Le Dritte* di Mario Amendola. I ruoli drammatici della Vitti, che le diedero fama internazionale, risalgono agli anni sessanta in cui ha lavorato con Michelangelo Antonioni nei famosi film della tetralogia della incomunicabilità: *L'avventura* (1960), *La notte* (1961), *L'eclisse* (1962) e *Deserto rosso* del 1964, diventando un'icona del cinema d'autore. Successivamente, si è affermata in ruoli brillanti nella commedia all'italiana con film come *Ti ho sposato per allegria* (1967) di Luciano Salce, *La ragazza con la pistola*

(1968) di Mario Monicelli, accanto a Marcello Mastroianni, *Dramma della gelosia* (1970) di Ettore Scola e *Io so che tu sai che io so* (1982) diretto e interpretato da Alberto Sordi. Una biografia e filmografia esaustive della Vitti si trovano in LANCIA, POPPI (2003).

Referenze bibliografiche

- M. BALDO CEOLIN, *The discrete charm of the nuclear emulation era*, «Annual Review of Nuclear Particle Science», 52, 2002, p. 1.
- S. BERNARDI, C. DI CARLO, *Michelangelo Antonioni*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Roma, Istituto Enciclopedia Italiana Treccani, 2015, *ad vocem*.
- M. CECCARELLI, *Una betulla per la Pio*, Bologna, Zanichelli, 1968.
- C. DI CARLO (a cura di), *Il Deserto rosso di Michelangelo Antonioni*, Bologna, Cappelli, 1964.
- D. FINLEY, *Hollywood Comes to Socorro; Filming Contact at the VLA*, 1977; www.qsl.net/n1irz/contact.html.
- L. GREGORINI, L. FERETTI, G. GIOVANNINI, F. MANTOVANI, P. PARMA, G. VETTOLANI, "Perché non costruisci un radiotelescopio?", *Quarant'anni di Radioastronomia a Bologna*, Bologna, Bononia University Press, 2021.
- E. LANCIA, R. POPPI, *Dizionario del cinema italiano. Le attrici*, Roma, Gremese, 2003, pp. 369-371.
- M. MAMBELLI, *Giuliano Missirini*, in *Forlipedia*, 2022; <https://forlipedia.it/giuliano-missirini/>.
- P. P. PASOLINI, *Difendo Deserto rosso*, in «Vie Nuove», Roma, Gennaio 1965, p. 38; www.archivipci.it/mirador.html?manifest-url=https://iiif.fondazione-gramsci.org/manifest/iiif-gramsci-0032/673b53edf521152a299d269a/manifest.json.
- A. SCICCHITANO, *Michelangelo Antonioni*, in *Enciclopedia del Cinema 2003*, Roma, Istituto Enciclopedia Italiana Treccani, *ad vocem*; [www.treccani.it/enciclopedia/michelangelo-antonioni_\(Enciclopedia-del-Cinema\)/#google_vignette](http://www.treccani.it/enciclopedia/michelangelo-antonioni_(Enciclopedia-del-Cinema)/#google_vignette).

Giampaolo Vettolani si è occupato di struttura a grande scala dell'universo attraverso *redshift surveys* e loro strumentazione, come ad esempio lo spettrografo Vimos per il VLT, di cui è stato *co-Principal Investigator*. Dal 2000 ha ricoperto il ruolo dapprima di Direttore del Dipartimento Progetti, poi di Direttore Scientifico dell'INAF fino al 2016, anno in cui è entrato in quiescenza. Ora collabora al Cherenkov Telescope Array sia per problemi organizzativi che costruttivi.

Il battito cardiaco delle galassie

Mauro D'Onofrio • Cesare Chiosi

Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei", Università di Padova

QUALCUNO potrà essere stupito dal titolo di questo breve articolo sulle galassie. Cosa c'entra il cuore e il suo battito vitale con una galassia? Beh, certamente il titolo non va preso alla lettera. Si tratta infatti di una metafora, ma a noi è venuta spontanea quando è apparsa per la prima volta sullo schermo del PC la FIG. 1. Non somiglia forse ad un ECG? E cos'è un ECG se non la prova che c'è qualcosa che vive, che evolve nel tempo, che si trasforma, che interagisce con l'ambiente? Non fanno lo stesso anche le galassie? Non possiamo parlare di vita in senso stretto, ma di certo le galassie nascono, evolvono, si trasformano, si accoppiano e poi anche muoiono, esattamente come noi.

Ma cos'è questo parametro β sull'asse delle ordinate che varia nel tempo in modo tanto strano? Per capirlo occorre fare un passo indietro e cercare di rispondere a qualche domanda. La prima è questa: sappiamo oggi come evolve una galassia?

La risposta è che sappiamo diverse cose su come evolvono le galassie, ma non conosciamo i dettagli che determinano tutte le proprietà osservate, quale ad esempio le dimensioni, la forma, la morfologia, le diverse popolazioni stellari ecc. Dopo tutto non possiamo seguire l'evoluzione di una singola galassia nel tempo, come accade ad esempio per la vita di un uomo. Non possiamo vederla crescere, trasformarsi, riprodursi e morire. Di lei abbiamo solo una fotografia, insieme a quella di tante altre, e qualche spettro della luce emessa. Ma allora come è stato possibile risalire alle idee attuali sull'evoluzione delle galassie? Oggi crediamo infatti che queste si siano formate all'interno degli aloni di materia oscura – la famosa *dark matter* che ancora non sappiamo cosa sia – e che nel tempo si siano mescolate con altre galassie, trasformandosi via via fino a raggiungere le condizioni attuali. Ma come è stato possibile arrivare a questo modello, il cosiddetto modello standard? Ovviamente ci sono diversi indizi che portano a questa conclusione. Uno dei tanti indizi è quello che proviene dagli studi statistici sulle galassie.

Supponiamo ora di essere un extra-terrestre che ottiene una fotografia della Terra di una piazza piena di gente. Che idea potrebbe farsi il nostro alieno guardando la fotografia? Sicuramente, vedendo che ci sono creature piccole e grandi, maschi e femmine, giovani e anziani, uomini e donne di diverso colore, potrebbe farsi l'idea che gli uomini nascono e sono inizialmente piccoli, ma poi crescono e si accoppiano producendo nuove creature, e alla fine invecchiano e muoiono. Certamente l'alieno farebbe

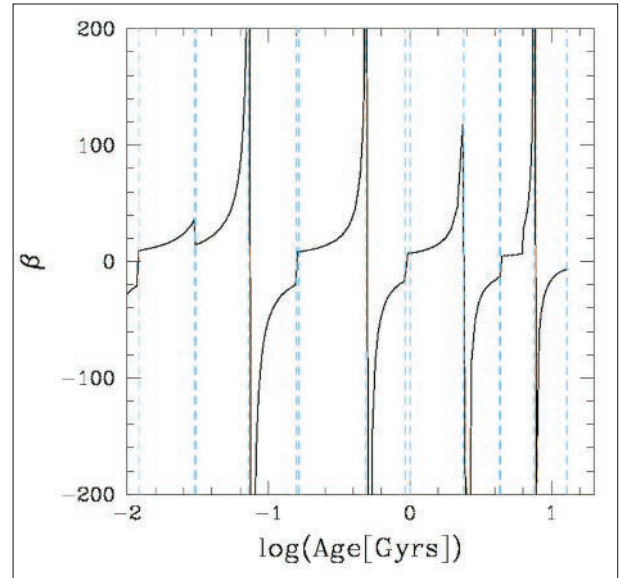


FIG. 1. Il piano β -log(Age(Età)). La linea continua mostra come varia β in funzione del tempo. Si noti la presenza di picchi e avvallamento che ricordano un ECG cardiaco. Le linee tratteggiate blu segnano l'epoca in cui un *merging* inizia a disturbare i parametri strutturali della galassia producendo il battito osservato.

uno studio statistico osservando quanti esseri viventi hanno i capelli bianchi o colorati, giudicando il loro peso dalle dimensioni e vedendo i diversi colori della pelle. Dimensioni, peso, altezze, colore ed altri parametri morfologici verrebbero tra loro correlati. Tutti questi elementi possono tracciare un quadro d'insieme dell'evoluzione della specie umana, ma non possono dare informazioni sul singolo individuo. Perché un singolo uomo ha raggiunto una certa altezza, un dato peso, perché ha perso un braccio o perché è senza capelli? Le singole trasformazioni resterebbero senza risposta senza altri dati o senza avere dei modelli teorici. Per l'astronomo, lo studio delle galassie è molto simile. La fotografia della singola galassia non può dare tutte le risposte, ma lo studio di tante galassie, soprattutto se prese a diverso *redshift* (e quindi a diversa distanza temporale da noi), può attraverso la statistica dare molte delle risposte che cerchiamo.

Che cosa vediamo infatti in una foto a grande campo del cielo stellato? Si vedono tante galassie, grandi e piccole, di diverso colore e dimensioni, di diversa forma e orientazione. L'astronomo agisce quindi come il nostro alieno e inizia a classificare le diverse galassie, a misurarne le proprietà: i loro raggi, le masse, le luminosità, le velocità delle stelle (usando gli spettri), e ne determina le distanze, ecc.

Tutto ciò ha richiesto anni di lavoro, ma oggi è possibile mettere in relazione le proprietà osservate delle galassie, creando le cosiddette relazioni di scala. Si chiamano così perché mettono in relazione i parametri strutturali delle galassie.

Un esempio è quello mostrato in FIG. 2. La figura mostra quattro relazioni tra i parametri strutturali delle galassie. Da sinistra in alto, a destra in basso vediamo le seguenti relazioni: 1. il raggio effettivo R_e (il raggio del cerchio che contiene metà della luce) e la brillantezza effettiva (cioè la luminosità totale L divisa per l'area del cerchio con raggio R_e); 2. La massa stellare M^* contro il raggio effettivo R_e ; 3. La dispersione di velocità delle stelle σ (il moto relativo tra le stelle) e la luminosità totale L ; 4. La luminosità totale e la brillantezza effettiva l_e . I dati dei primi due diagrammi vengono dalla *survey* WINGS [1], mentre gli ultimi due dalla *survey* MANGA [2]. Che cosa ci dicono questi diagrammi? Beh, queste statistiche sono piene di informazioni. Innanzitutto, ci dicono che le galassie non sono distribuite a caso: certi tipi morfologici occupano particolari regioni in cui le altre non cadono. Ad esempio, le galassie ellittiche massicce sono quasi tutte lungo la coda del piano l_e - R_e , con grandi raggi e basse brillanze superficiali. Hanno masse grandi e raggi altrettanto grandi, non raggiungibili da nessun tipo di galassia a spirale. Le loro stelle viaggiano a centinaia di km al secondo e la loro luminosità è altissima. Le distribuzioni osservate non indicano una relazione lineare tra i parametri strutturali. Questo è un chiaro segno che la formazione delle galassie segue almeno due grandi rami diversi: le galassie massicce crescono così tanto, molto probabilmente, perché mangiano tanto, esattamente come succede alle persone obese. Il fenomeno si chiama *merging* in inglese e indica appunto l'accrescimento continuo di massa da parte delle galassie. Le galassie più piccole seguono una strada diversa, non mangiano molto e se mangiano, mangiano galassie molto piccole. I loro raggi non crescono molto e le stelle viaggiano a velocità relative molto più basse (anche meno di 100 km/s). La FIG. 2 mostra, inoltre, che vi sono aree proibite nello spazio dei parametri, dove nessuna galassia può entrare. Anche questa è un'utile informazione.

Le relazioni di scala tra i parametri strutturali delle galassie sono quindi importanti perché codificano la fisica della formazione ed evoluzione galattica in modo osservabile e confrontabile con i modelli teorici. In pratica, sono uno dei pochi modi per collegare le osservazioni con i processi fisici fondamentali: il collasso gravitazionale, la dissipazione del gas, il *feedback* da supernovae e da nuclei galattici attivi, la fusione (sia umida che secca, cioè con o senza gas coinvolto). Capire la distribuzione e l'evoluzione delle distribuzioni delle galassie nelle relazioni di scala è un passo fondamentale verso la comprensione dell'evoluzione delle galassie e dei fenomeni fisici che ne determinano le caratteristiche. Questa è la ragione per cui vengono tanto studiate. Praticamente quasi ogni articolo scientifico che porti in sé

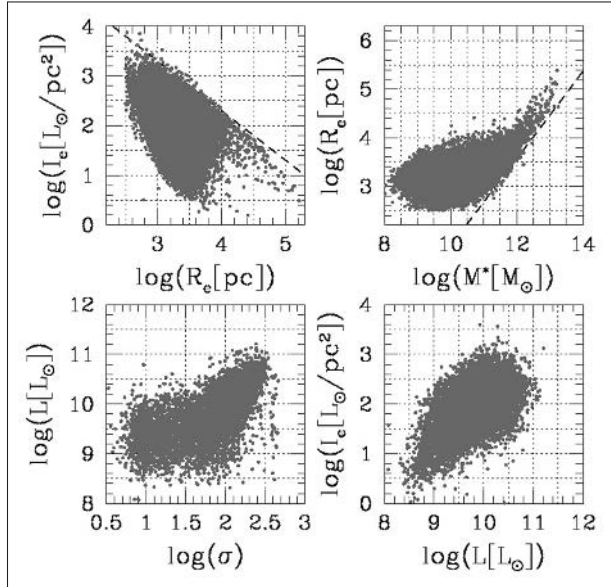


FIG. 2. Alcune relazioni di scala osservate: Da sinistra in alto a destra in basso: l_e - R_e , R_e - M^* , L - σ e l_e - L . In grigio i punti che rappresentano le galassie. Le prime due relazioni usano i dati della *survey* WINGS, le ultime due quelli della *survey* MANGA. Le due *survey* sono in qualche modo complementari: WINGS contiene galassie di ammasso (quindi con molte ellittiche), mentre MANGA galassie di campo (quindi con molte spirali).

una teoria, un modello, alla fine confronta i dati teorici con le relazioni di scala osservate.

Ma quindi, tornando al nostro tema: cosa c'entra β con tutto questo discorso? La risposta a questa domanda sta in un'altra domanda: come sono connesse tra loro le relazioni di scala? È evidente che le distribuzioni osservate in FIG. 2 non sono tra loro indipendenti: i parametri strutturali sono tra loro connessi. La fisica fondamentale della gravitazione, e in particolare il teorema del viriale, ci dicono che la massa è legata al raggio e alla dispersione di velocità ($M^* \propto \sigma^2/R$) e la fisica dell'evoluzione stellare ci dice che la luminosità è legata alla massa ($L \propto M^*$). Fino a pochi anni fa, lo studio delle relazioni di scala delle galassie, non aveva dato molta importanza alla connessione che deve esistere tra i parametri strutturali. Ciò ha fatto sì che, non ci si è resi conto che queste due relazioni non sono compatibili con le relazioni osservate. In altre parole, non è possibile ad esempio riprodurre la relazione l_e - R_e partendo dalla relazione L - σ , utilizzando queste due relazioni. Questo era alquanto spiacevole.

È qui che entra in gioco il nostro battito cardiaco β . I nostri studi [vedi e.g. 3,4,5] hanno mostrato che è possibile riconciliare tra loro le relazioni di scala dando la possibilità alla luminosità totale delle galassie di variare dalla relazione stretta con la massa e di poter cambiare anche in modo casuale. Se ci si pensa, l'azione di un *merging* altro non è che un improvviso aumento della luminosità, del tutto casuale per via della variabile ragione che si è fusa con la galassia. Questo comportamento è stato da noi modellato da una nuova relazione puramente empirica ($L \propto \sigma^\beta$). Unendo il teorema del viriale a questa

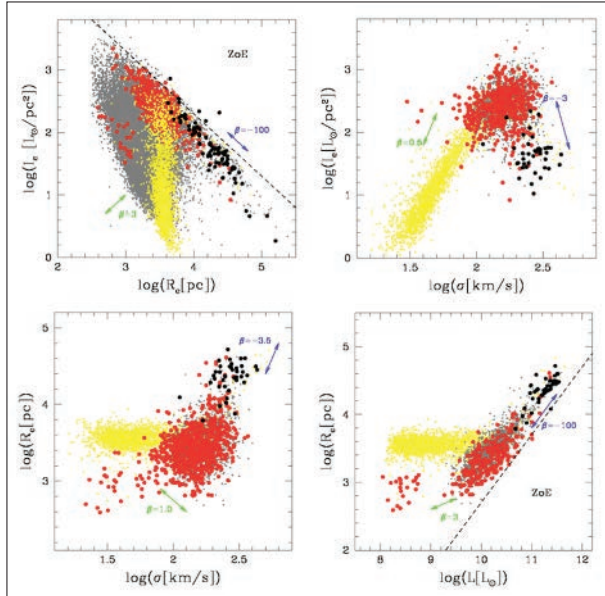


FIG. 3. Da sinistra in alto a destra in basso: la relazione I_e - R_e , I_e - σ , R_e - σ e R_e - L . In figura in giallo le galassie della simulazione *Illustris*, in nero le galassie ellittiche giganti, in rosso le galassie di massa intermedia e in grigio le galassie via via più piccole di cui non si conosce la massa stellare per la mancanza di misure spettroscopiche. Le frecce verdi e blu indicano il movimento che una galassia può avere nel piano per il valore di β che possiede.

nuova relazione è stato possibile riconciliare tutte le relazioni di scala tra di loro. Si è visto infatti che ognuna delle relazioni di scala può essere scritta in funzione di diverse combinazioni del parametro β [5]. Si tratta di relazioni algebriche molto semplici che, una volta connesse tra loro, danno la possibilità di risalire al parametro β . Questo parametro altro non è che una combinazione lineare particolare dei parametri strutturali R_e , M^* , L , I_e e σ . La sua peculiarità è che tramite β è stato possibile capire come evolvono le relazioni di scala. Un esempio è dato dalla FIG. 3. La figura mostra alcune relazioni di scala, costruite con dati osservati e dati simulati (in giallo, i dati della simulazione *Illustris* [6]). Il movimento di una galassia in questi diagrammi varia in funzione del tempo e in funzione del parametro β . Si può vedere che a seconda di β il movimento può essere molto diverso da galassia a galassia. Valori di β , sia positivi che negativi, molto diversi da zero, producono ad esempio nel piano I_e - R_e dei movimenti paralleli alla linea di esclusione (la retta tratteggiata), mentre dei valori prossimi a zero, movimenti anche ortogonali a tale linea. In ognuno dei diagrammi, le variazioni di β danno una spiegazione del tipo di distribuzione osservata. La FIG. 4 dà di questo una rappresentazione visiva. Si noti come la direzione delle frecce cambi direzione man mano che la massa cresce, disponendo tutte le galassie lungo la linea di esclusione e spiegando quindi la variazione di pendenza della relazione osservata.

Bene, ma il battito cardiaco? Giusto, la spiegazione viene dai modelli teorici di *merging* tra le galassie [7,8]. Abbiamo costruito un modello teorico in cui una galassia che inizialmente cresce in massa e rag-

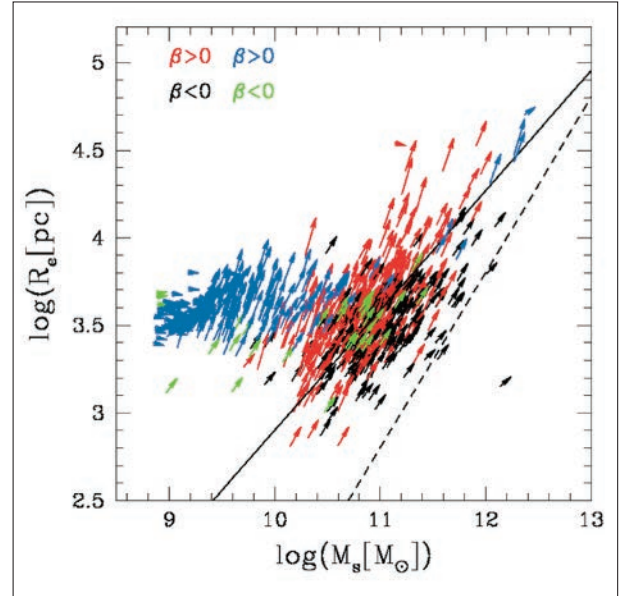


FIG. 4. Il piano R_e - M^* . Le frecce mostrano i possibili movimenti delle galassie sulla base dei valori di β posseduti. Si noti come le frecce cambino direzione man mano che le galassie si avvicinano alla zona di esclusione (linea tratteggiata). La linea nera indica un fit dei dati per le sole galassie di grande massa.

gio in funzione dell'*infall* di gas (l'accrescimento di gas dall'ambiente) improvvisamente si mescola con altre galassie di massa ed età diverse nel corso del tempo. L'effetto di tali *merging* è all'origine del comportamento di β . La sistole e diastole del cuore di una galassia. Questo comportamento è dovuto alla variazione combinata dei parametri strutturali, L , R_e , I_e , M^* e σ in seguito all'interazione subita. In altre parole, β ci sta dicendo che qualcosa ha disturbato l'evoluzione passiva della galassia, in cui le stelle si formano ed invecchiano nel tempo.

Ma quindi le galassie reali che tipo di valori di β possiedono? La FIG. 5 ci mostra come si distribuiscono le galassie reali nel piano I_e - β . Come si vede, le galassie che hanno un'elevata brillantezza superficiale hanno valori di β prossimi allo zero, mentre le galassie più vecchie e massicce possono avere valori di β anche molto grandi, sia positivi che negativi. Statisticamente circa il 20% delle galassie possiede questi valori di β . Questo parametro ci sta quindi dicendo che circa il 20% delle galassie a noi vicine hanno recentemente avuto interazioni anche forti con altre galassie, o comunque tali da far variare β anche di molto. Stiamo quindi parlando di un parametro capace di darci una stima del numero di eventi di *merging* nell'universo locale. Non male!

In conclusione, riflettendo su quanto detto, possiamo dire che abbiamo costruito uno scenario auto-consistente dell'evoluzione delle relazioni di scala e delle galassie. Le galassie, un po' come gli uomini, nascono, evolvono e muoiono. Nel corso della loro evoluzione interagiscono con altre galassie, e da ciò nascono le diverse relazioni osservate e i diversi caratteri mostrati dalle galassie. Ogni caratteristica è

frutto di tanti elementi, sia interni che esterni, che contribuiscono alle forme e alle morfologie attualmente osservate. Per l'uomo è un po' la stessa cosa: dopo la nascita ognuno evolve in base a fattori sia interni (alimentazione, DNA) che esterni (incidenti, fattori ambientali, etc.). Non è possibile prevedere tutti gli eventi casuali che concorrono a dare tutte le caratteristiche osservate nelle galassie, ma possiamo avere un'idea d'insieme attraverso le relazioni di scala.

Le galassie, a loro modo vivono, e ci dicono quello che gli succede. Il loro cuore non è più un mistero!

Referenze bibliografiche

- [1] G. FASANO *et al.*, *WINGS: a Wide-field Nearby Galaxy-cluster Survey. I. Optical imaging*, «Astronomy and Astrophysics», 2006, 445, 3, January III, pp. 805-817.
- [2] K. BUNDY *et al.*, *Overview of the SDSS-IV MANGA Survey: Mapping nearby Galaxies at Apache Point Observatory*, «The Astrophysical Journal», 2015, 798, 1, article id. 7, pp. 24.
- [3] M. D'ONOFRIO *et al.*, *On the Origin of the Fundamental Plane and Faber-Jackson Relations: Implications for the Star Formation Problem*, «The Astrophysical Journal», 2017, 838, 2, article id. 163, pp. 15.
- [4] M. D'ONOFRIO, C. CHIOSI, *Tomography of the Ie-Re and L-Sigma Planes*, «Universe», 2021, 8, 1, id. 8.
- [5] M. D'ONOFRIO, C. CHIOSI, *A new framework for understanding the evolution of early-type galaxies*, «Astronomy & Astrophysics», 2023, 674, id. A156, pp. 25.
- [6] M. VOGELSBERGER *et al.*, *Introducing the Illustris Project: simulating the coevolution of dark and visible matter*

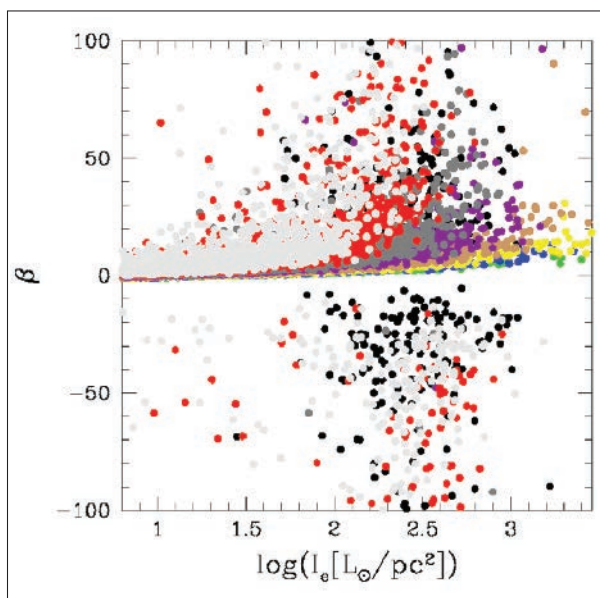


FIG. 5. Il piano $\log(I_e)$ - β . Le galassie di diversa morfologia hanno colori diversi. Circa il 20% delle galassie ha valori di β , sia positivi che negativi, molto grandi. Queste sono galassie che hanno probabilmente avuto forti interazioni nel recente passato.

in the Universe, «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 2014, 444, 2, pp. 1518-1547.

- [7] M. D'ONOFRIO *et al.*, *The role of dry mergers in shaping the scaling relations of galaxies*, «Astronomy & Astrophysics», 2025, 694, pp. 229-248.
- [8] C. CHIOSI *et al.*, *A simple yet effective model of galaxy mergers*, «Astronomy & Astrophysics», 2026, submitted.

Mauro D'Onofrio è professore associato presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" dell'Università degli Studi di Padova. Insegna Ottica ed Interferometria da molti anni. Svolge ricerca sulle galassie e gli ammassi di galassie. **Cesare Chiosi** è professore emerito presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia "G. Galilei" dell'Università degli Studi di Padova. Ha insegnato evoluzione stellare per molti anni. La sua attività di ricerca, soprattutto teorica, copre un ampio spettro di tematiche astrofisiche.

L'Archivio Digitale Scientifico ESO: riflessioni attorno alla materialità digitale*

Sara Romani

Università degli Studi di Milano

Presentazione

IL più grande archivio digitale al mondo dedicato all'osservazione astronomica si trova presso il quartier generale dell'European Southern Observatory (ESO), a Garching, in Germania. Nel quadro concettuale della materialità delle informazioni digitali, l'analisi delle peculiarità dell'archivio scientifico ESO e della sua struttura architettonica rivela il rapporto tra percezione umana e *medium* digitale. Il saggio presenta un caso studio specifico per chiarire – anche in senso storico – quali siano le domande e le riflessioni che nascono da un approccio d'indagine interdisciplinare. Questo articolo si propone di gettare le basi per riflettere su come le modalità con cui i dati astronomici vengono raccolti, visualizzati e resi accessibili, all'interno delle pratiche scientifiche e archivistiche digitali contemporanee, partecipino a un cambiamento della strutturazione percettiva umana.

Introduzione

L'Osservatorio Europeo Australe (ESO) è l'istituzione internazionale più avanzata d'Europa e l'osservatorio astronomico più dinamico e prolifico al mondo. Fondata nel 1962, nel 1981 ha inaugurato la sede centrale a Garching: da allora lo spazio architettonico è stato ampliato, nonostante la svolta digitale delle pratiche archivistiche. L'istituzione astronomica coordina due aree geografiche interconnesse – molto distanti l'una dall'altra – ciascuna delle quali svolge una funzione diversa al servizio della ricerca su scala mondiale. Lontano dal quartier generale tedesco, l'ESO coordina tre siti di osservazione costituiti da diversi tipi di telescopi terrestri situati nel deserto cileno di Atacama (La Silla, Paranal e Chajnantor). Qui, le tecnologie più avanzate per lo studio del cosmo sono alla base di intensi programmi di ricerca: un'enorme quantità di dati viene raccolta a una velocità elevata per essere inviata e

archiviata nei *server* dell'Archivio in Germania. Tra il deserto cileno e l'Europa, impercettibile ai sensi umani, i flussi digitali viaggiano continuamente a velocità impressionanti. L'Archivio in forma digitale è stato concepito per la prima volta nel 1991; dal 1998 è stato concretamente realizzato un edificio adeguato a ospitare i *server*, con un'architettura per l'epoca all'avanguardia; contemporaneamente veniva installato in Cile il *Very Large Telescope*.

Se l'archivio dell'ESO fosse «disponibile sotto forma di libri, 30 milioni di volumi da 1000 pagine» ciascuno riempirebbero «oltre 1000 chilometri di scaffali». ¹ È parte del senso comune pensare che l'immaterialità digitale sia intrinsecamente caratterizzata dall'assenza di ingombro materiale e dall'ubiquità dei suoi dati. La realtà digitale sembrerebbe promettere il superamento dei limiti del mondo materiale: senza occupare spazio fisico e senza doversi muovere, sarebbe possibile fare ricerca da qualsiasi luogo e in qualsiasi momento. ² Il mondo digitale sembrerebbe quindi anche immune al processo di degrado della materia: il tipico effetto percepibile dello scorrere del tempo dal punto di vista umano. ³

Questo studio invece mette in discussione il presupposto secondo cui il digitale implichi esclusivamente i vantaggi dell'immaterialità: nell'ambito del quadro concettuale della materialità dell'informazione digitale e della sua non-neutralità, le peculiarità dell'ESO Science Archive e della sua struttura ambientale rivelano il rapporto percettivo che si crea tra le pratiche di archiviazione digitale e la produzione di conoscenza astronomica contemporanea. ⁴

A livello metodologico, questo contributo esplora la compenetrazione tra le riflessioni storico-critiche sulle pratiche di archiviazione e gli studi sui *media*. L'analisi degli archivi ESO indaga il rapporto tra

¹ www.eso.org/public/about-eso/.

² J. SEPPÄNEN, *Unruly Representation: Materiality, indexicality and agency of the photographic trace*, «photographies», 10, 1, 2017, pp. 113-128.

³ Per approfondire gli aspetti di materialità e la sua trasformazione cfr. J. GABRYS, *Digital rubbish: A natural history of electronics*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 2013; Q. FIORE, M. MCLUHAN, *The medium is the message*, Vol. 10, New York, Random House, 1967; M. SERRES, B. LATOUR, *Conversations on science, culture, and time*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1995.

⁴ J. F. BLANCHETTE, *A material history of bits*, «Journal of the American Society for Information Science and Technology», 62, 2, 2011, 1042-1057. S. CUBITT, *Finite media: Environmental implications of digital technologies*, Durham, Duke University Press, 2016.

* Questo saggio rappresenta parte di un più ampio *work in progress*. Vorrei ringraziare gli editori per avermi dato l'opportunità di condividere questa ricerca nella sua fase attuale. Questo lavoro ha beneficiato immensamente dei profondi scambi e della guida esperta di diversi colleghi, in particolare di Martino Romaniello, *Head of the ESO Science Archive Facility* presso ESO (Garching, Germania), per avermi concesso la visita degli spazi del Technical Building.

le pratiche di conservazione e l'organizzazione dello spazio fisico, inteso come vera e propria architettura ambientale.⁵ L'evoluzione delle tecnologie e dei *software* al servizio della rappresentazione visiva scientifica riflette storicamente il passaggio dall'osservazione ottica alla ricostruzione algoritmica della realtà fenomenica. La transizione dall'osservazione diretta al calcolo inferenziale rimodella i processi cognitivi; i modi di pensare che producono sapere dipendono dalla natura degli strumenti utilizzati. L'ambiente determina le condizioni materiali sia dei processi cognitivi che delle relazioni sociali.⁶

Un certo modo di misurare e visualizzare i fenomeni naturali crea attivamente l'oggetto che si vuole conoscere.⁷ Le interfacce dell'archivio non sono semplici finestre sui fenomeni celesti, ma dispositivi che concorrono a configurare la realtà osservata. Sebbene un'analisi esaustiva di queste implicazioni richieda una trattazione separata, è necessario tenere traccia di questo aspetto. Questo studio si sviluppa attraverso tre nuclei tematici: 1) la prima sezione delinea il percorso storico che conduce dalle lastre fotografiche in vetro ai processi di digitalizzazione; 2) la seconda parte interroga la linearità come modello spazio-temporale dell'ordine archivistico analogico; 3) la terza parte indaga come cambi l'esperienza percettiva nel rapporto con i *software* e come questa ristrutturazione si rifletta nell'architettura ambientale dell'archivio digitale.

Questo studio tiene presente, come quadro teorico di riferimento, le ricerche che analizzano il ruolo dei giudizi estetici nelle scienze pure.⁸ L'esperienza estetica è qui intesa nella sua accezione originaria di *percezione sensibile*, declinata attraverso il concetto di osservazione mediata: la tecnologia, concepita come estensione dell'apparato fisiologico umano, non è un mezzo neutro, ma modella sia la realtà osservata che i processi cognitivi dell'essere umano.⁹

Dalla materialità all'immaterialità: dal finito all'infinito

Se assumiamo la prospettiva storica dell'evoluzione della fotografia come strumento della sperimentazione scientifica pre-digitale, il supporto fotografico



FIG. 1. ESO Science Archive Facility. (Crediti: ESO / H.H. Heyer)

appare come una forma materiale di archiviazione: la lastra fotografica costituisce il primo deposito di osservazioni celesti.¹⁰ La lastra non solo rende visibile il dato, ma lo restituisce come oggetto fruibile, simile ai diari di osservazione. La fragilità dei supporti era evidente tanto quanto la consapevolezza della loro natura di manufatti da preservare. Le metodologie di registrazione meccanica, le routine laboratoriali e la costituzione di collezioni sistematiche di lastre rivelano la natura sfaccettata della fotografia scientifica tra lo *status* di immagine, lo strumento e la sua matericità.¹¹

Tra il 1908 e il 1995, l'Osservatorio Reale del Belgio (Uccle) ha acquisito una vasta collezione di lastre fotografiche provenienti da osservatori stranieri, tra cui quelle dell'Archivio Scientifico dell'ESO; il primo progetto di digitalizzazione è stato avviato nel 2002.¹² Sebbene i recenti progressi nell'*imaging* a risoluzione subatomica sembrano relegare le prime fotografie astronomiche a una dimensione obsoleta, le lastre di vetro conservano un valore scientifico ancora attuale per la storia della disciplina. Nel tempo, la consultazione espone i supporti a costanti rischi di deterioramento. Per questo le istituzioni hanno adottato rigidi protocolli di consultazione che, pur preservando il manufatto, ne limitano l'accessibilità. In questo scenario, il progetto di digitalizzazione ha un triplice obiettivo: 1) garantire il pieno sfruttamento del dato scientifico; 2) assicurare la custodia dell'oggetto nella sua materialità; 3) estendere l'utilizzo a un pubblico più vasto.

L'archivio – sia esso analogico o digitale – è perennemente sospeso tra l'esigenza di conservazione e la richiesta di accessibilità.¹³ Il trattamento di un oggetto è strettamente legato alla natura del dispositivo con cui si entra in contatto, sia esso l'immagine stampata o quella mediata dall'interfaccia

⁵ L. BUSBEA, *McLuhan's environment: The end (and the beginnings) of architecture*, «The Aggregate website (Transparent Peer Reviewed)», 3, 2015.

⁶ J. F. BLANCHETTE, *op. cit.*, 1042-1043. A. MACKENZIE, *Everything thinks: Sub-representative differences in digital video codecs*, «Deleuzian intersections: Science, technology, anthropology», 139-162, 2010.

⁷ Sulla mediazione degli strumenti e sulla costruzione attiva, non passiva, del dato scientifico cfr.: B. LATOUR, S. WOOLGAR, *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, Princeton, Princeton University Press, 1986.

⁸ J. WECHSLER, *On Aesthetics in Science*, Cambridge, MIT Press, 1978.

⁹ Cfr. K. BARAD, *Meeting the Universe halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Durham, Duke University Press, 2007. L. DASTON (ed.), *Science in the Archives: Pasts, Presents, Futures*, Chicago, University of Chicago Press, 2017.

¹⁰ A. SKODA, *Automated Data Reduction for the ESO Garching Archive*, «The Messenger», 180, 2020.

¹¹ T. BÄRNIGHAUSEN *et al.*, *What is real-world evidence?*, «Journal of Clinical Epidemiology», 112, 2019.

¹² J. DE CUYPER, L. HENSBERGE, M. BARBIERI, *Data Management and Techniques in the Digital Age*, «The Messenger», 108, 2002.

¹³ M. WARNKE, *Theories of the Archive from Media Archaeology to Contemporary Art*, «Archiv für Mediengeschichte», 2, 2002.

informatica.¹⁴ Quando le lastre di vetro entrano in archivio come oggetti da preservare, perdono il loro *status* attivo di strumento e si trasformano in reperti storici; il loro contenuto è ciò a cui gli astronomi accedono via computer, in una forma immune dal deterioramento.¹⁵ Mentre i dati persistono nel tempo, i dispositivi elettronici di accesso rivelano una natura intrinsecamente effimera.¹⁶ In quale luogo, dunque, si oggettiva il dato nel contesto di un archivio digitale? Le radiazioni elettromagnetiche catturate dai telescopi viaggiano come flussi digitali per essere decodificate e ricostituite in immagini intelligibili attraverso le interfacce dell'archivio. Nella specificità dell'astronomia contemporanea, l'archivio offre un pacchetto informativo complesso, in cui l'immagine è solo uno dei molteplici strumenti (grafici, tabelle, misurazioni). Tutti questi dati sono conservati fisicamente presso l'ESO Science Archive Facility: un pluripremiato edificio cilindrico che ospita i sistemi elettrici e l'infrastruttura informatica che consente alla comunità scientifica l'accesso ai dati.

Laboratori scientifici, osservatori e storicità

L'archivio si presenta idealmente come un terreno coabitato dalle scienze naturali e dall'ermeneutica delle scienze storiche. All'intersezione tra storia della scienza e cultura visiva, Lorraine Daston suggerisce che «nelle scienze storiche, la preconditione della conoscenza sia una cartografia del tempo».¹⁷ La storica annovera l'astronomia tra le scienze dell'archivio: essa si è evoluta attraverso lo studio di archi temporali a lungo termine, rendendo l'archiviazione un compito ineludibile.

Nonostante l'astronomia riguardi la scrittura della storia (si pensi alla cosmologia), i criteri di ordine del sapere non seguono necessariamente la periodizzazione antropocentrica o la linearità temporale, ma si organizzano in funzione delle necessità della comunità scientifica.¹⁸ In che misura la struttura che determina le modalità di ricerca influenza i percorsi conoscitivi di una comunità?

Daston indica l'Osservatorio di Pulkovo come esempio: la volontà di collocare la biblioteca nel cuore di un centro scientifico avanzato indica che la soglia tra scienze della memoria e leggi naturali era sottile. Se le discipline umanistiche sono dedite alla consultazione del passato, le scienze empiriche si caratterizzano per la spinta verso il futuro. La biblioteca, l'archivio e il laboratorio sono ingranaggi di un modello architettonico di sapere spazializzato.

Alla base di ogni concezione della storia risiede la percezione umana del tempo. Siamo abituati a rappresentare la temporalità come una linea, una freccia unidirezionale: il tempo reso spazializzato per poter essere misurato. Su questa linea, la storiografia fissa gli eventi. Tale visualizzazione – la *timeline* – è in linea con le pratiche archivistiche analogiche: la linea temporale diviene sintesi di una cronologia visiva che evoca la monumentalità di uno spazio cronografico, come una biblioteca o un archivio. Questa modalità di visualizzare il tempo appartiene al senso comune, e non altro che il tempo scientifico reso spazializzato per poter essere misurato (e quindi per renderlo comprensibile).¹⁹ Il tempo e la linea fungono da assi organizzativi fondamentali per ordinare l'imponente volume di informazioni raccolte. Dal punto di vista delle scienze storiche, la disposizione lineare di volumi e faldoni sugli scaffali rivela un'implicita urgenza culturale: la necessità di visualizzare e perimetrare i confini fisici del *corpus* di dati necessari alla produzione di sapere. La possibilità di abbracciare con lo sguardo l'intera raccolta suggerisce l'esistenza di una soglia tangibile che definisce l'estensione del deposito di conoscenza. Tale limite traccia una linea di demarcazione tra il noto e l'ignoto: sebbene sia sempre possibile aggiungere nuovi scaffali, la finitezza dello spazio materiale occupato da libri o documenti offre allo studioso un senso rassicurante di accessibilità, prossimità e immediatezza. L'essere umano ha bisogno di vedere dove finisce il sapere. La biblioteca nel suo essere materiale trasforma l'astrazione dei dati in un corpo visibile che ha una fine, anzi una soglia, rendendo il sapere dominabile dallo sguardo.

L'immagine evocativa dei mille chilometri di scaffali, utilizzata per contrasto rispetto all'apparente illimitatezza dell'archivio digitale, rivela non solo quanto la linea sia radicata nel nostro senso di temporalità, ma anche quanto la concezione della conoscenza sia intimamente legata alla sua incarnazione fisica: una sequenza cronologica di volumi disposti lungo file ordinate. In questo modello analogico, l'accessibilità è regolata da un vincolo logistico: la vicinanza alle fonti è un privilegio limitato, poiché lo spazio architettonico funge simultaneamente da filtro e da confine. I mille chilometri di libri non dimostrano forse che, pur parlando di astronomia (d'avanguardia), la nostra mente usa ancora unità di misura materiali (lo scaffale, il volume) per tentare di quantificare l'invisibile: sia esso il dato digitale che il tempo non-antropologico?

Abitare il dato: materialità trasparente e pratiche incarnate

Al contrario, la strumentazione astronomica contemporanea genera flussi di dati che stratificano in-

¹⁴ P. SYKHORA, *The Epistemology of Digital Data in Astronomy*, «Journal for General Philosophy of Science», 44, 2013.

¹⁵ F. RUBIO, *The Materiality of Digital Archives*, «Digital Humanities Quarterly», 10, 2016.

¹⁶ J. GABRYS, *Digital rubbish: A natural history of electronics*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 2011.

¹⁷ L. DASTON, *Science in the Archives: Pasts, Presents, Futures*, Chicago, University of Chicago Press, 2012, pp. 156-187.

¹⁸ Ivi, pp. 186-187.

¹⁹ D. ROSENBERG, A. GRAFTON, *Cartographies of Time: A History of the Timeline*, New York, Princeton Architectural Press, 2013.



Fig. 2. Vista panoramica a 360 gradi della biblioteca nel quartier generale dell'ESO a Garching, vicino a Monaco in Germania. (Crediti: ESO)

cessantemente creando nuovi elementi.²⁰ Come osservato da Lev Manovich, la natura digitale del mezzo implica che tali *database* non siano mai definitivi, ma in perenne espansione: non esiste più una linea materiale che ne tracci il limite.²¹ Tuttavia, la presunta democratizzazione dell'accesso ha fatto emergere, in modo controintuitivo, un ostacolo di natura cognitiva. Si è generata una disparità crescente tra professionisti e dilettanti, poiché la fruizione del dato richiede oggi una specializzazione estrema di competenze e infrastrutture.

La disponibilità diffusa mette inoltre in luce il rischio di una incomunicabilità multidimensionale: da un lato, l'obsolescenza dei formati minaccia la leggibilità diacronica nel tempo; dall'altro, la complessità delle interfacce crea una barriera sincronica tra diversi tipi di interlocutori. Mentre l'archivio cartaceo è definito dalle mura della biblioteca – un confine architettonico che «contiene» il sapere – l'archivio astronomico digitale si configura come un'architettura ambientale transnazionale e diffusa. Essa si articola tra le infrastrutture di acquisizione nel deserto di Atacama, i *server* di stoccaggio a Garching e le reti di trasmissione globali. Questa struttura non si limita a contenere la conoscenza, ma agisce come il dispositivo tecnologico che la veicola e la modella attivamente.²²

Sebbene privo di confini lineari, l'archivio digitale genera intrecci di pensiero imprevedibili. La prospettiva di Tim Ingold sulla vita delle linee offre un paradigma prezioso per descrivere l'esperienza prodotta dall'infrastruttura digitale, la quale modella le relazioni sociali su processi cognitivi non lineari.²³ L'estrazione dei dati e la ricerca si configurano come atti creativi: percorsi aperti entro un groviglio (*meshwork*) di interrelazioni tra attori (la comunità scientifica), processi (sperimentazione e analisi) e oggetti (dati e misurazioni). Possiamo descrivere la

pratica di consultazione dell'archivio digitale così: lo scienziato usa l'archivio non solo per cercare un documento; l'archivio digitale proprio perché in continua espansione in senso non lineare è un vero e proprio ecosistema conoscitivo. L'architettura ambientale non è un semplice guscio, ma un sistema di forze che raggiunge l'utente attraverso la qualità della sua esperienza digitale. Anche se il corpo del ricercatore è fermo in un luogo e in uno spazio, la sua percezione è proiettata in un ambiente costruito che possiede leggi fisiche e spaziali proprie (quelle del *software* e della rete).

L'architettura ambientale non finisce dove iniziano i cavi, ma si estende fino allo schermo. L'interfaccia è la manifestazione sensibile dell'infrastruttura sottostante. Quando si sperimenta un ritardo (*latenza*) o una particolare fluidità, si sta percependo fisicamente la distanza geografica, la potenza dei *server* e l'efficienza dei protocolli. Quell'architettura «tocca» l'utente attraverso le prestazioni del sistema: l'ambiente non è ciò che ci circonda esternamente, ma la zona in cui la costruzione del pensiero si crea.

Lo scienziato abita anche l'archivio perché si muove attraverso i suoi dati. La struttura del *database* e l'organizzazione dei metadati sono le pareti e i corridoi di questo spazio. La sedentarietà è solo apparente: nell'estrazione dei dati, l'utente compie gesti (*click*, *scroll*, *query*) che possono essere considerati atti di esplorazione ambientale. L'architettura dei *server* a Garching determina come questi percorsi possano essere tracciati. Nel quadro dei *Media Studies*, l'ambiente arriva all'utente attraverso ciò che Paul Dourish definisce materialità trasparente: una struttura che, pur non essendo visibile nei suoi componenti *hardware*, determina la consistenza dell'esperienza digitale. Le proprietà materiali dei sistemi informatici modellano l'azione; anche se non percepibili nel senso comune del vedere, il codice e i *server* determinano come ci si muove nel sistema. La materialità del *software* non è fatta di atomi, ma di vincoli che influenzano quello che viene identificato come la pratica incarnata (*embodied practice*).²⁴

L'architettura materiale dell'ESO, la presenza dei *server* informa la materialità formale dell'interfac-

²⁰ «Big-Data cannot exist without data preservation», in L. MÜLLER, *Big Data and Data Preservation*, «Data Science Journal», 19, 2020, p. 22.

²¹ L. MANOVICH, *The Language of New Media*, Cambridge, MIT Press, 2002, p. 220.

²² J. SCHRÖTER, *The Materiality of Digital Media*, «Media Theory», 3, 2019.

²³ T. INGOLD, *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*, London, Routledge, 2000.

²⁴ P. DOURISH, *The Stuff of Bits: An Essay on the Materialities of Information*, Cambridge, MIT Press, 2017.

cia. Matthew Kirschenbaum distingue infatti tra materialità forense (i *server* fisici, i dischi magnetici, l'edificio) e materialità formale (il modo in cui il dato appare come immagine o *file*). La materialità trasparente è il ponte tra queste due: la logica formale che l'utente percepisce è dettata dalla realtà forense dei *server*. Katherine Hayles tratta questa condizione come il risultato di una continua negoziazione tra il corpo umano e la complessità computazionale remota.²⁵ L'architettura dell'archivio produce una configurazione di presenza: Hans Ulrich Gumbrecht parla della capacità degli oggetti di imporsi ai sensi non solo come significati da interpretare, ma come presenze che determinano una postura del corpo e del pensiero.²⁶ Matthew Kirschenbaum descrive la materialità forense come un vincolo di possibilità: in questo contesto le possibilità sono intese come l'imprevedibile configurarsi di un reticolo di percorsi in opposizione alla predeterminazione di un percorso. Non vi è cesura tra la materialità forense dei *server* e la materialità formale dell'interfaccia: la seconda è la proiezione fenomenica della prima. L'architettura di Garching non è un altrove geografico, ma la condizione materiale che rende possibile e delimita l'attività cognitiva dello scienziato ovunque esso sia. Proprio come chi si muove in una biblioteca non vede le fondamenta dell'edificio ma ne abita la stabilità, lo scienziato non vede i *server* ma ne abita la logica di calcolo, la velocità e la struttura, che sono proprietà fisiche, non astratte.

Protocolli, *query* e condizionamento cognitivo

Il corpo dello scienziato è proteso verso il *server* e la sua pratica esperta avviene all'interno di un ambiente reale, seppur mediato. Se l'architettura dei *server* privilegia determinati tipi di interrogazione (attraverso le *query*), lo scienziato sarà indotto a impostare la ricerca in modo conforme. La materialità fisica diventa così una struttura cognitiva. L'infrastruttura di Garching si basa su un modello in cui i metadati sono gestiti separatamente dai dati grezzi (file FITS). L'utente ricerca attraverso etichette, filtrando un *database* SQL. Questa configurazione privilegia un'indagine di tipo statistico e parametrico: lo scienziato non cerca «quella foto», ma «tutti gli oggetti con massa X e temperatura Y». La struttura del *server* impone, dunque, una visione analitica prima ancora che visiva. Tuttavia, tale passaggio non deve essere inteso come una perdita della capacità percettiva, bensì come un'evoluzione dell'occhio scientifico: l'astronomo esercita una oggettività strutturale che sostituisce l'intuizione estetica dell'immagine singola con una vista sinottica di interesse

²⁵ N. K. HAYLES, *My Mother Was a Computer: Digital Subjects and Literary Texts*, Chicago, University of Chicago Press, 2005.

²⁶ H. U. GUMBRECHT, *Production of Presence: What Meaning cannot convey*, Stanford, Stanford University Press, 2004.

popolazioni galattiche, espandendo la portata della visione oltre i limiti del sensibile.²⁷

Recentemente l'ESO ha introdotto il protocollo TAP (Table Access Protocol) e l'accesso programmatico tramite Python (pyvo).²⁸ Ciò definisce una nuova regola, spostando la postura dello scienziato da quella dell'esploratore visivo – che scorre immagini su un portale – a quella del programmatore di *query*. Questa nuova postura, pur dettata dallo strumento, non annulla l'iniziativa del ricercatore; al contrario, lo *scripting* abilita una «visione aumentata» in cui la creatività si sposta dalla contemplazione dell'oggetto alla progettazione dell'algoritmo di estrazione. L'attuale architettura favorisce l'esecuzione di interrogazioni asincrone, consentendo *query* estensive e prolungate nel tempo. La capacità computazionale di gestire simultaneamente molteplici processi svincola la ricerca astronomica dai limiti della consultazione sequenziale, rendendo possibile l'analisi di *dataset* massivi comprendenti milioni di oggetti celesti.

Nonostante la separazione spaziale, l'astronomo abita la dimensione logica del *server* mediante l'interazione con i flussi di dati *Phase 3*. Questa configurazione trasforma la «legge» dell'architettura fisica in una prassi metodologica. L'archivio ESO integra una massa critica di prodotti pre-elaborati (*Phase 3*) attraverso le catene algoritmiche dell'istituzione. Tale mutamento strutturale riconfigura l'architettura cognitiva della ricerca, poiché il *server* restituisce una rappresentazione dei fenomeni già emendata dalle contingenze strumentali. In questo contesto, l'accesso al dato è mediato da filtri logici predefiniti, dove la demarcazione tra «rumore» e «segnale» è stabilita a priori dall'infrastruttura. Eppure, lo scienziato non è un fruitore passivo di questa pre-elaborazione: la sua *agency* si manifesta nella capacità di testare la resistenza di tali filtri, riprogrammando i criteri di scarto per far emergere anomalie che la configurazione standard avrebbe occultato.

Parallelamente, l'evoluzione dei supporti di stoccaggio – dalla rotazione ottica dei DVD alla latenza infinitesimale delle moderne unità SSD – non costituisce un semplice progresso logistico, ma ridefinisce la temporalità stessa del processo di scoperta. La velocità di risposta del *database* cessa di essere un parametro tecnico per farsi cadenza del pensiero: se

²⁷ L. J. DASTON, P. GALISON, *Objectivity*, New York, Zone Books, 2007.

²⁸ Per ripercorre la storia dello *storage* (dai nastri ai DVD fino a NGAS e i moderni sistemi basati su disco) come fattore abilitante per la gestione dei petabyte attuali si veda: M. ROMANIELLO et al., *The ESO Science Archive Facility: Status, Impact, and Prospects*, «The Messenger», 182, 2021, p. 2; M. ROMANIELLO et al., *The ESO Science Archive: a powerful resource for the worldwide science community*, «Proceedings of SPIE», 13098, 2024, p. 1309820; M. ARNABOLDI, J. RETZLAFF et al., *The Delivery of Data Products from ESO Public Surveys and Large Programmes to the ESO Archive*, «The Messenger», 144, 2011, p. 17; F. STOEHR et al., *The ALMA Science Archive*, «The Messenger», 187, 2022, p. 25; M. D. WILKINSON et al., *The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship*, «Scientific Data», 3, 2016, p. 160018.

l'istantaneità computazionale abilita una dialettica di tentativo ed errore improntata a una creatività dinamica, la latenza del sistema impone, di contro, una pianificazione del quesito analitico più rigida e riflessiva.²⁹ Questa alternanza tra velocità e attesa non è un semplice subire la materialità di una tecnologia, ma una negoziazione attiva: il ricercatore apprende ad abitare i tempi morti della macchina per affinare l'ipotesi, trasformando il limite tecnico in un intervallo di riflessione critica.³⁰ In ultima istanza, è la materialità (del silicio) a dialogare con i ritmi cronologici della scoperta scientifica.³¹ L'abbondanza informativa organizza la percezione e le pratiche di ricerca in una rete di reattività incarnata:

I sistemi viventi sono caratterizzati da un accoppiamento tra percezione e azione che nasce all'interno dei processi di sviluppo ontogenetico. Questo accoppiamento è sia una condizione per l'esercizio dell'azione che il fondamento dell'abilità. Laddove ANT sta per teoria dell'attore-rete, SPIDER – l'epitome della mia posizione – sta per la proposizione secondo cui la pratica esperta implica una reattività incarnata nello sviluppo.³²

L'immagine digitale

La digitalizzazione delle lastre fotografiche non costituisce una semplice migrazione di supporto, ma illumina una metamorfosi radicale dell'osservazione astronomica: l'intersezione tra cultura visiva e protocolli scientifici. Se nell'era pre-digitale la lastra agiva come un archivio autarchico – un manufatto in cui la luce, facendosi sostanza chimica, rendeva l'immagine indissolubile dal suo corpo fisico – l'avvento dei sensori CCD (*Charge-Coupled Device*) ha riconfigurato l'ontologia stessa del dato. L'immagine si svincola dalla funzione di rappresentazione mimetica per assumere quella di matrice di valori numerici; in questo passaggio, la fotografia transita dal regno della figurazione a quello della misura pura. A tal proposito, la prima osservazione conservata nell'Archivio Scientifico dell'ESO risale al 17 novembre 1991: si trat-

²⁹ Uno studio interessante che mostra come i fisici e i biologi abitino i *dataset*, e dove sfumano la distinzione tra esploratore e programmatore si veda: K. KNORR-CETINA, *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge, Harvard University Press, 1999.

³⁰ Per la discussione sulla latenza e sulla differenza tra creatività dinamica e pianificazione rigida si veda: M. DORFMAN, *The Logic of Discovery: Trial and Error vs. Rigorous Planning in the Digital Age*, «Philosophy of Science», 82, 2015; P. S. WEILAND, *The Speed of Thought: Cognitive Implication of High-Speed Computing in Astronomy*, «History and Philosophy of Computing», 2019.

³¹ H. WOLF, *Das Licht im Dienste der Wissenschaft: Herausforderung Venusdurchgang 1874. Licht = fotografie und Fotografie des Lichts*, in *Archiv für Mediengeschichte – Licht und Leitung*, a cura di L. Engell, J. Vogl, B. Siebert, Weimar, Universitätsverlag, 2002, pp. 85-100; H. WOLF, *Das Paradigma Fotografie als Grundlage konzeptueller Strategien in Künstlerpublikationen*, in *Buch. Medium. Fotografie*, a cura di S. Schade, A. Thurmman-Jajes, Bremen-Köln, Neues Museum Weserburg-Salon, 2004, pp. 21-55.

³² T. INGOLD, *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*, London, Routledge, 2000, p. 164.

ta della prima immagine catturata dalla tecnologia SUSI, basata sulla parte blu dello spettro elettromagnetico. Sebbene lo strumento sia ancora in funzione a La Silla, oggi è impossibile identificare le coordinate o le condizioni che circondavano quell'osservazione. Le informazioni semplicemente mancano: senza metadati dettagliati (ovvero descrizioni strutturate), è impossibile determinare quale tipo di oggetto astronomico fosse. Con la tecnica di *imaging* degli anni Novanta, i dati più recenti sono virtualmente indistinguibili da quelli del passato, poiché il CCD è un sistema digitale che utilizza ricevitori a stato solido moderni, riducendo il lasso di tempo tra l'osservazione e l'effettiva fruibilità del dato. Tuttavia, l'inaccessibilità dei descrittori ne impedisce l'uso efficace, bloccando la costruzione di quei «pacchetti» di elementi necessari alla ricerca. Il contenuto dei metadati e i criteri di ordinamento rappresentano dunque la chiave per far emergere imprevedibili grovigli epistemicici (*epistemic meshwork*) tra temporalità, rappresentazione e produzione di conoscenza. L'accumulo di record è inutile se non può essere ricombinato in un tessuto di significato attraverso un'organizzazione sistematica. In ultima analisi, le pratiche di archiviazione digitale sono soggette a vincoli materiali, poiché l'accesso ai dati è possibile solo attraverso istanze in forme materiali.

Questo slittamento ridefinisce la pratica dell'astronomo: l'occhio non interroga più la somiglianza del segno, ma la coerenza algoritmica di un *database* relazionale. L'archivio cessa di essere un deposito di reperti statici per farsi infrastruttura dinamica, dove la storia della fotografia e la prassi scientifica convergono nella produzione di un sapere basato sulla computazione del visibile.

Maggiore è il dettaglio dei metadati, migliore risulterà la capacità dell'utente di orientarsi. Le immagini digitali prodotte da sensori CCD costituiscono esse stesse delle forme di archivio: possono infatti essere intese come vasti depositi di misurazioni. Registrando lunghezze d'onda al di fuori dello spettro percettivo (come nei sistemi ALMA o VLT), esse offrono l'accesso a una densità di dettagli senza precedenti. In quest'ottica, i *Big Data* non sono solo quantità di osservazioni, ma profondità di uno spazio navigabile. Si verifica una compressione di spazio e tempo su un unico *medium* entro il quale lo scienziato si muove. L'estrazione di informazioni descrive la capacità di navigare all'interno dell'immagine stessa attraverso la variazione di scala. Non si tratta di vedere meglio, ma di vedere in profondità: una modalità che rende i dati e quindi i fenomeni osservabili all'interno di uno spazio, e non più lungo una linea.

Scale temporali

La struttura che ospita uno dei più grandi archivi computerizzati al mondo di dati astronomici si trova nell'edificio tecnico. L'attenzione prestata dall'istituzione alla propria architettura è sorprenden-

te. Non per un certo gusto estetico, né per un'interpretazione simbolica e illustrativa. È innegabile che la sede di Garching possieda un design armonioso grazie all'uso di forme circolari, che riflettono indubbiamente uno dei simboli della disciplina astronomica. Come suggerito dal sito web dell'ESO, è possibile immaginare una piazza al centro dell'edificio, i cui quattro angoli coincidono con i centri di quattro archi di diverso diametro. La biblioteca si trova al centro della piazza immaginata. La collocazione della biblioteca richiama le riflessioni di Daston sopra citate: alla biblioteca, ovvero il deposito della memoria storica organizzato secondo una linearità di spazio e tempo, viene assegnato un posto centrale.

Successivamente, nel 2013, è stato inaugurato l'ampliamento: la forma circolare (e non più l'arco, forma geometrica aperta) caratterizza il nuovo complesso di edifici, che consiste sostanzialmente in due parti, un cilindro più grande e tre cilindri assemblati insieme. Una rampa collega il vecchio edificio con l'estensione. L'ex Direttore Generale dell'ESO, Tim de Zeeuw, ha dichiarato nel 2012:

La costruzione del nuovo edificio è una pietra miliare importante nella storia dell'ESO, poiché ci permetterà di lavorare in modo ancora più efficiente verso il raggiungimento della nostra visione di costruire e gestire strutture di osservazione a terra di livello mondiale. Allo stesso tempo, avere tutto il personale della sede centrale che lavora in un unico luogo fornirà un forte senso di identità.³³

Due espressioni sono particolarmente significative e richiedono ulteriori riflessioni: 1) «raggiungere la nostra visione di costruire e gestire strutture di osservazione a terra di livello mondiale»; 2) «un unico luogo fornirà un forte senso di identità». Tornerò su questo punto a breve.

Mentre l'architettura più antica si basa sugli archi, l'ampliamento si basa sulle circonferenze. Uno dei due nuovi moduli è l'edificio tecnico: un cilindro con lo stesso diametro dello specchio dell'ELT (Extremely Large Telescope), «l'occhio sul cielo più grande del mondo».³⁴ L'edificio tecnico custodisce l'archivio informatico come un tesoro, ospitando al contempo i laboratori per l'assemblaggio e il collaudo dei nuovi strumenti. La sezione dedicata alle tecnologie di archiviazione è inaccessibile al pubblico per comprensibili ragioni di sicurezza, a conferma della base materiale dei bit e dei rischi di danneggiare la materia. Una galleria al primo piano permette ai visitatori di dare un'occhiata ai lavori in corso nella sala di assemblaggio. L'archivio, ovvero il luogo fisico della memoria storica, e il laboratorio, ovvero il luogo della sperimentazione, coesistono nello stesso ambiente. La forma circolare permette il pieno utilizzo della luce naturale, conferendo un senso di coesione e unità tra le diverse componenti, nonostante i loro vari gradi di accessibilità.

³³ www.eso.org/public/news/eso1215/.

³⁴ <https://elt.eso.org/>.

Sullo sfondo del rapporto tra tecnologie digitali e pratica scientifica, l'elaborazione del concetto di visualizzazione e il modo in cui esso è profondamente connesso alla concezione del tempo sviluppata dalla fisica quantistica, l'archivio digitale dell'ESO e la sua struttura sono un esempio di ambiente IT contemporaneo per una disciplina basata sulla visualizzazione dei dati, secondo la definizione fornita da Orit Halpern in *Beautiful Data*,³⁵ dove l'autrice delinea la costruzione storica della visione e della cognizione in relazione all'emergere della cibernetica e delle scienze della comunicazione. Prendendo lo studio di Halpern come quadro teorico, gli strumenti astronomici hanno permesso a lungo di rendere visibili dati invisibili all'occhio umano. Ma c'è di più. Gli strumenti di rilevamento dei dati come i telescopi e i sistemi di registrazione come i CCD (ovvero la fotografia) si spingono oltre i limiti della percezione sensoriale umana sia in termini di spazio che di tempo; gli strumenti tecnologici consentono l'interazione tra diverse scale temporali e fenomeni naturali che trascendono la dimensione umana e, soprattutto, trascendono il solo senso della vista.

«La visualizzazione riguarda anche le scale temporali».³⁶ Questo è vero per le scienze applicate in generale, ma è particolarmente evidente nella disciplina dell'astronomia contemporanea, a causa dello storico intreccio tra astronomia e fisica. È interessante notare come, a metà del XIX secolo, i primi esperimenti fotografici fossero condotti all'interno di una visione politecnica della pratica scientifica. La visualizzazione dei dati astronomici e il loro utilizzo nelle pratiche scientifiche e di archiviazione contemporanee mostrano come la concezione e la percezione del tempo, e quindi della storia, non possano essere definite come lineari all'interno di un archivio digitale: ciò che viene registrato nello spazio profondo non appartiene allo stesso tempo del nostro presente percettivo. Nel flusso dei dati astronomici, c'è uno sfasamento temporale doppio (se non multiplo): i telescopi hanno sempre funzionato come macchine del tempo. Fino alla fine del XIX secolo, erano strumenti di osservazione in «tempo reale» (o antropologico), in loco, con l'osservatore che guardava attraverso l'oculare del proprio strumento; il passaggio alla registrazione digitale ha creato un ulteriore livello di desincronizzazione tra il fenomeno celeste e la sua visualizzazione, all'interno di un sistema di *stacking* (o accumulo di dati) e archiviazione; pile di dati (*stacks*) sono accessibili attraverso interfacce digitali situate in luoghi diversi e in tempi diversi.³⁷

³⁵ O. HALPERN, *Beautiful Data: A History of Vision and Reason since 1945*, Durham, Duke University Press, 2014.

³⁶ Ivi, p. 22.

³⁷ «Modern astronomy is the data-oriented science that allows classifying astrophysics as a new academic research field, which covers various multidisciplinary applications of e-astronomy». I. VAVILOVA et al., *Surveys, catalogues, databases, and archives of astronomical data, in Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, Amsterdam, Elsevier, 2020, 57-102.



Fig. 3. Foto aerea del quartier generale dell'ESO a Garching. (Crediti: E. Graf/ESO)

L'enfasi sul lavorare «in modo ancora più efficiente verso il raggiungimento della nostra visione di costruire e gestire strutture di osservazione a terra di livello mondiale» espressa al plurale è significativa: forse si riferisce solo a luoghi fisici, come la sede in Germania e i siti di osservazione in Cile. Tuttavia, questa espressione dovrebbe farci riflettere sull'impatto che un certo tipo di tecnologia ha sulle capacità fisiologiche e cognitive umane. Infatti, Halpern suggerisce di considerare la visione come un «apparato sensomotorio-cognitivo», per cui «le visibilità non sono meramente 'visuali'». In questo senso, l'ambiente architettonico riacquista un significato fondamentalmente estetico per la nostra comprensione delle implicazioni materiali dell'infrastruttura digitale: l'esperienza estetica nel suo significato più essenziale, ovvero strettamente legata ai sensi.

La suddetta dichiarazione menziona il desiderio di stabilire un senso di identità proprio grazie alla possibilità di lavorare in un ambiente fisico unico. McLuhan profetizzò il potenziale dell'architettura in tempi non sospetti: «un metodo per descrivere un'esperienza più viscerale» del flusso dei media.³⁸ La riflessione di McLuhan partiva dalla comprensione di come l'interazione sociale dipenda dalla comprensione dei media e dalla concezione di ambiente «invisibile»: la presunta invisibilità influenza profondamente l'intero sviluppo del sistema nervoso. Invisibile non significa ininfluente: al contrario, proprio

perché invisibili, gli ambienti solo apparentemente dematerializzati sono capaci di modificare profondamente i processi fisiologici e cognitivi perché agiscono sulle dinamiche spazio-temporali.³⁹

Le pratiche di osservazione, e ciò che gli scienziati intendono per osservazione e visualizzazione nella contemporaneità, determinano, non da ultimo, il senso di identità della comunità di riferimento: questo è stato sottolineato da Daston nel descrivere l'architettura e le scienze dell'archivio in riferimento alla seconda metà del XIX secolo. La trasformazione del senso di comunità scientifica – e in particolare della comunità astronomica – è strettamente correlata al concetto della triade «visione-osservazione-visualizzazione» nel contesto delle tecnologie digitali per la raccolta, l'archiviazione e l'interpretazione dei dati scientifici. Questa triade non può più essere descritta indipendentemente dalle dinamiche spazio-temporali determinate dal mezzo digitale: la conformazione degli strumenti tecnologici digitali interpretati nella loro materialità plasma temporalità non lineari di modi di pensare e di agire.

Conclusione

L'Archivio Scientifico dell'ESO non agisce come un semplice deposito passivo, ma come un'infrastruttura dinamica che ridefinisce i confini della perce-

³⁸ L. BUSBEA, *McLuhan's Environment: The End (and the Beginnings) of Architecture*, «Aggregate», 2015.

³⁹ D. MILLER, *Materiality: an introduction*, in *Materiality*, Durham, Duke University Press, 2005, pp. 1-50.

zione astronomica attraverso il contenuto semantico dei metadati. Il caso della tecnologia SUSI (1991) rimane, in tal senso, un monito epistemologico: la perdita del descrittore trasforma il dato in un reperto muto, interrompendo quel processo di significazione che permette alla ricerca di abitare il tempo profondo. Il metadato non è dunque un semplice indice, ma la condizione di possibilità per l'emergere di quegli intrecci epistemici tra temporalità e conoscenza.

In questo scenario, la peculiare architettura di Garching cessa di essere una cornice estetica per farsi manifestazione fisica della logica dei dati. Se il nucleo storico della biblioteca richiama ancora una linearità dello spazio-tempo, l'estensione cilindrica del 2013 – che rispecchia le dimensioni dell'ELT – sancisce la coesistenza tra il luogo della memoria (l'archivio) e quello della prassi (il laboratorio). Come suggerito da Orit Halpern, l'ambiente ESO mo-

della la cognizione attraverso una desincronizzazione programmata: lo sfasamento temporale tra il fenomeno celeste e la sua visualizzazione digitale non è una perdita di fedeltà, ma uno spazio di negoziazione critica.

L'esperienza viscerale dei *Data Centre* – con il loro rumore perenne e l'aria climatizzata – smentisce definitivamente l'illusione della dematerializzazione digitale. La luce che arriva dai cieli cileni subisce la sua ultima trasformazione in codice binario. La materialità del silicio incontra i ritmi della scoperta scientifica, confermando l'intuizione di McLuhan: gli ambienti tecnologici, proprio perché apparentemente invisibili, modificano nel profondo i processi fisiologici e cognitivi del ricercatore. La ricerca astronomica si sposta così dal tempo reale dell'osservazione alla profondità esplorabile dell'archivio, dove la struttura del dato garantisce la rigenerazione continua del sapere.

Sara Romani è attualmente docente a contratto presso il Dipartimento di Beni Culturali e Ambientali all'Università degli Studi di Milano. Ha completato un progetto di ricerca post-doc presso la Fondazione Gerda Henkel dal titolo: "Astronomical Images: technologies, practices and aesthetics (1870-1910)". Ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Storia dell'Arte presso la Facoltà di Filosofia all'Università di Colonia (2022).

Ferdinando Massimiliano d'Asburgo e la nascita dell'Osservatorio Astronomico di Trieste

Paolo Molaro

INAF · Osservatorio Astronomico di Trieste

ESISTE un sottile intreccio molto poco conosciuto tra la vicenda personale dell'arciduca Ferdinando Massimiliano d'Asburgo, futuro Imperatore del Messico, e l'astronomo Franz Ritter von Schaub, primo direttore dell'Osservatorio Astronomico di Trieste. Basti pensare che il 5 aprile 1864, Massimiliano, pochi giorni prima di essere proclamato Imperatore, nel redigere le sue volontà nominerà Franz Schaub suo esecutore testamentario.

In realtà l'intreccio è ancor più generale e coinvolge lo sviluppo quasi parallelo dell'astronomia triestina con quella austriaca. Nel 1753 viene fondato a Vienna il primo Osservatorio Astronomico, secondo le indicazioni del friulano Giovanni Giacomo Marinoni (1676-1755) che nel 1745 aveva pubblicato l'opera *De astronomica specula domestica et organico apparatu astronomico*, in cui descriveva la sua specola viennese sul Mölker Bastei e gli strumenti avanzati che utilizzava.

E lo stesso anno, il 20 agosto 1753, Maria Teresa istituisce con Sovrana Risoluzione il Collegio dei Gesuiti, a Trieste che diventerà poi Scuola Nautica per la formazione dei capitani di lungo corso. È in questa scuola che iniziano a Trieste i primi studi di astronomia, anche se inizialmente finalizzati alla navigazione. Il primo direttore della Scuola Nautica di Trieste è il gesuita padre Francesco Saverio Orlando (1723-1784), che tiene il corso di astronomia per i cadetti. Gli appunti del suo corso sono conservati presso la Biblioteca Civica di Trieste e purtroppo non sono mai stati pubblicati. Nell'introduzione (FIG. 1) si legge:

L'astronomia è quella parte della matematica [...], che ha per oggetto il cielo e i corpi celesti; i principi sui quali essa si fonda sono le osservazioni certe e costanti, tanto le comuni che senza strumenti si possono fare da chi voglia con attenzione più volte rimirar il cielo; [...] con queste



FIG. 1. Prima pagina del corso di astronomia di padre Francesco Saverio Orlando (1723-1784) per i cadetti della Scuola Nautica di Trieste. Gli appunti del corso sono conservati presso la Biblioteca Civica di Trieste.

osservazioni l'astronomia scopre la natura de' corpi celesti, la loro grandezza, la distanza, il moto e le leggi che costantemente osservano nell'aggirarsi attorno alla Terra, aiutata poscia da principi d'aritmetica, geometria piana e sferica, ottica e fisica, insegna il modo come con accuratezza definirsi possa e debba il vero loro sito rispettivo e le varie loro apparenze per supposto del globo teraqueo e alle diverse sue parti, e ciò per qualsiasi tempo, o presente, o passato o futuro.

Testo che tradisce un'intenzione di astrofisica piuttosto che di un'astronomia di posizione necessaria



FIG. 2. Seconda pagina del *Leitfaden für den Unterricht in der Nautischen Astronomie an der k.k. Marine-Akademie* (1853) con la dedica di von Schaub a Massimiliano.

alla navigazione. È cronaca recente il ritrovamento nell'odierna Scuola Nautica di una copia delle *Opere di Galileo Galilei* in quattro tomi, per la Stamperia del Seminario di Padova, 1744, che è la prima opera che raccoglie tutte le opere di Galileo, compreso il *Dialogo*, ancora iscritto nell'elenco dei libri proibiti. Con tutta probabilità questi volumi erano stati acquisiti proprio da padre Orlando nei primi anni di vita della Scuola Nautica.

Nella biblioteca dell'Arciduca Ferdinando Massimiliano d'Asburgo-Lorena (1832-1867), conservata presso il castello di Miramare, vicino Trieste, ci sono diversi volumi a carattere astronomico. Tra questi, diversi libri di Franz von Schaub (1817-1871), come il *Kompendium der ebenen und sphärischen Trigonometrie* (Vienna, 1849) e il *Leitfaden für den Unterricht in der Nautischen Astronomie an der k.k. Marine-Akademie* (1853). Queste tavole nautiche furono pubblicate per volere e a spese dell'arciduca Massimiliano. Tavole che incontrarono molta fortuna editoriale, venendo tradotte in italiano (*Guida allo studio dell'astronomia nautica*, 1856), in olandese e ristampate più volte in tedesco. Interessante notare che l'intera seconda pagina delle Tavole Nautiche contiene la dedica di von Schaub a Massimiliano (FIG. 2):

A Sua Altezza Imperiale Reale il Serenissimo Arciduca Ferdinando Massimiliano d'Austria
dedicato con la più profonda riverenza,
Lo Scrittore

Ma chi era Franz Ritter von Schaub?

Nasce semplicemente come Franz von Schaub il 23 aprile 1817 a Groß-Schweinbarth, nella Bassa Au-

stria. Studia al Ginnasio Josephstadt di Vienna e nel 1833 entra all'Università di Vienna dove studia filosofia, medicina, matematica e astronomia. Nel 1840 viene nominato assistente all'Osservatorio di Vienna per ottenere, dopo 3 anni, un incarico permanente come assistente presso la Specola Astronomica. Compito che comprende anche l'incarico di tenere le lezioni di astronomia all'Università di Vienna.

Di lui non esistono fotografie e si sa poco o nulla della sua vita privata. Probabilmente non si era sposato e non aveva figli e non si sa dove è sepolto. Schaub è di quindici anni più anziano di Ferdinando Massimiliano d'Asburgo-Lorena che nasce a Vienna, nel castello di Schönbrunn, il 6 luglio 1832. Come riportato dal direttore dell'Osservatorio di Vienna, von Littrow, nel suo necrologio di Schaub pubblicato nelle *Astronomische Nachrichten* (vol. 77, n. 24, 1871, p. 369), Schaub aveva insegnato astronomia nautica anche al giovane arciduca Massimiliano. Questa stessa informazione si ritrova anche nella cartella biografica di Schaub curata da Günther (Schaub, Franz von, in *Allgemeine Deutsche Biographie*, 30, 1890, pp. 617-618), dove si legge che «Schaub aveva introdotto allo studio della navigazione l'arciduca Massimiliano».

Il primo lavoro scientifico di Franz von Schaub è la compilazione delle osservazioni dell'eclisse solare totale del 7 luglio 1842 in Austria e a Torino (*Annali dell'Osservatorio di Vienna*, Nuova Serie, vol. 11). Per una curiosa coincidenza, Massimiliano compie dieci anni il giorno prima dell'eclisse. Negli anni che vanno dal 1843 al 1849 Schaub cura, insieme al direttore von Littrow, gli *Annali dell'Osservatorio di Vienna*. Interessante segnalare che in alcuni di questi volumi viene pubblicata anche la storia dell'Osservatorio Astronomico di Palermo, con la scoperta di Cerere e una lettera autografa di Giuseppe Piazzi del 1801. Il testo con il titolo *Storia celeste* è pubblicato in italiano con prefazione autografa dello stesso Schaub, che dimostra la sua padronanza della lingua italiana (FIG. 3). Studio che lo porterà qualche anno più tardi a calcolare la longitudine dell'Osservatorio di Palermo usando diverse occultazioni stellari da parte della Luna: *La Longitudine di Palermo, Calcolata da 9 Occultazioni Stellari* (Vol. xxxiv, 1854).

Nel 1847 Schaub pubblica nei *Comptes rendus* una comunicazione sull'eclisse anulare del 1847 sotto forma di lettera a Urbain Le Verrier: *Lettre à M. Le Verrier sur l'observation de l'éclipse annulaire du Soleil du 9 octobre 1847 à Cilly en Styrie*. Facciamo notare che Le Verrier in quell'anno era sicuramente l'astronomo più famoso al mondo per aver predetto, solo l'anno precedente, con il calcolo delle perturbazioni sul moto dei pianeti, la presenza del pianeta Nettuno che poi venne effettivamente scoperto da J. G. Galle.

Schaub scrive inoltre osservazioni sulla cometa del 1845 e *Sur les éléments de la comète découverte le 3 octobre 1847 par M. De Vico* (1848); cometa la cui scoperta venne però successivamente attribuita a Maria Mitchell, prima astronoma americana a ricevere

una riconoscenza e anche la medaglia d'oro che il re di Danimarca dava agli scopritori di comete.

Schaub e la nascita dell'Osservatorio di Trieste

Nel 1849 Schaub viene incaricato di ispezionare l'Accademia Imperiale e Reale di Commercio e Scienze Nautiche di Trieste, come si chiamava allora la Scuola Nautica, e di redigere una relazione sulla qualità della Scuola. La relazione fu estremamente positiva, contenendo anche il suggerimento di trasformare la scuola navale in un vero e proprio osservatorio astronomico. La proposta di Schaub viene accolta e il 20 settembre 1850, con Sovrana Risoluzione, l'imperatore Francesco Giuseppe, salito al trono da soli due anni, istituisce l'Osservatorio Astronomico di Trieste. Non sono riuscito a trovare la delibera, ma questa viene esplicitamente richiamata nel protocollo istitutivo del 14 novembre 1850, che è conservato presso l'Archivio di Stato di Trieste, Serie I.R. Accademia di Commercio e Nautica, busta 31.

Alla Direzione dell'I.R. Accademia

A tenore del riverito dispaccio 26 ottobre p.p. n. 6974/H dell'Eccelso Ministero del Commercio, si è degnata Sua Maestà [Francesco Giuseppe, n.d.a.] con Sovrana Risoluzione 20 settembre p.p. di approvare i seguenti punti combinati fra il Ministero della Guerra e quello dell'Istruzione circa l'istituzione in Trieste di un Osservatorio Astronomico. Sarà costituito in Trieste un Osservatorio Astronomico [...]

Un successivo avviso, datato 28 maggio 1851, definisce anche il ruolo di Schaub nel neo-istituito Osservatorio Astronomico. Il pagamento per la conservazione dei cronometri da parte dell'Osservatorio doveva essere fatto direttamente a lui, nella sua abitazione situata in casa Collioud. Questa casa è probabile che si trattasse della dimora di Cécile Collioud, che in seguito avrebbe sposato il barone de Rittmayer.

In quel periodo, precisamente il 2 settembre 1850, anche il diciottenne Massimiliano, accompagnato dal fratello minore Ludovico, giunge per la prima volta a Trieste, per poi proseguire per un viaggio di piacere in Dalmazia, Grecia e Turchia. Al suo rientro, il 26 ottobre 1850, Massimiliano entra a far parte della Marina austriaca, iniziando quella carriera navale che avrebbe segnato profondamente la sua formazione.

L'anno successivo, il 30 luglio 1851, salpa nuovamente da Trieste, questa volta al comando della fregata *Novara*, per un viaggio in Italia e lungo le coste italiane. Il diario di quell'esperienza, molto simile al Grand Tour in Italia dei romantici europei come Byron o Goethe, sarebbe stato pubblicato postumo, con il titolo *Viaggi in Italia* (1851-1852). In questo diario viene riportata la prima impressione di Trieste di Massimiliano, scritta in occasione del viaggio precedente del 2 settembre 1850.

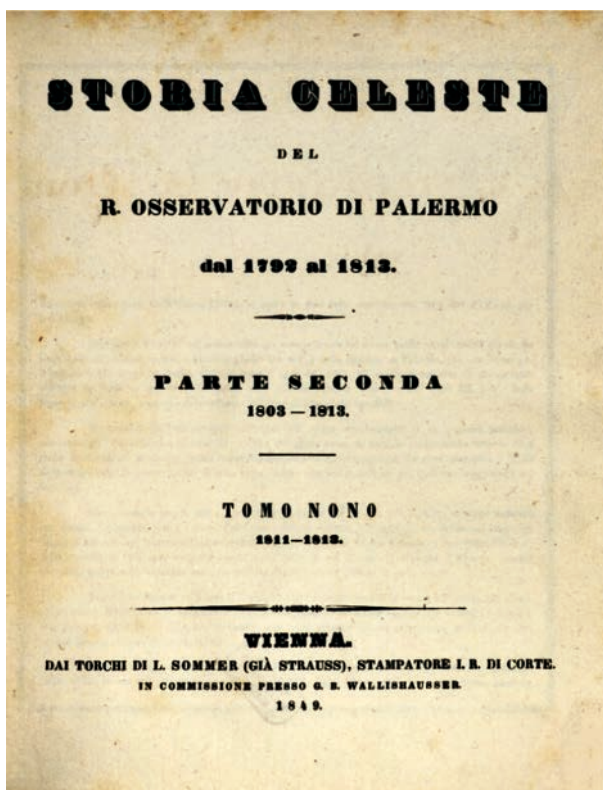


FIG. 3. Frontespizio della *Storia Celeste* dedicata alla storia dell'Osservatorio di Palermo curata da Franz von Schaub per gli annali dell'Osservatorio Astronomico di Vienna nel 1849.

La più bella vista di Trieste si gode indubbiamente dall'Obelisco di Opicina, per ore si attraversa il deserto di pietra del Carso, su cui sembra gravare una maledizione [...] Ci troviamo nella valle delle lacrime, ma di là tutto è splendido, meridionale e pieno di vita; si incita con impazienza il postiglione e veloci si vola su per la collina fino all'Obelisco e finalmente la scena dell'infinito, che il contrasto con l'inerte mare di pietra rende ancora più bella, si stende ai piedi del viaggiatore entusiasta. Ai piedi del viaggiatore si trova il mare, vele splendide attraversano come cigni i flutti, che sono cinti da un semicerchio di fertili rive, simili a terrazze cosparse da belle ville. [...] La vista da Opicina è probabilmente una delle più belle al mondo.

In visita alla Galleria degli Uffizi di Firenze, davanti al ritratto di Galileo esposto al secondo piano nella Sala del Barocci – la Sala 53 che prende il nome dal pittore Federico Barocci, di cui espone varie opere – dedicata alla pittura italiana ed europea tra la fine del XVI e l'inizio del XVII secolo, il ventenne Massimiliano scrive:

Ci si può immaginare quanto interesse suscitò, nella sala del Barocci, il ritratto di Galileo di Sustermann, che rende immortale la scienza tramite l'arte. È dunque questa testa dalla barba bianca, dal volto severo, che scosse la terra dal suo letargo e mise in discussione l'orgoglio dell'uomo, che riteneva il suo piedistallo così importante da far perfino girare il sole intorno a sé come un servo. E tuttavia sono passati secoli da quando questa bocca severa insegnò la grande verità, e ancor oggi la maggior parte degli uomini vive nell'antica illusione. Per essere più chia-



FIG. 4. Dipinto di Alberto Prosdocimi del 1855 raffigurante l'Arciduca Ferdinando Massimiliano intento a leggere all'interno della Villa Lazarovich, sua prima residenza a Trieste.

ri, bisogna addirittura lasciare alla gioventù che impara l'astrolabio fisso e mettere il sole in movimento fittizio, tanto profondamente è radicata la vecchia opinione.

Non sorprende quindi che al ritorno da quel viaggio, nel 1852, Massimiliano si stabilisca a Trieste. Prende in affitto villa Lazarovich, in via Tigor 23 a Trieste, e il contratto di locazione, registrato con il numero 1338, si conserva ancora all'Ufficio Tavolare di Trieste, a testimoniare quel primo legame con la città. La villa viene arredata secondo un gusto molto personale: tappeti orientali, iscrizioni in arabo alle pareti, uova di struzzo sospese al soffitto e un salotto moresco, rivelando un'apertura culturale eccezionale per l'epoca. Una serie di tavole dipinte nel 1855 dal pittore veneziano Alberto Prosdocimi la descrive accuratamente (FIGG. 4 e 5). Il parco della villa viene adornato con piante rare e animali esotici seguendo un suo progetto personale, ed è aperto alla cittadinanza due pomeriggi alla settimana. Nel 1855 Massimiliano incarica gli architetti Junker e Berlam di costruire il Castello di Miramare, i cui lavori inizieranno l'anno successivo.

Nel 1850 la prima sede dell'Osservatorio si trova in Palazzo Biserini (FIG. 6), in quella che allora era piazza Lipsia 1, oggi chiamata Piazza Hortis, dove dal 1817 aveva sede la Scuola Nautica. Va inoltre osservato che la villa Lazarovich si trova più elevata a meno di 200 metri, in linea d'aria, dall'Osservatorio Astronomico e dalla terrazza della villa si poteva vedere la specola. Il palazzo, edificato tra il 1802 e il 1804 da Antonio Biserini, viene ristrutturato tra il 1813 e il 1817 dall'architetto Pietro Nobile e, dal 1822, diviene anche sede della Biblioteca Civica. Già nel 1838 era stata realizzata una specola ad uso astronomico sul tetto dell'edificio, su iniziativa del prof. Gallo, docente nella scuola, che già nel 1841 pubblica il primo *Almanacco Nautico*. Non esistono disegni o riproduzioni di questa specola, ma è possibile che abbiano seguito almeno concettualmente l'analoga sopraelevazione dell'Osservatorio di Vienna del 1753, sopra il tetto dell'attuale Palazzo delle Scienze



FIG. 5. Dipinto di Alberto Prosdocimi del 1855 raffigurante l'esterno della Villa Lazarovich, prima residenza dell'Arciduca Ferdinando Massimiliano.

di Vienna, che conosciamo da una sua raffigurazione in un dipinto di Bernardo Bellotto del 1758 (FIG. 7). Nel 1856, Palazzo Biserini viene sopraelevato di un piano per ospitare il Museo di Storia Naturale, che in onore dell'arciduca prende il nome di Museo di Ferdinando Massimiliano.

Da questo osservatorio, nel 1852, Franz von Schaub compie osservazioni della cometa Encke utilizzando un telescopio a montatura alto-azimutale con obiettivo Plössl. Le osservazioni vengono pubblicate nei resoconti delle riunioni dell'Accademia Imperiale delle Scienze di Vienna, Classe di Matematica e Scienze Naturali, con il titolo: *Osservazioni della cometa di Encke all'Osservatorio provvisorio di Trieste*. Lo studio di Schaub sulla cometa di Encke rappresenta il primo lavoro astronomico e scientifico in senso generale realizzato a Trieste. Scoperta da Franz Hencke nel 1819, la cometa è la seconda cometa periodica ad essere identificata dopo la Halley. Il periodo orbitale è di circa 3 anni, una magnitudine apparente massima di circa 5 e un diametro stimato di circa 5 km.

Nel 1857 Franz von Schaub pubblica le *Osservazioni magnetiche nella parte orientale del Mediterraneo, eseguite nell'anno 1857*. Interessante notare che nella dedica a Massimiliano, Schaub lo chiama familiarmente Max, segno di una speciale relazione di amicizia. Nel 1862 pubblica *Sulla determinazione delle distanze in mare*, che contiene anche una ristampa dall'*Almanacco Navale Austriaco* per l'anno 1863. Nel 1864 pubblica *Ueber die Deviationen des Compasses welche durch das Eisen eines Schiffes verursacht werden* (Sulle deviazioni della bussola causate dal ferro di una nave), che in realtà è una traduzione in tedesco dell'opera degli inglesi Frederick John Owen Evans e Archibald Smith. Questo testo, conservato nella biblioteca di Massimiliano nella sezione "MARINA / Manuali nautici, Navigazione, pilotaggio, astronomia nautica, equipaggio, manovre e tattica" (n. Inv. 2987a), indicava come valutare la deviazione della bussola dovuta al ferro presente sulle navi e si rivelò di grande importanza per la Marina austriaca che faceva capo a Massimiliano.



FIG. 6. Palazzo Biserini, piazza Lipsia (oggi Piazza Hortis) 1, dal 1850 sede dell'Osservatorio Astronomico (foto Giorgetti, inizio Novecento). Nel 1856 il palazzo viene sopraelevato di un piano per ospitare il Museo di Storia Naturale, sotto l'alto patrocinio dell'Arciduca Ferdinando Massimiliano.

Come abbiamo già scritto, il 5 aprile 1864 Schaub viene nominato da Massimiliano suo esecutore testamentario. Nel novembre dello stesso anno viene eletto all'Accademia tedesca delle Scienze. Nel 1867, dal Messico, Massimiliano nomina Franz von Schaub Commendatore dell'Ordine di Guadalupe, che era un ordine cavalleresco fondato dall'Imperatore Agostino I del Messico nel 1821, ma andato poi successivamente in disuso. Arrivato in Messico, Massimiliano il 30 giugno 1863 lo eleva prima a principale Ordine nazionale e successivamente, il 10 aprile 1865, a Ordine imperiale. Istituisce quattro classi di benemerenzia, ciascuna suddivisa nelle due classi civile e militare. Le classi di benemerenzia sono: Cavaliere di Gran Croce, limitato a 30 membri; Grand'Ufficiale, 100 membri; Commendatore, dove viene insignito von Schaub, limitato a 200 membri; e Cavaliere, 500 membri. Tra i membri più illustri dell'ordine figurano Napoleone III, il suocero Leopoldo I del Belgio, il compositore Gioacchino Rossini, l'ammiraglio Von Tegetthoff e lo scienziato ed esploratore Von Humboldt.

La biblioteca di Massimiliano nel castello di Miramare

La biblioteca di Massimiliano contiene 3.550 volumi suddivisi in 24 aree disciplinari e a loro volta divise in diverse sezioni. Il catalogo completo della biblioteca è stato pubblicato nel 1863 a Vienna dalla Imperial-Regia Stamperia di Corte e di Stato. Oltre ai volumi già citati di Franz von Schaub, contiene altri libri che rivelano il suo interesse per l'astronomia. Nella sezione Astronomia è presente un'opera completa di Galileo Galilei, quella che suo cugino, il granduca di Toscana Leopoldo II d'Asburgo-Lorena, aveva promosso nel 1842 utilizzando manoscritti inediti conservati dallo Stato toscano, comprendenti circa 1.400 lettere. Un'edizione in 15 tomi più un supplemento, la cui pubblicazione era iniziata nel 1842, in occasione dei duecento anni dalla morte di Galileo, ma terminata solo 14 anni più tardi, nel 1856. Un'opera completa di Galileo Galilei, oggi su-



FIG. 7. Dipinto a olio su tela di Bernardo Bellotto, 1758. Si può vedere l'Osservatorio di Vienna creato nel 1753 nel tetto dell'attuale Palazzo delle Scienze.

perata solo dalla terza e definitiva edizione curata da Antonio Favaro tra il 1890 e il 1909.

Nella stessa sezione Astronomia troviamo *Eratothenis Catasterismi cum interpretatione latina et commentario* (1795), una delle prime traduzioni dell'opera di Eratostene di Cirene (280-198 a.C.), realizzata da Johann Conrad Schaubach (Göttingen, 1795). In questo trattato Eratostene discute la posizione di circa 800 stelle, raggruppate in 56 asterismi, contro le 45 costellazioni tolemaiche.

Troviamo anche il *Cosmographicus liber* di Petri Apiani mathematici, in una ristampa del 1723 del volume originale risalente al 1525. L'astronomo e matematico tedesco Pietro Apiano (Leisnig 1495-Ingolstadt 1552), figura di spicco dell'astronomia tedesca, è famoso per aver osservato il passaggio della cometa di Halley nel 1531 e per essere stato il primo a notare che le comete rivolgevano sempre la coda opposta al Sole.

Sono presenti alcuni testi divulgativi, come *Populäre Astronomie* (1825) e *Vorlesungen über Astronomie* (1825) dell'astronomo austriaco Joseph Johann von Littrow (1781-1840), che è stato direttore dell'Osservatorio di Vienna (1819-1840) e ideatore della famosa configurazione ottica negli spettrografi che porta il suo nome, nella quale la stessa lente, o reticolo dispersante, veniva usata anche per collimare il fascio ottico.

Un testo notevole presente nella biblioteca è *A Treatise on Astronomy* (1849) di John Frederick William Herschel (1792-1871). John Herschel, figlio di William Herschel, è noto per l'osservazione del cielo australe e per aver risolto in stelle le Nubi di Magellano. Con Massimiliano condivideva l'interesse per la botanica e aveva incontrato Charles Darwin a Città del Capo nel 1836, durante il viaggio del *Beagle*. Darwin stesso ammetterà che i libri di J. Herschel furono fonte di profonda ispirazione per il suo lavoro.

Troviamo inoltre il libro *Astronomie* (1849) di Lambert Adolphe Jacques Quetelet (Gand 1796-Bruxelles 1874), uno dei padri fondatori della statistica e famoso per il concetto di "uomo medio", e la

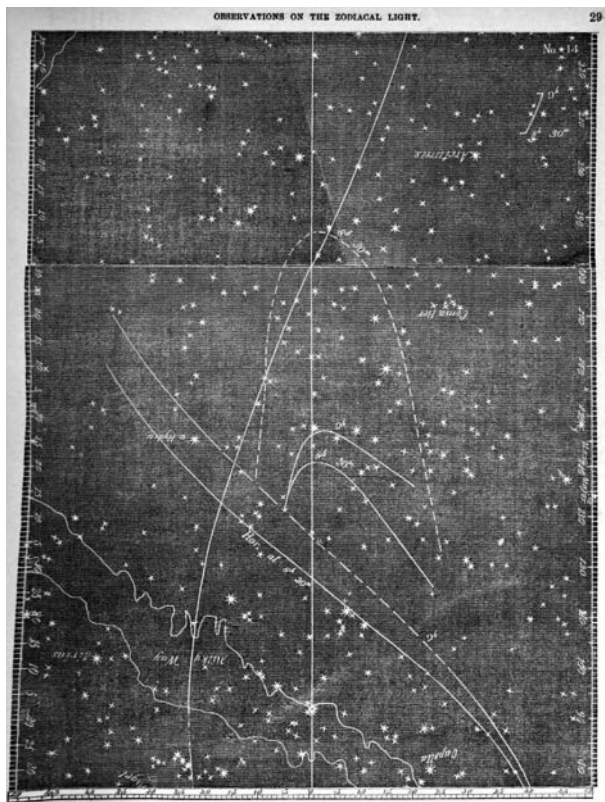


FIG. 8. Una delle 323 mappe celesti con disegnata la posizione della luce zodiacale dal *The Zodiacal Light* (1856) del Rev. George Jones, A.M.

Détermination de la grandeur du système solaire et de son orbite (1847) di Antoine Déryau, astronomo e statistico belga.

Ci sono anche diversi manuali per l'uso e l'interpretazione degli astrolabi, come *Les usages de la sphère, des globes céleste et terrestre* (1826) del geografo e cartografo francese Charles-François Delamarche (1740-1817), e il libro *De la sphère* (1839) di Charles Jr. Dien (Parigi 1809 - Parigi 1870).

Un libro molto raro e pressoché sconosciuto è *The Zodiacal Light* (1856) di George Jones. In questo volume sono contenute ben 328 tavole con disegni della luce zodiacale, realizzate in altrettante notti durante una spedizione in Giappone della Marina degli Stati Uniti, tra il 1853 e il 1855 (FIG. 8).

Nella sezione Scienze Naturali, sottosezione "Opere che trattano tutte o molte scienze naturali", troviamo il monumentale *Kosmos – Entwurf einer physischen Weltbeschreibung* di Alexander von Humboldt, pubblicato in quattro volumi tra il 1845 e il 1862. Come indicato nel sottotitolo, Humboldt fornisce una descrizione fisica del mondo, dove con il termine "mondo" si intende tutto ciò che coesiste nello spazio. Una vera summa del sapere scientifico del tempo, certamente uno dei testi più importanti del XIX secolo.

Nella sezione Astronomia troviamo anche *L'Astronomie Populaire en tableaux Transparents*, che non è un libro, ma una serie di 12 cartoni, dalle dimensioni di 23,4 × 29 cm, pubblicati da Librairie de W. Nitzschke a Hall, Württemberg e da Kiessling & Comp. a Bruxelles, intorno al 1856. Si tratta di una serie di tavole che molto probabilmente appartene-

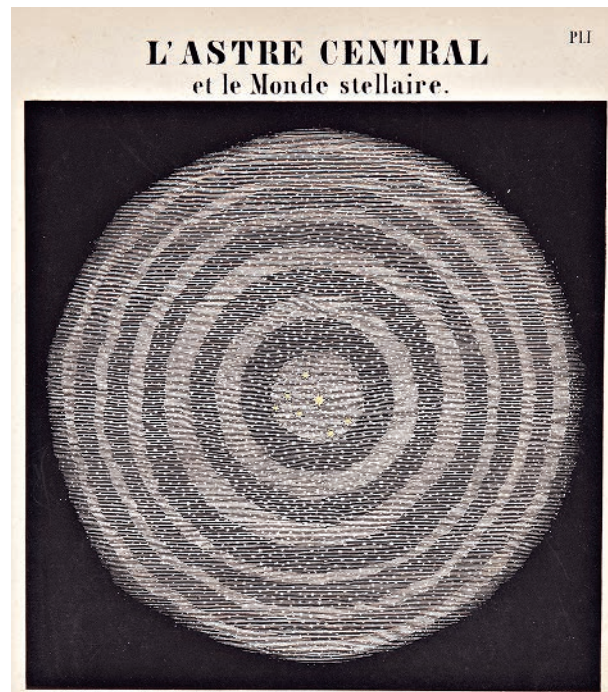


FIG. 9. Primo dei 12 cartoni pubblicati a Bruxelles da Kiessling & Comp intorno al 1856 su temi astronomici. Questo raffigura il modello cosmologico di Maedler raffigurante la Galassia con al suo centro l'ammasso delle Pleiadi.

vano alla consorte Carlotta, ovvero Marie Charlotte Amélie Augustine Victoire Clémentine Léopoldine (1840-1927), che Massimiliano sposò il 27 luglio 1857.

Il primo di questi cartoni riguarda *L'astre central et le Monde Stellaire* e ripropone il modello cosmologico elaborato dall'astronomo tedesco J.H. Maedler nei suoi articoli *Il Sole Centrale* (1846) e *Ricerche sui Sistemi Stellari Fissi* (1848) (FIGG. 9 e 10). In questo cartone si legge:

Il perfezionamento dei nostri strumenti ottici ha fornito agli astronomi moderni i mezzi per misurare le profondità del cielo e penetrare nell'immensità dello spazio, ben oltre i confini del dominio solare che, per quanto vasto e magnifico, costituisce solo un punto al centro dell'Universo stellato. [...]

Fu Herschel il primo a esprimere l'opinione, confermata peraltro dalle ricerche e dal lavoro dei suoi successori, che il Sole, insieme all'innumerabile folla di stelle, si muova nello spazio e appaia animato da un movimento progressivo e circolare attorno a un centro di enormi dimensioni e situato a una distanza incommensurabile.

L'astronomo tedesco Maedler, il cui lavoro è stato a lungo rivolto a questo oggetto, ha appena pubblicato i risultati delle sue ricerche. Egli è propenso a credere che le Pleiadi formino il gruppo centrale del nostro intero sistema stellare, che comprende la Via Lattea e tutte le stelle fisse visibili, fatta eccezione per gli ammassi stellari e le nebulose irriducibili. L'immensità di questo sistema, governato tuttavia dalle grandi leggi della gravitazione, sfugge alla nostra comprensione. La luce che percorre 30.000 miliardi di metri al secondo, impiega 537 anni per raggiungerci da questo sole centrale. La massa di questa stella deve superare 117 milioni di volte quella del nostro Sole. Il Sole, e tutto il mondo stellato di cui occupa il centro, impiega 18.200.000 anni per completare la sua rivoluzione attorno

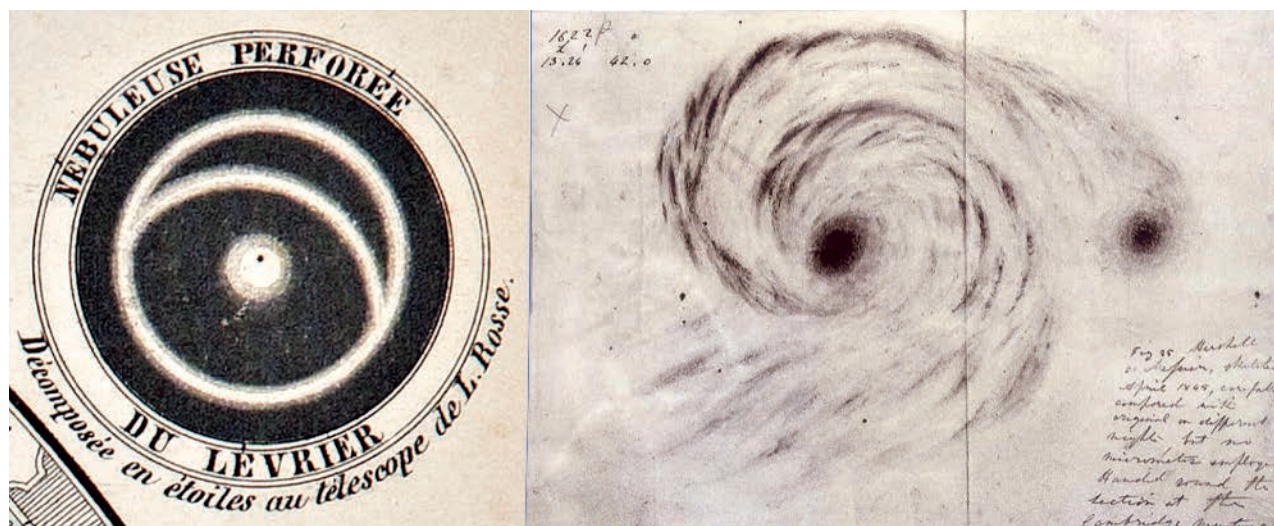


FIG. 10. Particolare di uno dei 12 cartoni, pubblicati a Bruxelles da Kiessling & Comp [ca. 1856], raffigurante la Nebulosa dei Levrieri, che accostiamo al disegno autografo di Lord Rosse che, come dice la didascalia del cartone, ha risolto la nebulosa in stelle.

al sole centrale [in verità 250 milioni, non molto diversa dopotutto].

Si trattava di un modello che oggi sappiamo profondamente errato, ma che comunque offriva calcoli per le dimensioni della nostra Galassia non molto lontani da quelli attuali. È possibile quindi che Massimiliano, sebbene i suoi interessi fossero rivolti principalmente alla botanica e alle scienze naturalistiche, abbia coltivato, attraverso l'amicizia con Franz von Schaub e la lettura dei testi di von Humboldt, di John Herschel e del modello cosmologico di Maedler, un interesse per l'astronomia non esclusivamente finalizzato alla navigazione.

Massimiliano viene fucilato a Santiago de Querétaro il 19 giugno 1867 (FIG. 11) e, con la sua scomparsa, si interrompe prematuramente anche il rapporto con Franz von Schaub. Diversamente, forse, l'astronomia triestina, attraverso il legame di amicizia tra Franz Ritter von Schaub e l'Imperatore Massimiliano, avrebbe potuto avere uno sviluppo diverso e più rilevante.

Schaub ottenne inoltre notevoli risultati in altri campi dell'astronomia. Vanno ricordati l'istituzione dell'Osservatorio Navale nel 1857 e del nuovo Istituto Idrografico nel 1860. Egli introdusse il sistema di misurazione del giorno medio per la città di Trieste, elaborò la correzione degli isogoni geomagnetici nel Mediterraneo orientale basata su proprie misurazioni, sviluppò il mareometro per la registrazione accurata delle maree nei porti dell'Adriatico e un micrometro obiettivo per la determinazione delle distanze in mare, premiato alla Fiera Internazionale di Napoli del 1871.



FIG. 11. L'esecuzione dell'Imperatore Massimiliano del Messico, 19 giugno 1867: quarta versione del 1868 del dipinto di Eduard Manet. (Kunststhal, Mannheim)

Nel 1870, un anno prima di morire, a Franz von Schaub viene conferita dall'Imperatore l'alta onorificenza della Corona di Ferro, unitamente a una nobilitazione, assumendo da allora il nome di Franz Ritter von Schaub.

★

DOCUMENTO 1

(Trascritto nel libro di Conrad Böhm: *250 anni di astronomia a Trieste*, MGS Press, 1998)

I.R. Governo Centrale Marittimo n. 5664/2634, D.I. alla Direzione dell'I.R. Accademia

A tenore del riverito dispaccio 26 ottobre p.p. n. 6974/H dell'Eccelso Ministero del Commercio si è degnata Sua

Maestà [Francesco Giuseppe, n.d.a.] con Sovrana Risoluzione 20 settembre p.p. di approvare i seguenti punti combinati fra il Ministero della Guerra e quello dell'Istruzione circa l'istituzione in Trieste di un Osservatorio Astronomico.

Sarà costituito in Trieste un Osservatorio Astronomico dietro un piano da statuirsi di reciproca intelligenza tra il Ministero della Guerra e quello dell'Istruzione Pubblica. Similmente di comune accordo fra i predetti due Ministeri verrà determinato il personale da assegnarsi a tale Osservatorio.

Gli stessi Ministeri sosterranno a porzioni uguali tanto il dispendio voluto per la costruzione e per il rimanente impianto di siffatto Osservatorio quanto le successive spese correnti per l'addeito personale e per la manutenzione del fabbricato. Porzione delle predette spese correnti dovrà venir coperta med. te una tassa da pagarsi dai Capitani Marittimi che consegneranno alla Specola dei Cronometri per farne esaminare l'andamento.

Sino al compimento del fabbricato dell'Osservatorio si provvederà in un provvisorio locale a mezzo di un valente Astronomo alle esigenze tanto dell'istruzione come della navigazione all'oggetto anche di poter fin d'ora effettuare l'esatta misura del tempo all'uopo della regolazione dei cronometri marittimi.

L'Astronomo farà lezioni sull'astronomia nautica tanto presso il Collegio dei Cadetti della Marina Militare quanto presso l'Accademia di Commercio e Nautica in Trieste e ciò con l'apertura dell'anno scolastico 1851.

Soggiunse in pari tempo il lodato Ministero del Commercio che Sua Maestà accogliendone la proposta fatta dai suindicati Ministeri nominò in provvisorio Astronomo e Professore di Astronomia Nautica presso i citati due Istituti il Dr. Francesco Schaub finora aggiunto presso la Specola dell'Università di Vienna. Questi trovandosi anche diggià in Trieste per prendere in affitto un confacente locale ed adattarlo all'uso dell'Osservatorio provvisorio di cui trattasi, il che si ritiene possa essergli riuscito di compiere per l'epoca dell'incominciamento del corrente anno scolastico /:1 novembre 1851/.

Siccome in tale caso siffatto Osservatorio provvisorio potrà anche accettare in esame i Cronometri dei Capitani Marittimi con che v'è a entrare in vita una istituzione da lungo tempo già reclamata dalla industria marittima a sicurezza e regolazione massima della navigazione a lungo corso, così fu ingiunto a questo Governo Centrale dall'Eccelso Ministero del Commercio dietro requisitoria del Ministero dell'Istruzione pubblica di rassegnargli con ogni fattibile sollecitudine e sentito anche il Signor Professore Schaub un ben ponderato parere in merito alla tassa che i Capitani Marittimi dovrebbero pagare per la regolazione dei loro Cronometri e ciò, tanto in riguardo all'importo in cui tale tassa dovrebbe fissarsi, quanto in riguardo alle modalità sotto le quali ne dovrà seguire

l'esazione e di ventilarsi inoltre il quesito in quale guisa possa rendersi proficuo in generale tale Osservatorio astronomico in promovimento della navigazione.

Inserendo al premesso incarico Ministeriale s'invita codesta I.R. Direzione a rassegnare colla sollecitudine superiormente raccomandata il preindicato parere, nonché il riscontro al collegatovi altro quesito, facendo l'uno e l'altro oggetto di una pertrattazione commissariale da tenersi presso codesta Accademia sotto la presidenza del Sig. Direttore della med. e coll'intervento del Vice Capitano Matticola attuale dirigente di quest'I.R. Capitanato del porto, del sunnominato Sig. Professore Schaub, di alcuni valenti Capitani Mercantili, del Professore Zescevic e di quegl'altri fra codesti Professori, che il Sig. Direttore troverà opportuno di aggregare a tale Commissione. La scelta dei preindicati Capitani Mercantili viene contemporaneamente demandata alla Spettabile Deputazione di Borsa ...

Trieste, li 14 Novembre 1850

★

DOCUMENTO 2

(Trascritto nel libro di Conrad Böhm: 250 anni di astronomia a Trieste, MGS Press, 1998)

AVVISO

In virtù della Veneratissima Sovrana Risoluzione 20 Settembre anno decorso, trovandosi ora provvisoriamente attivato un Osservatorio Astronomico-Nautico in Trieste, ed allo scopo di utilizzarlo per la marina mercantile essendo stato disposto che abbia a ricevere in custodia i Cronometri per esaminarne la marcia, analogamente alle concertate ministeriali disposizioni, si partecipano quanto segue:

1. L'i. r. Osservatorio prende in custodia verso ricevuta i Cronometri da chi desidera consegnarli, perché ne sia esaminata la marcia.
2. Un Cronometro consegnato all'Osservatorio viene restituito, verso presentazione della ricevuta, al proprietario insieme con una tabella della sua marcia, e col relativo certificato.
3. Per la conservazione di ciascun Cronometro e per l'esame della sua marcia è stabilita una competenza complessiva di fiorini 5; ed inoltre stando più di due mesi all'Osservatorio l'aggiunta di 1 fiorino al principio d'ogni mese successivo.
4. Le consegne e le ricevute tanto dei Cronometri che delle competenze, hanno luogo mediante il Professore astronomo dell'Osservatorio, che trovandosi presentemente situato Via della Sánza, Ramo di mezzo, casa Collioud Nro. 76.

Dall'I. R. Governo Centrale Marittimo.

Trieste li 26 Maggio 1851.

Paolo Molaro si è laureato nel 1981 con Margherita Hack e ha conseguito il dottorato alla SISSA con Denis Sciama. Ha fatto la sua carriera di ricercatore principalmente all'Osservatorio Astronomico di Trieste, di cui è anche stato direttore dal 2000 al 2003. Si occupa principalmente delle stelle più antiche, dell'origine degli elementi, in particolare degli elementi leggeri Li, Be e B e della nucleosintesi primordiale, per la quale è referente per il *Particle Data Group*. Si occupa anche di strumentazione e di storia dell'astronomia. Al suo attivo ha 527 pubblicazioni scientifiche (sorgente ADS).

Concorso nazionale ‘Paolo Maffei’

I edizione 2025-26

LA Società Astronomica Italiana (SAIT), di concerto con il Comitato per le celebrazioni del centenario di Paolo Maffei e in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), nell'ambito del Protocollo INAF/SAIT, ha promosso un Concorso Nazionale dedicato alla figura di Paolo Maffei, in occasione dei cento anni dalla nascita; concorso aperto a studentesse e studenti delle scuole secondarie di primo e secondo grado.

Ai partecipanti è stato richiesto di svolgere un tema che prendesse spunto dal famoso libro di Maffei *Al di là della Luna*, e per quest'anno l'argomento proposto era: «Oltre le polveri dell'universo: da Maffei al James Webb Telescope, la luce che svela l'invisibile».

I vincitori sono stati premiati durante il “Festival di Scienza e Filosofia di Foligno”, svolto a Foligno (PG) dal 15 al 19 aprile 2026.

Il bando di concorso e i verbali della commissione con i nomi dei premiati e delle menzioni speciali per studenti e scuole sono consultabili nel sito della SAIT: www.sait.it/search/node/premio_paolo_maffei.

Al termine dei lavori sono risultati vincitori per le Scuole Secondarie di primo grado:

- CELESTE BALDO, ICS ‘A. Pisano’, Belfiore (VR);
- ANNA ZIGIOTTO, ICS ‘A. Pisano’, Belfiore (VR);
- TOMMASO BARBI, ICS ‘A. Pisano’, Belfiore (VR).

Per la Scuole Secondarie di secondo grado:

- MARTA GRADANTI, Liceo Scientifico Statale ‘G. Curcio’, Ispica (RG)
- VITTORIO LIOTTA, Liceo Scientifico Statale ‘G. Galilei’, Lamezia Terme (CZ)
- VIRGINIA LOPEZ, Liceo Classico Statale ‘Q. O. Flacco’, Bari (BA)

Menzione speciale per il gran numero di alunni partecipanti è stata assegnata alle Scuole:

- I.C. Foligno 2 di Foligno (PG);
- Liceo Scientifico e delle Scienze Applicate Statale di Lucca (LU).

Menzione particolare agli alunni:

- RICCARDO SALARI dell'I.C. Foligno 2 di Foligno (PG), per essersi cimentato con buon risultato nella prova, pur essendo della classe II Media e non della III come tutti gli altri concorrenti della sua scuola;
- AMA NETHMI LELWALA SAMARASINGHAGE del Liceo Scientifico Statale Leonardo di Giarre (CT), per essersi cimentata nella prova pur frequentante la II classe del I biennio della scuola secondaria di II grado.

- SAMUELE IANNILLI del Liceo Scientifico e delle Scienze Applicate Statale Carlo Matteucci di Roma, per essersi cimentato nella prova pur frequentante la I classe del I biennio della scuola secondaria di II grado.

La commissione giudicatrice ha ringraziato tutte le scuole, i dirigenti scolastici e gli insegnanti che hanno accompagnato gli studenti e soprattutto tutti gli studenti che hanno partecipato mostrando grande entusiasmo, serietà e creatività.

In questo numero del «Giornale di Astronomia» pubblichiamo alcuni dei temi che hanno partecipato al concorso – non necessariamente di tutti i vincitori – e che, a nostro avviso, sono parsi meritevoli di attenzione per motivi diversi, che lasciamo immaginare ai nostri lettori.

★

SCUOLE SECONDARIE DI PRIMO GRADO

Studio della cometa C/2025 A6 (Lemmon)

CELESTE BALDO, classe III, ICS ‘A. Pisano’ di Caldiero, Belfiore (VR)

docente: prof Massimo Bubani

Le comete sono corpi celesti che provengono dalle regioni più fredde e lontane del Sistema Solare. Sono spesso definite “palle di neve sporche” perché sono composte da ghiacci, polveri e frammenti rocciosi. Lo stesso Paolo Maffei, 50 anni fa sosteneva questa definizione, descrivendo il nucleo di una cometa come formato da ghiacci mescolati a polveri e materiali solidi. Questi oggetti sono dei veri e propri relitti della formazione del Sistema Solare e, per questo motivo, sono molto importanti per gli astronomi: studiarli significa studiare le origini del nostro sistema planetario.

Maffei spiegava le comete come dei corpi antichi e primitivi che rimangono inattivi per lunghissimi periodi e diventano visibili solo quando si avvicinano al Sole, un'idea ancora oggi confermata: quando una cometa si trova lontana dal Sole, appare come un piccolo corpo freddo e inattivo. Avvicinandosi al Sole, invece, il calore provoca la sublimazione dei ghiacci, che passano direttamente dallo stato solido a quello gassoso (sublimazione). In questo modo si forma una nube luminosa chiamata chioma e, successivamente, le caratteristiche code.

La struttura nucleo, chioma e code era già descritta con chiarezza da Maffei, che spiegava come sia il Sole a “vestire” la cometa, rendendola visibile



FIG. A1. Immagine della cometa C/2025 A6 (Lemmon), scattata dall'Osservatorio scolastico IDOME situato a Novezzina, Monte Baldo (VR): LAT: 42° 44', LON: 11° 00'

e spettacolare. L'astronomo spiegava inoltre le comete come oggetti che si muovono su orbite molto ellittiche, con un passaggio vicino al Sole (perielio) e un allontanamento fino alle regioni più esterne del Sistema Solare (afelio).

Il 3 gennaio dal programma Mount Lemmon Survey, in Arizona, è stata scoperta la cometa C/2025 A6 Lemmon, oggetto del mio studio. Questa è una cometa di lungo periodo, con un'orbita stimata circa di 1347 anni. Il suo passaggio nel Sistema Solare interno nel 2025 ha rappresentato un'occasione scientifica importante e anche un'opportunità speciale per l'osservazione astronomica.

L'osservazione con il mio professore

L'osservazione della cometa è stata possibile grazie al mio professore di matematica e scienze, che ci ha coinvolti in un'attività scientifica reale. Non si è trattato solo di studiare la cometa sui libri, ma di osservarla e fotografarla davvero, seguendo il metodo scientifico: pianificazione, raccolta dei dati e analisi dell'immagine finale. Io e il professore abbiamo deciso di scattare una fotografia della cometa, trasformando una lezione di scienze in un'esperienza concreta e memorabile.

Anche Paolo Maffei sottolineava l'importanza dell'osservazione diretta del cielo, perché le comete cambiano aspetto rapidamente e ogni passaggio può fornire informazioni nuove. Leggendo i suoi scritti, ho intuito che le sue conoscenze si basano su osservazioni telescopiche e/o su dati relativi a comete osservate nel corso della storia dell'umanità. Anch'io mi baserò su osservazioni telescopiche per analizzare l'evoluzione morfologica della cometa C/2025 A6 (Lemmon).

Il telescopio remoto della scuola sul Monte Baldo

Per realizzare l'osservazione abbiamo utilizzato il telescopio remoto IDOME della nostra scuola, situato a Novezzina, sul Monte Baldo, una zona particolarmente adatta all'astronomia grazie al cielo buio e limpido. Il telescopio è collegato a Internet e può essere pilotato da remoto, permettendoci di con-

trollarlo anche senza essere fisicamente presenti sul posto.

Abbiamo programmato una sessione automatica di acquisizione che ha lavorato per tutta la notte, scattando 80 fotografie, ciascuna con un tempo di esposizione di 180 secondi:

- 20 immagini con filtro blu
- 20 immagini con filtro verde
- 20 immagini con filtro rosso
- 20 immagini di luminanza

La fotografia in tricromia

Il professore mi ha spiegato che le immagini astronomiche a colori non vengono ottenute con un solo scatto, ma attraverso la tecnica della tricromia. Le immagini nei tre colori fondamentali (rosso, verde e blu) vengono successivamente combinate con un software, mentre la luminanza serve a migliorare i dettagli e la nitidezza dell'immagine finale. Unendo tutti questi dati, abbiamo ottenuto la fotografia a colori della cometa C/2025 A6 (Lemmon).

Descrizione scientifica dell'immagine (FIG. A1)

L'immagine cattura la cometa C/2025 A6 (Lemmon) splendere in tutta la sua bellezza in un momento di grande attività dinamica: la radiazione solare, intensificata dalla vicinanza ridotta, ha causato una massima sublimazione dei ghiacci, potenziando l'emissione di gas e polveri. Per ciò adesso possiamo distinguerla nettamente dal fondo stellato non come un punto luminoso, ma come una struttura diffusa e complessa.

Il cuore dell'osservazione è la chioma, una nube di gas e polveri luminosa e tondeggiante che circonda il nucleo solido (troppo piccolo per essere risolto otticamente). La chioma viene prodotta dalla sublimazione dei ghiacci all'avvicinarsi del Sole e, come possiamo notare dalla foto, la chioma di questa cometa emana un colore verde smeraldo. Questo colore, tipico di molte comete, ci fa capire, come un cartello segnaletico, che è causato dal carbonio biatomico (C_2), una molecola prodotta dalla fotodissociazione di composti organici più complessi che, venendo eccitata dalla radiazione UV solare emette luce. Osservando l'immagine si può notare come il verde rimanga confinato alla testa. Il carbonio biatomico (C_2) è infatti una molecola che si degrada facilmente con la luce solare impedendone la persistenza nelle due code: la coda di ioni e la coda di polveri.

Nella fotografia, la coda di polveri appare di colore giallastro, con una leggera curvatura ed è la parte più bassa, corta e densa che emerge direttamente dal nucleo. Essa è formata da granelli di polvere macroscopici (simili al fumo o alla sabbia fine) liberati dal ghiaccio che sublima. Questi granelli non brillano di luce propria, ma riflettono la luce solare. Per questo il colore è simile a quello del Sole: un bianco caldo o giallastro. Essendo particelle solide hanno una loro inerzia; ciò crea una scia curva che segue il

percorso della cometa, come le briciole lasciate da qualcuno che mangia mentre cammina.

La coda di ioni (la scia blu e filamentosa) è la struttura superiore, più lunga e sottile, caratterizzata da quei bellissimi filamenti intrecciati. È composta da gas ionizzato (plasma), principalmente monossido di carbonio (CO), che le dà il colore blu. A differenza della polvere, il gas ionizzato è leggerissimo e ha una carica elettrica. Viene catturato dal campo magnetico del vento solare e trascinato via a velocità altissime (fino a 400-800 km/s). Possiamo così capire il perché le due code sono viste separate:

- gli ioni (gas elettricamente carichi) sono leggeri e vengono spinti via velocemente dal vento solare a centinaia di km/s, restando perfettamente opposti al Sole;
- la polvere è più pesante; viene spinta dalla pressione della luce (radiazione), ma mantiene parte della velocità orbitale della cometa, creando la classica forma a ventaglio o curva.

Riflessioni finali

Questa esperienza mi ha permesso di capire che la scienza non è solo studio teorico, ma anche osservazione diretta e collaborazione. Ho imparato come funziona un telescopio remoto, come si pianifica una sessione fotografica astronomica e come si ottiene un'immagine a colori a partire da dati scientifici. Confrontando le conoscenze di Maffei sulle comete con quelle che ho raccolto personalmente, ho potuto comprendere che le sue affermazioni – relative alle orbite molto ellittiche, alla struttura delle comete e alla forte incidenza del Sole – siano ancora valide. Le moderne strumentazioni e le missioni spaziali hanno sicuramente migliorato e approfondito i dettagli nella conoscenza di questo affascinante e ancora misterioso aspetto dell'Universo, ma il quadro generale descritto da Maffei resta attuale. Le foto della cometa Lemmon confermano la descrizione della struttura individuata da Maffei e anche la sua spiegazione secondo cui le code delle comete sono influenzate dal Sole e orientate in direzione opposta ad esso. Come studentessa di un piccolo paese della pianura padana, mi ritengo molto fortunata ad aver potuto osservare e documentare il passaggio di una cometa che tornerà solo tra 1347 anni, quando noi non ci saremo più. La cometa C/2025 A6 (Lemmon), che dall'8 novembre 2025 ha iniziato ad allontanarsi dal Sole, mi ha lasciato un ricordo speciale e la consapevolezza di aver osservato un piccolo, ma importantissimo, frammento di Universo. Come diceva Maffei: «Le comete sono corpi di aspetto strano che pochi hanno visto ma dei quali non c'è persona al mondo che non abbia sentito parlare».

Riferimenti

Minor Planet Center (MPC). MPEC 2025-D55: COMET C/2025 A6.

★

Quanto dura un giorno sul nostro Sole?

ANNA ZIGIOTTO, classe III, ICS 'A. Pisano' di Caldiero, Belfiore (VR)

docente: prof Massimo Bubani

La passione per il cielo

Durante le scuole medie mi sono avvicinata all'astronomia grazie alla curiosità personale e all'interesse per l'osservazione del cielo. Quella che inizialmente era una passione spontanea è cresciuta nel tempo, soprattutto durante lo scorso anno scolastico, quando ho approfondito alcuni argomenti di astronomia e compreso meglio fenomeni come il moto apparente del Sole. Nel periodo estivo ho partecipato a diverse osservazioni del Sole con il mio professore di matematica e scienze. Questa esperienza mi ha permesso di collegare la teoria studiata in classe con l'osservazione diretta e ha fatto nascere il mio interesse per le macchie solari.

Quando quest'anno ci è stata proposta la partecipazione al concorso Paolo Maffei, dal titolo "*Oltre le polveri dell'universo: da Maffei al James Webb Space Telescope, la luce che svela l'invisibile*", ho colto l'occasione per approfondire questo argomento e mettermi alla prova.

L'idea

Dal libro di Paolo Maffei emerge come l'osservazione delle macchie solari abbia avuto un ruolo fondamentale nello studio del Sole. Già nel XVII secolo si osservò che le macchie si spostano sul disco solare, permettendo di scoprire che il Sole ruota su sé stesso in circa un mese. Studiando macchie a diverse latitudini si capì anche che la rotazione non è uniforme: è più veloce all'equatore e più lenta verso i poli, a dimostrazione che il Sole non è una sfera rigida ma una massa gassosa. Il testo spiega inoltre che il Sole non ha una superficie solida: la fotosfera è uno strato di gas che appare opaco perché gli strati sovrapposti impediscono alla luce di passare, come nel caso dei fogli di cellophane sovrapposti. L'osservazione delle macchie solari risulta quindi uno strumento semplice ed efficace per studiare il movimento e la natura del Sole.

La mia attività e il calcolo del giorno solare

Sulla base di queste informazioni ho svolto un'attività di ricerca sperimentale con l'obiettivo di determinare la velocità di rotazione del Sole. Per le osservazioni ho utilizzato il telescopio Seestar S50, in dotazione alla scuola, che consente di osservare il Sole in sicurezza e di acquisire immagini digitali ad alta risoluzione. Ho scattato immagini del Sole in giorni successivi per seguire lo spostamento delle macchie solari. Tra queste ne ho selezionate due particolarmente significative, in cui la stessa macchia era ben visibile. La macchia osservata si trova a circa $+10^\circ$ di latitudine, quindi il valore del giorno solare ottenuto si riferisce a questa zona, in accordo

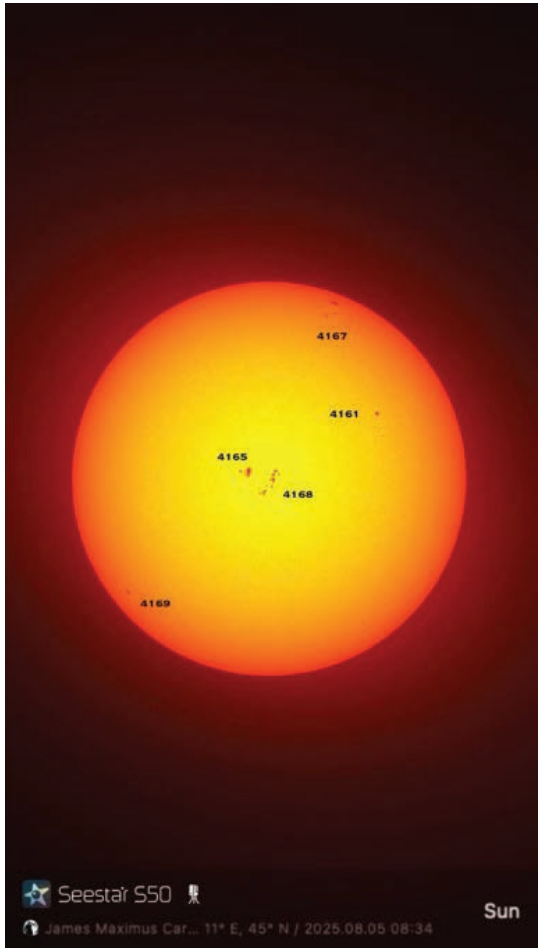
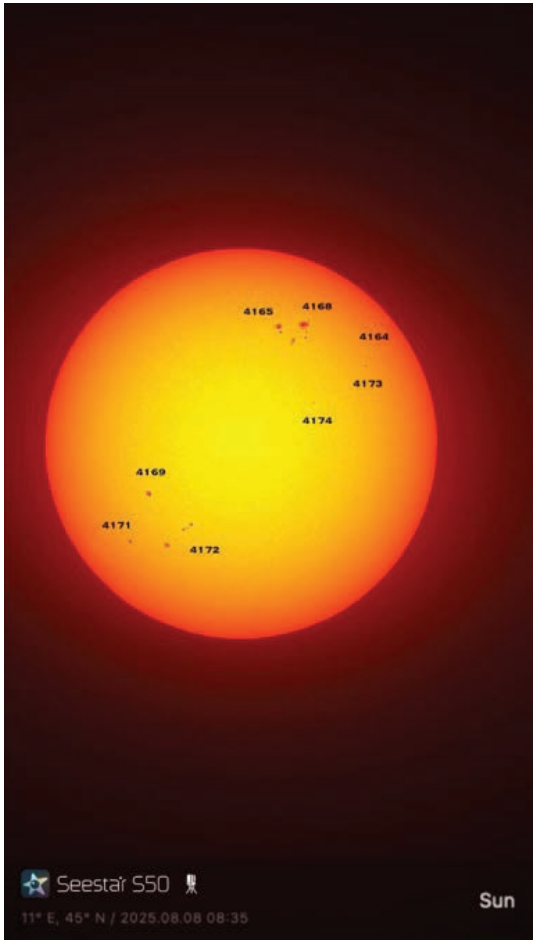
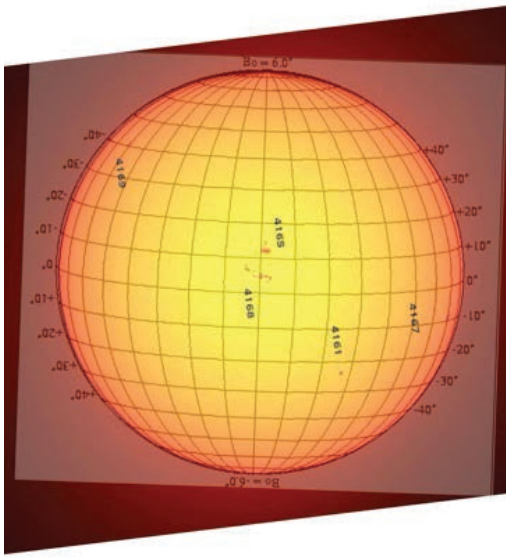
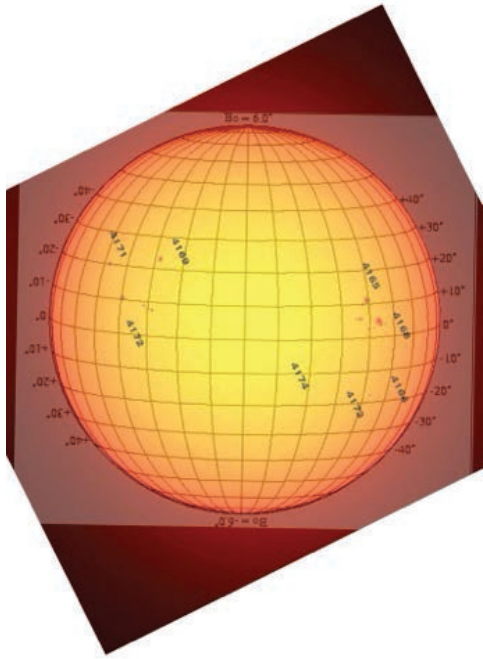
	
<i>Scuola media di Belfiore - 05 agosto 2025 ore 8:34</i> <i>Telescopio Seestar S50</i>	<i>Scuola media di Belfiore - 08 agosto 2025 ore 8:35</i> <i>Telescopio Seestar S50</i>
	
<i>Elaborazione dell'immagine - 05 agosto 2025 ore 8:34</i> <i>Telescopio Seestar S50</i>	<i>Elaborazione della immagine - 08 agosto 2025 ore 8:35</i> <i>Telescopio Seestar S50</i>

FIG. B1. Immagini "grezze" del Sole.

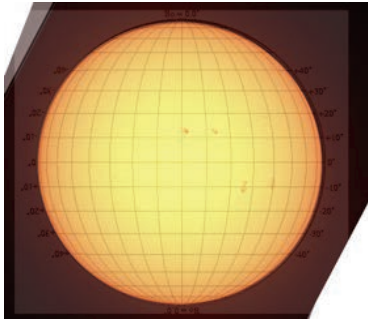
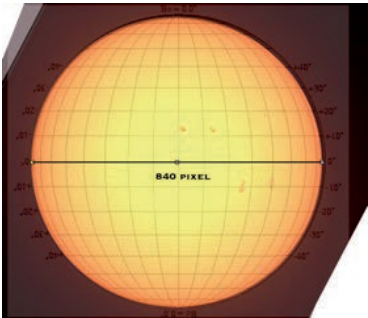
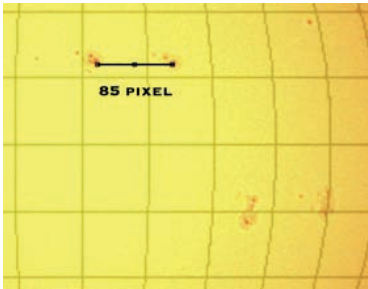
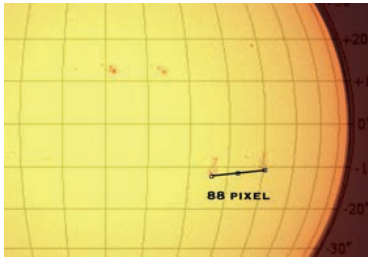
		 <i>Sovrapposizione delle due immagini relative ai giorni 26 e 27 dicembre 2025 usando il software Canva</i>
<i>Scuola media di Belfiore 26/12/2025 alle ore 11:00 Telescopio Seestar S50</i>	<i>Scuola media di Belfiore 27/12/2025 alle ore 10:00 Telescopio Seestar S50</i>	<i>Elaborazione delle due immagini</i>
		
<i>misura del diametro del Sole con il software AstroImageJ D = 840 pixel</i>	<i>misura della macchia solare a LAT +10° con il software AstroImageJ l = 85 pixel</i>	<i>misura della macchia solare a LAT -10° con il software AstroImageJ l = 88 pixel</i>

FIG. B2. Immagini elaborate del Sole.

con la rotazione differenziale del Sole. Per individuare con precisione la posizione della macchia ho utilizzato un disco di Stonyhurst, che permette di determinare le coordinate sulla superficie solare, e ho misurato il suo spostamento lungo la circonferenza apparente del Sole con un righello.

Misurazioni e calcolo

Le due foto selezionate sono state scattate il 5 agosto 2025 alle ore 08:34 e l'8 agosto 2025, alle ore 08:35.

Il tempo trascorso tra le due osservazioni è quindi di 3 giorni e 1 minuto, corrispondenti a circa 72 ore. Ho misurato la distanza percorsa dalla macchia 4165, ottenendo 36 mm. Per calcolare la circonferenza apparente del Sole sulla foto, ho misurato il diametro, che risultava 11,4 cm. Applicando la formula della circonferenza:

$$C = \pi D = 3,14 \cdot 11,4 \text{ cm} \approx 35,8 \text{ cm} = 358 \text{ mm}$$

La proporzione basata sul moto circolare uniforme è stata quindi:

$$\frac{s}{C} = \frac{\Delta t}{T}$$

dove:

- $s = 36$ mm è lo spostamento della macchia,
- $C = 358$ mm è la circonferenza apparente del Sole,
- $\Delta t = 72$ h è il tempo tra le due osservazioni,
- T è il periodo di rotazione del Sole (giorno solare).

Risolviamo per T :

$$T = \frac{C \cdot \Delta t}{s} = \frac{358 \cdot 72}{36} \approx 716 \text{ h}$$

Convertendo in giorni:

$$T = \frac{716 \text{ h}}{24 \text{ h/giorno}} \approx 29,8 \text{ giorni}$$

Seconda parte: osservazioni del 26 e 27 dicembre 2025

Per migliorare la precisione dei nostri risultati, abbiamo ripetuto l'esperimento approfittando di due giornate splendide e terse. Ci siamo ritrovati nel cortile della scuola il 26 e il 27 dicembre 2025.

Per questa seconda sessione di analisi, ho affinato la tecnica di misura per ridurre gli errori manuali:

1. allineamento: ho usato il software Canva per sovrapporre le immagini, assicurandoci che il disco solare coincidesse perfettamente;
2. coordinate eliografiche: ho applicato sopra le foto un disco di Stonyhurst per le coordinate eliografiche, che ci ha permesso di seguire le macchie lungo le linee di latitudine corrette;
3. precisione digitale: invece del righello, ho usato AstroImageJ, un software che ho imparato ad usare in questi mesi a scuola con il professore e che permette di contare esattamente quanti pixel percorre una macchia.

Dati raccolti

- Diametro solare (D): 840 pixel.
- Tempo trascorso (Δt): dal 26/12 (ore 11:00) al 27/12 (ore 10:00) = 23 ore.
- Spostamento Macchia A (sopra l'equatore solare): ($\text{LAT } +10^\circ$): 85 pixel.
- Spostamento Macchia B (sotto l'equatore solare): ($\text{LAT } -10^\circ$): 88 pixel.

Calcoli e risultati

Per prima cosa, calcoliamo la circonferenza del Sole in pixel sulla nostra foto:

$$C = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 840 \text{ cm} = 2637,6 \text{ pixel}$$

Ora applichiamo la proporzione per trovare il periodo di rotazione (T) per entrambe le macchie.

1. Risultato per la Macchia A ($\text{LAT } +10^\circ$): 85 pixel
Proporzione: $T : 23\text{h} = 2637,6 \text{ pixel} : 85 \text{ pixel}$

$$T_A = \frac{2637,6 \cdot 23}{85} \approx 713,7 \text{ ore}$$

In giorni: $713,7 \text{ ore} / 24 \text{ ore} = 29,7 \text{ giorni terrestri}$

2. Risultato per la Macchia B ($\text{LAT } -10^\circ$): 88 pixel
Proporzione: $T : 23\text{h} = 2637,6 \text{ pixel} : 88 \text{ pixel}$

$$T_B = \frac{2637,6 \cdot 23}{88} \approx 689,4 \text{ ore}$$

In giorni: $689,4 \text{ ore} / 24 \text{ ore} = 28,7 \text{ giorni terrestri}$

Conclusioni: tra Geometria e Passione

I valori ottenuti sono molto più vicini alla realtà rispetto alle prime prove, ma presentano ancora uno scarto rispetto a quanto riportato da Maffei (circa 25 giorni all'equatore). La causa risiede nel limite della geometria piana: misurando lo spostamento su una foto, abbiamo trattato il Sole come un disco piatto, cadendo nell'illusione del righello. In realtà, la macchia percorre un arco sulla superficie sferica, ma noi sulla foto vediamo una linea dritta (corda), che è sempre più corta del percorso reale. È come guardare un'auto in curva dall'alto: sembra fare meno strada di quella segnata sul contachilometri. Questa «scorciatoia» visiva restituisce un Sole apparentemente più lento della realtà.

Nonostante i dati non siano scientificamente perfetti a causa di questa semplificazione, mi sono divertita moltissimo a mettere in pratica le conoscenze acquisite. Passare dal libro al telescopio e analizzare i pixel è stata un'esperienza incredibile che ha trasformato il cortile della scuola in un vero laboratorio. Questa sfida ha reso ancora più forte la mia passione per l'astronomia, motivandomi a continuare a esplorare l'affascinante studio dello spazio in futuro.

★

L'eredità di una stella: la mia osservazione della supernova SN 2025rbs

TOMMASO BARBI, classe III, ICS 'A. Pisano' di Caldiero, Belfiore (VR)
docente: prof Massimo Bubani

Nel vasto scenario dell'universo, ci sono fenomeni che riescono più di altri a mostrare la grandezza e la forza della natura. Uno dei più affascinanti è certamente quello delle supernovae: esplosioni stellari che per poco tempo brillano più di un'intera galassia. Nei suoi libri, l'astronomo Paolo Maffei descrive le supernovae non solo come eventi spettacolari, ma come tappe fondamentali dell'evoluzione cosmica, capaci di trasformare l'universo stesso.

La classificazione delle supernovae

Secondo Maffei, una supernova rappresenta il momento finale della vita di una stella, ma anche l'inizio di qualcosa di nuovo. Le supernovae si dividono in due grandi categorie. Le supernovae di Tipo II sono la conclusione della vita di stelle molto grandi e massicce. Quando il loro combustibile nucleare si esaurisce, il nucleo collassa su sé stesso, mentre gli

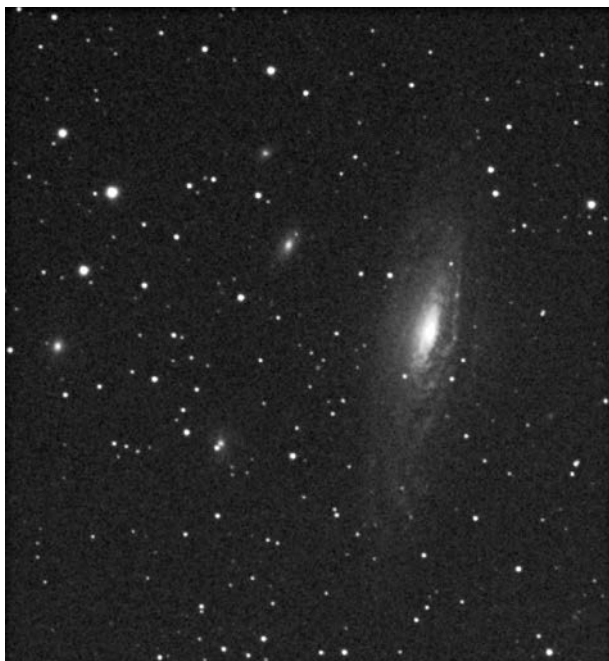


FIG. C1. Foto d'archivio della galassia NGC7331 scattata prima dell'esplosione della supernova dall'osservatorio astronomico scolastico IDOME 20/05/2018, a Novezzina (VR), LAT: $45^{\circ}44'$ LON: $11^{\circ}00'$.

strati esterni esplodono nello spazio. Maffei sottolinea che proprio in queste esplosioni vengono sparsi nell'Universo molti elementi pesanti, come ferro, carbonio e ossigeno. Sono elementi indispensabili per la formazione dei pianeti e perfino della vita, dunque senza le supernovae l'universo sarebbe molto più povero e semplice.

Le supernovae di Tipo Ia, invece, nascono da un processo diverso. Esse si verificano in sistemi composti da due stelle che orbitano insieme, in cui una delle due è una nana bianca, cioè il resto di una stella simile al Sole. La nana bianca può attirare materia dalla compagna fino a raggiungere un limite critico: a quel punto esplode in una potente reazione termonucleare che la distrugge completamente. Maffei evidenzia un aspetto molto importante: tutte le supernovae di questo tipo esplodono con una luminosità quasi identica, e per questo diventano strumenti preziosi per misurare le distanze tra le galassie e per comprendere l'espansione dell'universo.

Nella visione di Paolo Maffei, le supernovae non sono quindi semplicemente la fine drammatica di una stella, ma un motore di rinnovamento.

Il nostro osservatorio astronomico IDOME

Durante l'anno scolastico, io e i miei compagni partecipiamo a serate osservative utilizzando i telescopi installati presso il nostro osservatorio astronomico IDOME di Novezzina, sul Monte Baldo (VR), dove svolgiamo abitualmente le attività di osservazione. In occasione di un evento eccezionale, l'esplosione di una supernova nella galassia NGC 7331, il nostro professore ha subito intuito l'importanza scientifica dell'evento e ha deciso di coinvolgerci nonostante il periodo estivo. La supernova, catalogata come SN

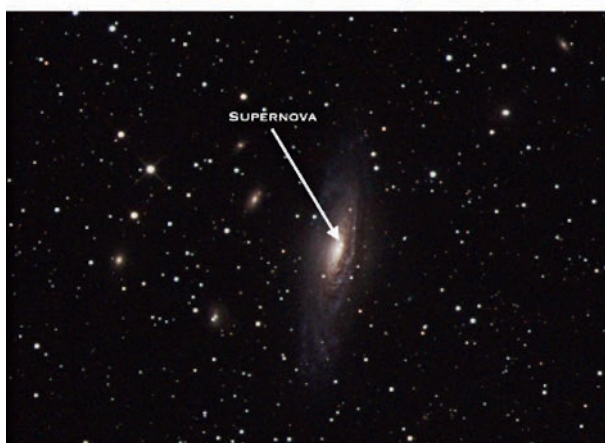


FIG. C2. Immagine scattata da me il giorno 12/08/2025 della galassia NGC7331 dove è visibile la supernova SN 2025rbs.

2025rbs è scoperta il 14 luglio 2025, è infatti esplosa durante la chiusura estiva della scuola. Il professore ha colto l'occasione inviando un messaggio tramite Classroom, chiedendo chi fosse interessato a partecipare all'osservazione e alla ripresa dell'evento. Ho risposto immediatamente di sì, dando così inizio alla mia esperienza di osservazione astronomica, svolta utilizzando il telescopio remoto di Novezzina, con cui abbiamo potuto documentare questo straordinario fenomeno.

Mi sono collegato subito dopo la segnalazione per catturare la fase iniziale della sua massima luminosità. Per ottenere il massimo dettaglio e i colori più naturali, il professore mi ha subito spiegato che le immagini astronomiche a colori che ammiriamo vengono in realtà realizzate con la tecnica della tricoloria (RGB), combinando centinaia di scatti separati attraverso specifici filtri. Per il nostro progetto, e per semplicità didattica, abbiamo scelto di seguire lo stesso principio fondamentale: ho scattato tre immagini distinte, ognuna con un filtro diverso: una con filtro rosso, una con filtro verde e una con filtro blu. In seguito, ho combinato queste tre immagini usando il software Photopea, ottenendo una fotografia a colori naturali che è stata il fulcro della mia analisi.

La galassia NGC 7331 e la supernova di tipo Ia

La galassia ospite, NGC 7331, è una delle più eleganti galassie a spirale del cielo boreale, situata

nella costellazione di Pegaso. La sua forma ricorda moltissimo quella della nostra Via Lattea, con un nucleo brillante e grandi bracci di spirale. La supernova che ho osservato, la SN 2025rbs, è di Tipo Ia, un dato che si collega perfettamente agli studi di Maffei: una potentissima esplosione termonucleare di una nana bianca. Nella mia immagine, la supernova appare come un piccolo punto luminoso molto vicino al nucleo galattico di NGC 7331. Quando l'ho fotografata, aveva una magnitudine apparente stimata compresa tra 11 e 12, molto luminosa.

Il lampo cosmico

Per comprendere appieno la natura temporanea del fenomeno, ho lavorato su un confronto, che illustra il processo come un racconto in due parti:

1. prima (foto d'archivio: FIG. C1): nelle fotografie d'archivio del professore, scattate mesi prima del 14 luglio 2025, la supernova era assente;
2. durante (il mio scatto 12/08/2025: FIG. C2): la mia immagine, scattata subito dopo la scoperta, mostrava chiaramente la galassia e il punto di luce della supernova.

Questo confronto in due atti è la mia prova che la supernova è un fenomeno temporaneo: un'esplosione nell'universo confermando le tesi di Maffei sulla conclusione del ciclo di vita di una stella.

Riflessioni finali

Per me, questa esperienza è stata estremamente formativa e mi ha permesso di toccare con mano (o meglio, con il telescopio) l'universo. Ho imparato a utilizzare un telescopio remoto, a lavorare con l'analisi fotografica, e, soprattutto, ho avuto il privilegio di assistere a un evento raro e straordinario: la nascita e il successivo indebolimento di una supernova in una galassia a 45 milioni di anni-luce di distanza. La mia foto racconta la storia di una stella che ha concluso la sua vita con un'esplosione spettacolare, arricchendo l'universo e agendo come strumento per la nostra comprensione del cosmo. Per uno studente delle scuole medie in una piccola cittadina di 3000 abitanti nella pianura padana, vedere tutto questo con i propri occhi è qualcosa che non dimenticherò più.

★

SCUOLE SECONDARIE DI SECONDO GRADO

GRETA BIOSA, Classe III, Liceo Classico Europeo-Convitto Nazionale Canopoleno, Sassari
docente: prof.ssa Ivana Pistidda

Quando guardiamo il cielo di notte ci sembra di vedere tutto: stelle luminose, la Luna, a volte qualche pianeta. Il cielo appare immenso e perfetto, come se davanti ai nostri occhi ci fosse l'intero universo ma

in realtà quello che vediamo è solo una piccolissima parte di ciò che esiste davvero.

Tra la Terra e gli oggetti più lontani dello spazio ci sono enormi quantità di gas e polveri cosmiche che assorbono e bloccano la luce. Queste polveri funzionano come una specie di "velo", che copre e nasconde parti intere dell'universo ed è proprio per questo motivo che, per moltissimo tempo, gli scienziati hanno avuto grandi difficoltà a capire la vera natura e struttura del cosmo. Anche se i telescopi diventavano sempre più potenti, continuavano a esserci zone del cielo completamente oscure.

Nel secolo scorso alcuni studiosi hanno iniziato a capire che per conoscere davvero l'universo non bastava osservare la luce visibile, cioè quella che l'occhio umano riesce a percepire, ma servivano strumenti nuovi e soprattutto nuovi tipi di osservazione. Tra questi scienziati ha avuto un ruolo molto importante l'astronomo italiano Paolo Maffei, che ha dedicato tutta la sua vita allo studio del cosiddetto "cielo nascosto".

Paolo Maffei, nato nel 1926, fin da giovane ha mostrato una grande passione per l'astronomia. La sua vita non è stata semplice, infatti ha vissuto durante la seconda guerra mondiale, ma nonostante questo non ha mai smesso di guardare il cielo e di coltivare il suo interesse per la scienza. Dopo la laurea in matematica e fisica, ha lavorato in importanti osservatori astronomici, sia in Italia che all'estero, studiando il Sole, le stelle e le galassie.

Credeva profondamente nella divulgazione dei saperi e pensava che la conoscenza dell'universo dovesse essere accessibile a tutti, non solo agli scienziati, e nei suoi libri ha sempre cercato di trasmettere la meraviglia della scoperta scientifica, facendo capire quanto l'universo sia complesso ma anche affascinante.

In particolare, nel libro *Al di là della Luna*, Maffei spiega che il cielo non è solo quello che possiamo vedere, ma anche tutto ciò che resta nascosto ai nostri occhi. Scrive infatti che «l'universo è molto più vasto e complesso di quanto la sola luce visibile ci permetta di immaginare» e possiamo dire che questa frase riassume perfettamente il suo pensiero. Secondo lo scienziato, se l'astronomia si limitasse alla luce visibile, avremmo un'immagine incompleta del cosmo. La parte invisibile dell'universo non è meno importante, è solo più difficile da osservare. Molti fenomeni fondamentali, come la nascita delle stelle o la presenza di intere galassie, rimangono nascosti dietro la polvere cosmica.

La scoperta più famosa di Maffei risale al 1968, quando individuò due galassie che oggi portano il suo nome: Maffei 1 e Maffei 2. Queste due galassie si trovano nella cosiddetta Zona di evitamento, una regione del cielo così chiamata perché la polvere della Via Lattea impedisce di vedere cosa c'è oltre. Maffei riuscì a fare questa scoperta grazie all'uso della luce infrarossa, che attraversa le polveri molto meglio rispetto alla luce visibile. Questa scoperta dimostra che la nostra conoscenza dell'universo è an-



FIG. D1. Sardinia Radio Telescope. (Crediti: Sergio Poppi/INAF Cagliari (via Media INAF))

cora incompleta e dipende moltissimo dagli strumenti che utilizziamo: molti oggetti non erano mai stati osservati semplicemente perché non avevamo la tecnologia adatta. Questo ci fa capire quanto ci sia ancora da scoprire e quanto l'universo sia più grande di quello che immaginiamo.

La polvere cosmica è formata da minuscole particelle di materiali come carbonio, silicio e ghiaccio ed è presente praticamente ovunque nello spazio. Quando la luce delle stelle attraversa queste nubi di polvere, viene assorbita o diffusa, rendendo invisibili molti oggetti ai telescopi ottici. Allo stesso tempo, però, questa polvere sembra fondamentale per l'evoluzione dell'universo: proprio all'interno delle nubi di gas e polveri nascono nuove stelle e sistemi planetari. Quindi ciò che impedisce di vedere è anche ciò che rende possibile la nascita di nuovi mondi.

Per secoli l'uomo ha osservato il cielo con telescopi ottici dalla Terra, come quelli usati da Galileo Galilei e con il tempo questi strumenti sono diventati sempre più potenti, ma restavano limitati dall'atmosfera terrestre, che distorce la luce. La vera svolta è arrivata con i telescopi spaziali, che possono osservare l'universo senza questi limiti; il telescopio Hubble ha rivoluzionato l'astronomia, mentre i telescopi infrarossi hanno confermato le intuizioni di Maffei.

Paolo Maffei con le riflessioni ed intuizioni presenti nel suo libro, ci invita a guardare oltre, perché "oltre" significa superare i limiti della conoscenza e continuare a farsi domande e spesso è proprio nelle parti più oscure del cielo che si trovano le risposte più importanti su come nasce e cambia l'universo.

Ammetto che, ispirata dagli argomenti trattati dall'astronomo Maffei, la mia attenzione è diventata più analitica ed approfondita; ha sviluppato viva e produttiva curiosità verso alcune scoperte che astrofisica ed astronomia hanno potuto compiere grazie a strumenti di osservazione collocati proprio nella mia terra: la Sardegna.

A San Basilio, in provincia di Cagliari, è presente da alcuni anni un importante supporto alla conoscenza scientifica che ha dato notevole impulso alla conoscenza: è il Sardinia Radio Telescope (SRT.)

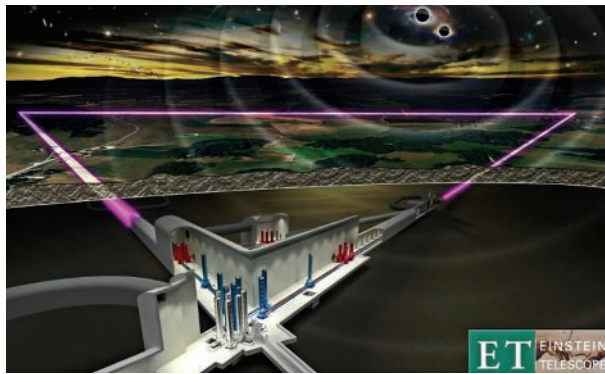


FIG. D2. Rappresentazione artistica dell'Einstein Telescope. (Crediti: ET Collaboration)

(FIG. D1). Si tratta di uno dei più importanti radio-telescopi europei; "ascolta" il cosmo attraverso le onde radio, consentendo di studiare galassie lontane e fenomeni invisibili ai telescopi ottici. Grazie alla sua tecnologia avanzata rappresenta un'eccellenza scientifica italiana, un punto di riferimento per la ricerca internazionale!

Stupore ed orgoglio si accrescono quando scopro che è in fase di progettazione, nel cuore dell'entroterra sardo, una nuova e speciale infrastruttura: l'Einstein Telescope (ET). (FIG. D2). Uno strumento che si propone come importante sfida tecnologica a beneficio del futuro scientifico, economico e sociale, non solo per l'isola ma per l'intero pianeta. L'Einstein Telescope sarà un dispositivo davvero speciale: uno straordinario osservatore e ricercatore di onde gravitazionali, cioè, di quelle increspature dello spazio-tempo teorizzate dalla relatività generale di Einstein e delle quali di recente è stata accertata l'effettiva presenza. Questo strumento sarà costruito in ambienti sotterranei e promette di riuscire ad osservare eventi cosmici molto lontani nel tempo e nello spazio, eventi estremamente energetici, come la fusione di buchi neri o stelle di neutroni, offrendo nuove informazioni sull'origine e sull'evoluzione dell'universo. SRT ed ET, due strumenti molto diversi tra loro ma con un unico obiettivo: ampliare la conoscenza dell'universo attraverso l'astronomia multimessaggera, finalizzata ad osservare ed interpretare in modo coordinato gli svariati tipi di segnali provenienti dal cosmo.

Il loro contributo sarà sicuramente fondamentale, insieme agli altri dispositivi terrestri, a supportare il James Webb Space Telescope (JWST): dispositivo inviato nello spazio nel 2021 ed operativo dal 2022, è collocato a circa 1,5 milioni di km dalla Terra, rappresenta al momento lo strumento di osservazione più potente capace di affiancare il lavoro del Telescopio Spaziale Hubble (HST). È in grado di vedere la nascita delle prime galassie, la formazione delle stelle e persino le atmosfere di pianeti lontanissimi. JWST è il simbolo perfetto di una "luce che svela l'invisibile", perché ci permette di vedere ciò che prima era completamente nascosto, (FIG. D3).



FIG. D3. Centro denso della Via Lattea, regione del Sagittario C, fotografato dalla NIRCam del JWST nell'infrarosso. (Crediti: NASA, ESA, CSA, STScI, S. Crowe (UVA))

Questa idea di guardare “oltre” ciò che vediamo non riguarda solo l'astronomia, ma anche l'arte. Nell'impressionismo, ad esempio, i pittori cercavano di rappresentare la realtà non in modo preciso e dettagliato, ma così come appare ai nostri occhi in un determinato momento, soprattutto a causa della luce. Questo modo di pensare si può collegare alle teorie di James Clerk Maxwell, che ha dimostrato che la luce è energia elettromagnetica. Questa radiazione si propaga con movimenti ondulatori ed esiste una ampia gamma di luce invisibile all'occhio umano, perché la luce visibile è solo una piccola parte dello spettro elettromagnetico. Anche se gli impressionisti non conoscevano nel dettaglio queste teorie scientifiche, le loro opere mostrano chiaramente l'idea che la realtà cambia a seconda della luce: è lo stesso concetto che ritroviamo in astronomia con Maffei e con l'uso della luce infrarossa.

Dall'impressionismo prenderanno poi ispirazione alcuni artisti, i quali sperimentarono la tecnica del puntinismo. Tale modalità di dipingere deriva dall'applicazione dello studio della luce e del colore in modo ancora più scientifico. Il principale rappresentante di tale corrente post impressionista è Georges Seurat. Nel suo famoso quadro *Una domenica pomeriggio all'isola della Grande Jatte* (FIG. D4), Seurat utilizza solo piccoli puntini di colore puro. Se guardiamo il dipinto da vicino vediamo tanti puntini separati; se invece ci allontaniamo, l'occhio li unisce e appare l'immagine completa. Questo dimostra che il colore e la luce non si mescolano sulla tela, ma nella nostra percezione. Ogni puntino di Seurat può essere paragonato a una singola informazione raccolta dai telescopi: da sola non basta ma è necessaria l'azione congiunta di più strumenti che indagano su tutte le varie lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico. Il James Webb Space Telescope, ad esempio, raccoglie dati da diverse lunghezze d'onda e solo combinandoli riesce a mostrarci immagini complete dell'universo e supporta il lavoro del telescopio spaziale Hubble e la rete di telescopi e radiotelescopi terrestri.

In conclusione, arte e scienza si collegano profondamente. Maxwell, gli impressionisti, Seurat,



FIG. D4. Georges Seurat, *Una domenica pomeriggio all'isola della Grande Jatte*, 1886. (Art Institute of Chicago)

Paolo Maffei e gli astronomi moderni ci insegnano che la realtà non è mai immediata e che per comprenderla bisogna osservare la luce, cambiare punto di vista e andare oltre ciò che sembra visibile a prima vista. Guardare oltre le polveri dell'universo significa anche imparare a riconoscere i nostri limiti e a superarli guardando oltre.

Tutto questo porta anche a una riflessione filosofica molto importante: filosofi come Platone già nell'antichità dicevano che ciò che percepiamo è solo un'ombra della realtà vera, come un'apparenza. In un certo senso, possiamo dire che le polveri cosmiche di cui parla Maffei ricordano proprio questo: qualcosa che si frappone tra noi e la verità.

Anche Immanuel Kant sosteneva che l'uomo non può conoscere la vera realtà, ma solo come appare attraverso i nostri strumenti di conoscenza. Questo si collega perfettamente all'astronomia: l'universo che osserviamo dipende dai telescopi e dai tipi di luce che utilizziamo e quando cambiano gli strumenti, cambia anche la nostra idea di realtà. La conoscenza non è mai definitiva, ogni scoperta apre nuove domande.

Guardare oltre le polveri dell'Universo significa anche accettare che non sapremo mai tutto, ma che proprio questa ricerca continua rende la scienza, l'arte e la filosofia così affascinanti.

★

SAMUELE IANNILLI, classe I, Liceo Scientifico e delle Scienze Applicate Statale 'Carlo Matteucci', Roma

docente: prof.ssa Irene Carunchio

Quando dico la parola stella qual è la prima cosa che ci viene in mente? Potremmo pensare a un disegno di un bambino, al Sole, ma cos'è effettivamente una stella? Al giorno d'oggi noi esseri umani sappiamo con certezza come nasce una stella come funziona e come muore, ma chi è una persona su cui potremmo soffermarci per questo testo? Bene codesto studioso è Paolo Maffei. In questo scritto parleremo o

meglio leggeremo di cosa sapeva Maffei sulla vita di una stella e cosa sappiamo noi.

Cosa sapeva Maffei sulla nascita di una stella

Inizialmente avveniva un collasso gravitazionale: una regione più densa all'interno di una nebulosa poteva iniziare a collassare sotto la propria forza di gravità, superare la capacità minima di pressione.

L'importante ruolo della Polvere e del Gas: Si sapeva che la materia prima, composta principalmente da idrogeno, elio e tracce di elementi più pesanti (polvere), era molto importante per questo processo altrimenti la stella non si sarebbe potuta formare.

Astronomia infrarossa: Maffei fu uno dei primi che si applicò nell'uso delle osservazioni nell'infrarosso, una tecnica fondamentale perché questa radiazione può penetrare le dense nubi di polvere opache alla luce visibile, permettendo di osservare le fasi iniziali del processo. Questa intuizione gli permise, ad esempio, di scoprire le galassie Maffei 1 e 2, nascoste dalla polvere galattica.

Diagramma H-R: Gli astronomi usano il diagramma di Hertzsprung-Russell (che mette in relazione luminosità e temperatura) per tracciare i percorsi teorici che le giovani stelle seguivano prima di raggiungere la sequenza principale, dove inizia la fusione nucleare.

Formazione di sistemi solari: Si ipotizzava che il processo portasse anche alla formazione di dischi protoplanetari intorno alla giovane stella.

Maffei stesso contribuì a confermare e affinare queste conoscenze, fornendo osservazioni vitali in lunghezze d'onda innovative che supportavano i modelli teorici allora emergenti.

Cosa sappiamo noi oggi (dopo l'era di Maffei)

Le conoscenze attuali hanno affermato enormemente il modello base noto a Maffei, grazie a strumenti come il Telescopio Spaziale Hubble, i grandi telescopi terrestri con ottica adattiva e i telescopi spaziali a infrarossi come Spitzer e, più recentemente, il James Webb.

Le fasi dettagliate della formazione stellare oggi descritte sono:

Frammentazione e Collasso della Nube Molecolare: Grandi nubi molecolari (con masse milioni di volte quella del Sole) si frammentano in nuclei più piccoli.

Formazione del «core» (nucleo): I nuclei più densi (con una leggera instabilità gravitazionale) collassano, e la gravità inizia a superare la pressione interna e la turbolenza.

Protostella e disco protoplanetario: Al centro si forma una protostella calda, circondata da un disco rotante di gas e polvere. La materia dal disco cade sulla protostella in accrescimento. Questo stadio è cruciale per la formazione di sistemi planetari.

Emissioni di getti e deflussi bipolari: Un fenomeno importante, ora ben compreso, è l'emissione di potenti getti di materia dai poli della protostella. Questi getti (oggetti di Herbig-Haro) interagiscono con il gas circostante e rallentano l'ulteriore accrescimento.

Fase T Tauri (pre-sequenza principale): La protostella diventa una stella T Tauri, visibile otticamente. Continua a contrarsi e riscaldarsi, seguendo le tracce di pre-sequenza nel diagramma H-R, finché la pressione e la temperatura centrali non sono sufficienti per innescare la fusione dell'idrogeno.

Bene in questo 1/3 di testo abbiamo visto le differenze (che per mio parere sono tante) sulla nascita di una stella, ma una stella non è che nasce e poi finisce la sua vita, dovrà avere una durata la sua esistenza come a noi esseri umani, giusto? Bene allora continuiamo questo viaggio nelle differenze

Cosa diceva Maffei sulla vita di una stella (per me faceva una vita un po' noiosa ...)

Sequenza principale: Descriveva questa fase come il periodo più lungo e stabile, in cui la stella «brucia» idrogeno trasformandolo in elio.

La crisi dell'energia: Spiegava che, una volta esaurito l'idrogeno, la stella deve contrarsi per riscaldare il nucleo a temperature tali da «accendere» l'elio, trasformandosi in una gigante rossa.

Cosa sappiamo noi nel 2026 (le nuove frontiere)

Oggi, grazie a strumenti come il telescopio James Webb e l'astronomia multi-messaggera, abbiamo aggiunto dettagli cruciali che all'epoca erano solo ipotizzati:

Popolazione III (le prime stelle): Mentre Maffei ne teorizzava l'esistenza, oggi nel 2025 stiamo catturando la luce delle primissime stelle dell'universo, nate poco dopo il Big Bang, che avevano composizioni chimiche diverse da quelle attuali.

Interni stellari (asterosismologia): Se Maffei doveva affidarsi a modelli matematici per capire cosa accadeva dentro una stella, oggi «ascoltiamo» le vibrazioni delle stelle (asterosismologia) per misurarne con precisione l'età e la struttura interna, quasi come un'ecografia stellare.

Il Ruolo dei pianeti: Sappiamo oggi che l'evoluzione di una stella dopo la nascita influenza drasticamente la sopravvivenza dei suoi pianeti; stiamo scoprendo pianeti che sopravvivono persino alla fase di gigante rossa o che orbitano attorno a nane bianche, dettagli che ai tempi di Maffei erano pura speculazione

In sintesi, Maffei ha fornito la «mappa» del viaggio di una stella; la scienza del 2025 ha acceso i fari, per-

mettendoci di vedere ogni dettaglio del terreno lungo quel percorso.

Adesso abbiamo appena finito di parlare della vita di una stella, che a mio avviso adesso è molto più emozionante con le nostre conoscenze di oggi, ma... qualsiasi cosa dal punto di vista scientifico ha una fine e quindi quando una stella finisce tutto l'elio all'interno ma ha solo idrogeno cosa succede, come avviene la "fine"?

Paolo Maffei ha descritto la morte delle stelle come un dramma cosmico creato dalle leggi della termodinamica. Il confronto con le conoscenze del 2025 mostra come la scienza sia passata dalla comprensione dei meccanismi teorici all'osservazione diretta di eventi estremi un tempo invisibili.

Cosa sapeva Maffei (la fine degli equilibri)

Nei suoi testi, Maffei spiegava che la «morte» non è un evento improvviso, ma un lungo declino che inizia quando una stella esaurisce l'idrogeno nel nucleo.

Il destino del Sole: Sapeva che le stelle di piccola massa si espandono in giganti rosse, per poi rimpicciolirsi in nane bianche, «cadaveri» stellari densi che si raffreddano lentamente fino a diventare neri e invisibili.

Supernove e «mostri»: Descriveva le esplosioni di supernova come il destino inevitabile delle stelle massicce, capaci di lasciare dietro di sé residui esotici come stelle di neutroni o buchi neri.

Il «dopo morte» come rinascita: Maffei sottolineava il concetto di riciclo cosmico: gli elementi pesanti creati durante la morte di una stella vengono espulsi nello spazio per formare nuove stelle e pianeti. Come una fenice rinasce dalle sue ceneri

Cosa sappiamo noi nel 2026 (le nuove scoperte)

Rispetto ai tempi di Maffei, oggi abbiamo strumenti (come il James Webb e i rilevatori di onde gravitazionali) che ci permettono di «vedere» e «sentire» fasi della morte stellare che erano solo ipotizzate.

Kilonovae e onde gravitazionali: Nel 2025 abbiamo confermato che molti elementi pesanti (come l'oro e il platino) non nascono solo dalle supernovae, ma dalla collisione di due stelle di neutroni morte (kilonovae). Recentemente, il 18 agosto 2025, è stato rilevato un segnale che potrebbe indicare una «superkilonova», un fenomeno ancora più estremo.

Cattura in tempo reale: Oggi siamo in grado di «catturare» l'esplosione di una supernova quasi nel momento esatto in cui avviene, osservando il primo lampo di luce che emerge dalla superficie della stella morente.

Buchi neri visibili: Se per Maffei i buchi neri erano «mostri del cielo» invisibili e teorici, oggi abbiamo

immagini reali della loro ombra (grazie all'Event Horizon Telescope) e studiamo come influenzano l'evoluzione di intere galassie.

Echi di luce: Osserviamo gli «echi di luce» delle esplosioni passate, permettendoci di ricostruire la storia della morte di stelle avvenuta migliaia di anni fa con una precisione chirurgica.

In sintesi, Maffei aveva previsto correttamente la biologia della morte stellare; la scienza del 2025 ne sta scrivendo l'anatomia dettagliata, scoprendo che i resti delle stelle continuano a interagire e scontrarsi in modi molto più complessi di quanto immaginato quarant'anni fa.

Qui finisce il nostro viaggio nel confronto ma sono sicuro che scopriremo molte altre cose e che studieremo questi nuovi fenomeni

★

EDOARDO RUBINO, classe IV, Liceo Scientifico
«Gaetano Curcio», Ispica (RG)
docente: prof. Fabio Marcedone

Nel suo libro *Al di là della Luna*, Paolo Maffei descrive, nel capitolo IV dedicato alle stelle variabili, una scoperta apparentemente straordinaria legata a una zona oscura osservata dall'astronomo C. Hoffmeister nella costellazione del Microscopio. Maffei scrive:

È stata dunque scoperta un'intera galassia nera, forse composta addirittura da stelle nere, completamente spente? No. Non vogliamo affermare tanto e anzi possiamo senz'altro precisare che, se una galassia simile esistesse, non potremmo scoprirla, almeno con questo sistema, poiché non provocherebbe il minimo assorbimento, dato che la luce dei corpi dello sfondo ci raggiungerebbe ugualmente passando tra l'una e l'altra delle stelle oscure che, anche se fossero in numero grandissimo, occuperebbero sempre un volume piccolissimo rispetto a quello totale del vuoto che le separa.

Da qui si può constatare l'intuizione pionieristica di Maffei sull'esistenza di oggetti celesti «invisibili» o oscurati, attribuendo il fenomeno non a stelle spente, ma a nubi di polvere intergalattica capaci di assorbire la luce visibile, un'idea che anticipa le sfide dell'astronomia moderna nel rivelare l'universo nascosto.

Confrontando questa visione con le conoscenze scientifiche attuali, emerge che l'ipotesi di Maffei sulle «stelle nere» o «galassie nere» è un precursore concettuale di fenomeni oggi ben documentati, come i buchi neri e la materia oscura. Negli anni '70, quando Maffei scrisse il libro, l'idea di corpi oscuri era legata principalmente all'assorbimento da parte della polvere interstellare, più che a stelle completamente spente, come nel caso della sua scoperta delle galassie Maffei 1 e 2, invisibili alla luce ottica ma rivelate nell'infrarosso.

Oggi, sappiamo che i buchi neri, oggetti collassati la cui gravità impedisce persino alla luce di sfug-

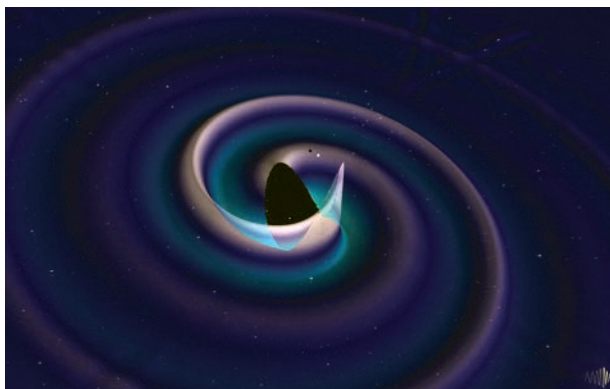


FIG. E1. Simulazione di un buco nero binario. (da LIGO: www.ligo.caltech.edu/image/ligo20210629c)

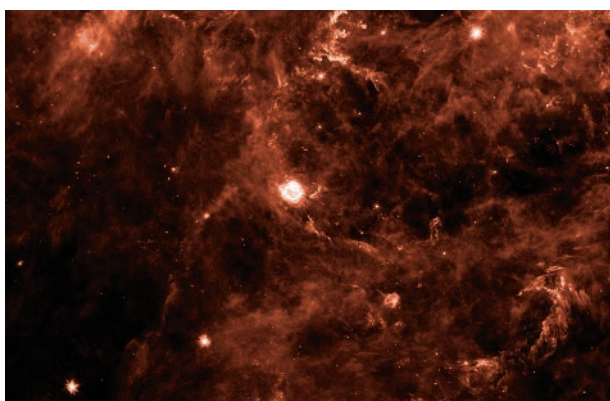


FIG. E3. Immagine ottica della regione verso Cassiopea, l'immagine mostra polveri oscuranti. (da NASA: <https://science.nasa.gov/asset/webb/cassiopeia-a-light-echoes-spitzer-context/>)

gire, corrispondono in parte a questa descrizione di «stelle nere», ma non come entità spente, bensì come singolarità gravitazionali. Ad esempio, le binarie a eclisse menzionate da Maffei in altri passaggi del capitolo includono oggi sistemi come Cygnus X-1 (il primo candidato a buco nero identificato nel 1971), in cui un buco nero accresce materia da una stella compagna, emettendo raggi X rilevabili, senza tuttavia emissione propria. Quanto alla «galassia nera» di Hoffmeister, ricerche successive (come quelle pubblicate su *Astronomy & Astrophysics* negli anni '80) hanno confermato che si trattava di una nube di polvere galattica, non intergalattica, ma l'intuizione di Maffei ha aperto la strada allo studio di regioni oscurate, oggi esplorate dal James Webb Space Telescope (JWST). Il JWST, operando principalmente nell'infrarosso, ha rivelato galassie primordiali nascoste dietro polveri cosmiche, come quelle nell'ammasso SMACS 0723, e ciò dimostra come la scoperta e gli studi astronomici evolvano a partire da intuizioni teoriche e come siano correlati all'avanzamento tecnologico.

Questa evoluzione riflette un profondo cambiamento nella comprensione dell'universo attraverso modelli teorici e nuove tecnologie. Storicamente, l'astronomia ottica, limitata alla luce visibile (lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm), ha dominato fino al xx secolo, ma Maffei ha dimostrato che l'infraros-

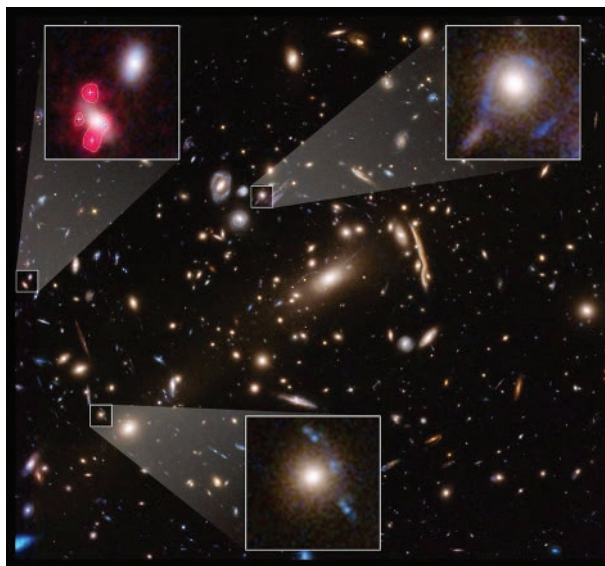


FIG. E2. Effetti della materia oscura in un ammasso galattico via *lensing* (da Hubble: <https://science.nasa.gov/missions/hubble/hubble-observations-suggest-a-missing-ingredient-in-dark-matter-theories/>; www.media.inaf.it/2020/09/10/materia-oscura-la-ricetta-va-perfezionata/)

so (1-1000 μm) penetra le polveri interstellari, e permette di rivelare oggetti altrimenti invisibili. Oggi, il JWST estende questa capacità all'infrarosso medio e lontano, permettendo di osservare l'universo a *redshift* elevati ($z > 10$), ovvero indietro nel tempo fino a 13 miliardi di anni fa. Modelli teorici come la relatività generale di Einstein hanno predetto buchi neri (FIG. E1), confermati da osservazioni multimessaggero (onde gravitazionali da LIGO/Virgo nel 2015), mentre la materia oscura, ipotizzata negli anni '30 da Zwicky, citato da Maffei, è dedotta da effetti gravitazionali su galassie e ammassi, senza emissione elettromagnetica. La transizione dal visibile all'infrarosso e oltre (ad esempio, radio e raggi X) ha trasformato l'astronomia da osservativa a multibanda, integrando dati da telescopi come Hubble (ottico/UV) (FIG. E2) e JWST (IR), per una visione più vasta nella complessità dell'universo.

Per interpretare immagini astronomiche ottenute con strumenti diversi, consideriamo il confronto tra osservazioni ottiche e infrarosse. La FIG. E3 mostra un'immagine ottica della regione galattica verso Cassiopea, dove le polveri oscurano vaste aree, rendendo invisibili galassie come Maffei 1. La FIG. E4, invece, è la stessa regione nell'infrarosso vicino (da 2MASS survey), che rivela Maffei 1 come una galassia ellittica gigante, con luminosità intrinseca paragonabile alla Via Lattea. Le differenze qualitative sono evidenti: nell'ottico domina l'assorbimento (fino al 99% della luce), mentre nell'IR le polveri diventano trasparenti, permettendo di stimare la massa e la struttura.

Un riferimento ragionato a dati pubblici è l'immagine JWST della Nebulosa Tarantola (FIG. E5), citata da Maffei nel capitolo VIII, che in IR mostra stelle in formazione nascoste da polveri, con risoluzione spettroscopica che distingue bande di idrocarburi



FIG. E4. Immagine infrarossa della stessa regione, rivelando Maffei 1. (da 2MASS: www.astronomy.com/observing/deep-sky-dreams-maffei-1-and-maffei-2/)

poli-ciclici aromatici (PAH) assenti in ottico. Queste immagini illustrano come l'interpretazione multimodale richieda analisi spettrale: ad esempio, lo spostamento verso il rosso in IR indica distanze cosmologiche, mentre in ottico prevale l'estinzione locale.

Il rapporto tra discipline scientifiche e fenomeni naturali, nonché tra tecnologia e scienza, è intrinsecamente collegato all'argomento. L'astronomia si lega alla fisica delle particelle (ad esempio, nella fusione nucleare delle stelle) e alla chimica (composizione delle polveri), e permette così di spiegare fenomeni come l'evoluzione stellare. La tecnologia, come quella integrata nei rivelatori CCD o i criogeni del JWST, amplifica la scienza, e trasforma ipotesi in evidenze: senza l'IR, le galassie di Maffei resterebbero invisibili, e ciò dimostra che la scienza progredisce quando la tecnologia svela limiti percettivi. Oltre il libro, questo legame si estende alla cosmologia, dove la materia oscura, circa il 27% dell'universo, influenza la formazione di strutture naturali, ma richiede interdisciplinarietà tra astrofisica e fisica teorica.

A livello personale, ritengo che le «stelle nere» di Maffei non fossero mera immaginazione, ma un invito al pensiero critico: se la polvere oscura il visibile, la materia oscura, invisibile a tutto lo spettro elettromagnetico, rappresenta un «invisibile» più profondo, legato non a detriti filtrabili, ma a particelle sconosciute. Collegando a studi successivi, la materia oscura potrebbe essere correlata alle ipotesi di Maffei, come «ombra gravitazionale» di massa non luminosa. Un nesso ipotetico con l'evento del 2019 su Betelgeuse, il «grande oscuramento» (FIG. 6) dovuto a una nube di polvere espulsa, non a una supernova, richiama Maffei: in visibile, la stella sembrò «nera» (magnitudine da 0.5 a 1.6), ma in IR (osservazioni VLT) rimase stabile, il che conferma che i filtri oltre al visibile svelano la realtà.



FIG. E5. Immagine JWST della Nebulosa Tarantola in IR, con stelle nascoste. (da ESA: www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/08/Tarantula_Nebula_NIRCam)

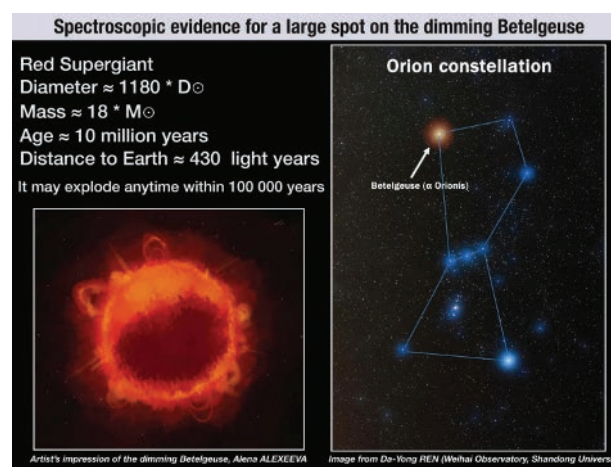


FIG. E6. Spettro di Betelgeuse durante l'oscuramento 2019, ottico vs IR. (da INAF: www.media.inaf.it/2021/08/06/betelgeuse-oscuramento-macchie-stellari/)

Facendo un volo di fantasia, se la materia oscura evade l'EM, l'infrarosso non basta. Come Maffei innovò con nuovi strumenti, oggi cerchiamo risposte oltre lo spettro elettromagnetico.

Se non troviamo segnali EM, ciò implica una fisica ignota, forse particelle assioni o dimensioni extra. Ciò spingerebbe la scienza verso scoperte future, dimostrando come il bisogno di una continua evoluzione tecnologica permetta di passare da intuizioni teoriche alla comprensione di una realtà sempre più vasta.

Potremmo aver bisogno di strumenti oltre il JWST, come un «telescopio Higgs» che rilevi interazioni deboli con il campo di Higgs (FIG. E7), per mappare non solo «dove» e «quanto» (via gravità, quesito cosmologico), ma «cosa» (proprietà particellari, quesiti di fisica delle particelle). Finora, mappature come quelle di DESI o Euclid tracciano la distribuzione, esperimenti e misurazioni potrebbero rivelare massa, spin e interazioni non gravitazionali delle particelle oscure, usando rivelatori simili a XENON o LUX (FIG. E8), rivelatori situati nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

Maffei, con la sua curiosità e ingegno, avrebbe forse immaginato un'era di «astronomia oltre la luce», integrando particelle e cosmo. Lo sviluppo di

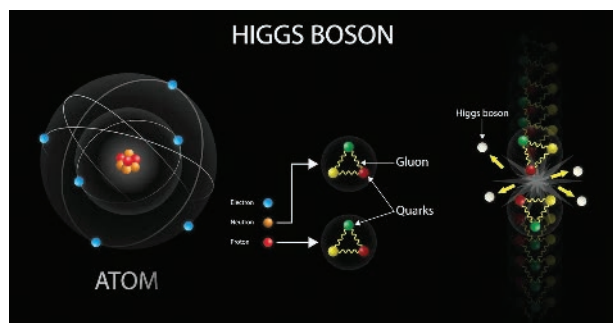


FIG. E7. Immagine concettuale di un bosone di Higgs. (da Nasky via Shutterstock: www.livescience.com/higgs-boson-particle)

queste idee porta benefici immensi: dalla ricerca alle missioni di esplorazione spaziale come Euclid (lanciata nel 2023) che mappa la materia oscura via *lensing* gravitazionale, mentre future sonde potrebbero ospitare rivelatori per particelle oscure in orbita, riducendo interferenze terrestri. Questo non solo permetterebbe un grosso salto in avanti per la scienza, ma stimolerebbe ulteriormente la curiosità verso nuove scoperte, come auspicato da Maffei, rendendo l'invisibile accessibile a tutti.

Bibliografia (consultati principalmente gli abstract)

Libro di riferimento

MAFFEI, P. (1973), *Al di là della luna*, Milano, Mondadori. [Ristampa: EST, 1977]

Galassie Maffei 1 e 2

SPINRAD, H., SARGENT, W. L. W., OKE, J. B. *et al.* (1971), *Maffei 1: A New Massive Member of the Local Group?*, «Astrophysical Journal Letters», 163, L25.

BUTA, R., MCCALL, M. (1999), *The IC342/Maffei Group Revealed*, «Astrophysical Journal Supplement», 124, 33.

Astronomia infrarossa e multi-banda

BUSSOLETTI, E., MELCHIORRI, F. (1983), *Astronomia infrarossa*, Milano, Mondadori.

GARDNER, J. P. *et al.* (2006). *The James Webb Space Telescope*, «Space Science Reviews», 123, 485-606.

NASA/ESA/CSA (2022), *Webb's First Deep Field*, <https://science.nasa.gov/missions/webb/>.

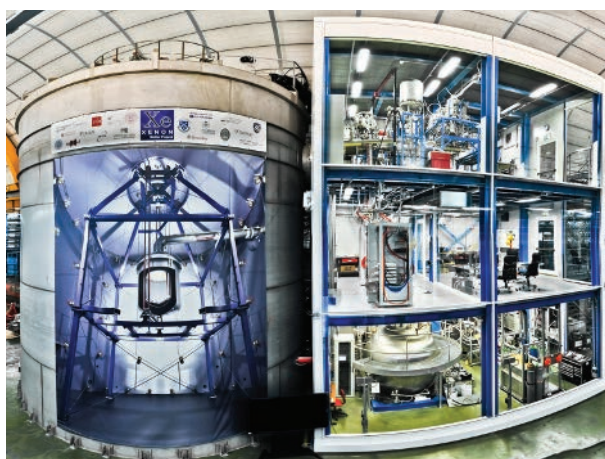


FIG. E8. Immagine del rivelatore Xenon1T al Gran Sasso per materia oscura. (<https://xenonexperiment.org/photos/>)

PONTOPPIDAN, K. M. *et al.* (2022), *The JWST Early Release Observations*, «Astrophysical Journal Letters», 936, L14.

Il grande oscuramento di Betelgeuse (2019-2020)

MONTARGÈS, M. *et al.* (2021), *A dusty veil shading Betelgeuse during its Great Dimming*, «Nature», 594, 365-368.

Buchi Neri

WEBSTER, B. L., MURDIN, P. (1972), *Cygnus X-1 a Spectroscopic Binary with a Heavy Companion?*, «Nature», 235, 37-38.

Ricerche e riferimenti su materia oscura e cosmologia

AALBERS, J. *et al.* (LUX-ZEPLIN Collaboration) (2022), *First Dark Matter Search Results from the LUX-ZEPLIN (LZ) Experiment*, «Physical Review Letters», 131, 041002.

ABBOTT, B. P. *et al.* (LIGO/Virgo Collaboration) (2016), *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*, «Physical Review Letters», 116, 061102.

APRILE, E. *et al.* (XENON Collaboration) (2021), *The Xenon Road to Direct Detection of Dark Matter at LNGS*, «Universe», 7, 8, 313.

LAUREIJS, R. *et al.* (2011), *Euclid Definition Study Report*, ESA/SRE, arXiv:1110.3193

PLANCK COLLABORATION (2020), *Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters*, «Astronomy & Astrophysics», 641, A6.

ZWICKY, F. (1933), *Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln*, «Helvetica Physica Acta», 6, 110-127.

Julia Margaret Cameron e Sir John Herschel, il sodalizio tra due innovatori alle origini della fotografia

Tiziana Macaluso

INAF · Osservatorio Astronomico di Roma

He was to me as a Teacher and High Priest.

J. M. CAMERON, *Annals of my Glass House*, in *Writings*, p. 154.

NELLE collezioni fotografiche storiche dell'Osservatorio Astronomico di Roma è conservato il celeberrimo ritratto dello scienziato e astronomo John Frederick William Herschel (Slough 1792 - Collingwood 1871) a firma autografa dell'amica fotografa Julia Margaret Cameron (nata Pattle, Calcutta 1815 - Ceylon 1879). (IL DOCUMENTO: FIG. 1)

Il ritratto fotografico è parte di un nucleo di immagini iconografiche, opere d'arte su carta, stampe e fotografie, che costituiscono una testimonianza della storia dell'astronomia dal XVII al XX sec. Sono principalmente immagini che raffigurano ritratti di astronomi e strumenti scientifici, tavole di documentazione scientifica, momenti di spedizioni astronomiche ottocentesche, oltre a materiali iconografici vari (atlanti, calendari).

La fotografia, datata in calce 1869,¹ adesa su un cartoncino e inserita all'interno di una cornice lignea coeva, è stampata su carta all'albumina da negativo al collodio, uno dei procedimenti fotografici delle origini che si andavano perfezionando proprio negli anni in cui l'amicizia tra Cameron e Herschel

si consolidava. Infatti, la relazione tra i due – fotografa l'una e figura chiave, pioniere, della neonata disciplina fotografica l'altro – rappresenta uno dei sodalizi più significativi della storia della fotografia del XIX secolo, basato su un profondo legame affettivo e una reciproca stima intellettuale e professionale, al punto che al primo dei suoi figli, avuto dal marito Charles Hay Cameron, dette il nome di John Herschel che ne fu anche il padrino.

Cameron occupa una posizione di rilievo nella storia della fotografia pittorialista del XIX secolo, essendo riconosciuta come una delle più importanti ritrattiste del suo tempo, e mantenne con l'amico scienziato uno scambio proficuo e costante, discutendo anche di teoria fotografica.

Julia Margaret Pattle nacque a Calcutta nel 1815, figlia di un ufficiale della British East India Company e di un'aristocratica francese. Dopo un'istruzione europea tra Parigi e Londra, sposò nel 1836 Charles Hay Cameron, stabilendosi definitivamente in Inghilterra, nel 1848. La sua carriera artistica iniziò all'età di 48 anni, nel 1863, quando ricevette in dono dalla figlia una macchina fotografica e in breve tempo ne fece un mezzo espressivo originale e innovativo per i canoni dell'epoca.

In un momento in cui la fotografia cercava l'aderenza totale al reale e la nitidezza scientifica, Cameron teorizzò e praticò l'effetto sfocato. Questa scelta era una precisa volontà poetica, intendendo riprodurre non solo ciò che l'occhio vede meccanicamente, ma anche ciò che la mente afferra e come interpreta la visione, ottenendo contorni sfumati e intensità onirica. Per questo motivo, è considerata una delle maggiori esponenti del pittorialismo, vol-

* 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.

¹ La fotografia originale di John Herschel eseguita da Cameron è quasi sempre fatta risalire al 1867, anche se in alcune dediche autografe è indicata la data dell'aprile 1869. Nella dedica sul supporto dell'esemplare dell'Osservatorio astronomico di Roma (FIG. 3) si legge la data del «2 agosto» e l'anno «69». Probabilmente, si tratta della data della dedica e non della fotografia.

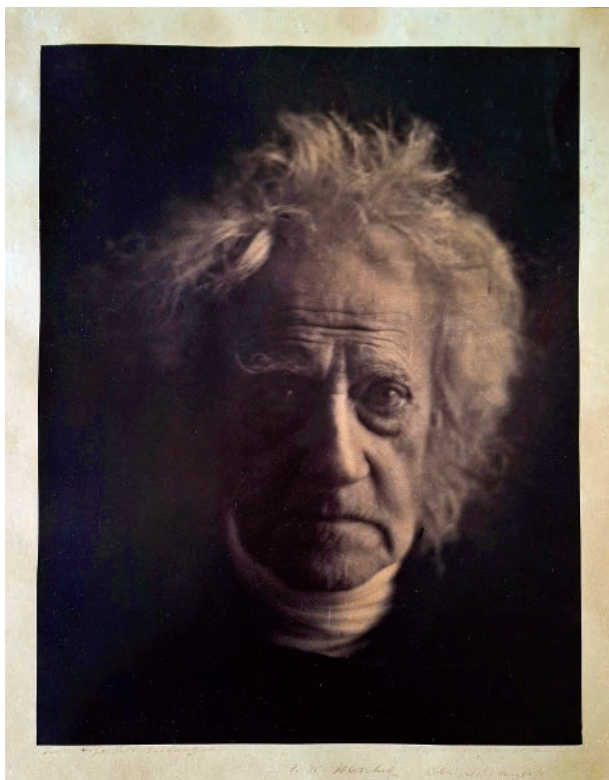


FIG. 1. IL DOCUMENTO: ritratto di John Herschel eseguito nel 1867 e con dedica successiva da Julia Margaret Cameron (cfr. nota 1). (INAF-Osservatorio Astronomico di Roma)

to a elevare la fotografia al livello della pittura e della scultura. La sua opera riflette, quindi, l'influenza della pittura preraffaellita e del chiaroscuro di matrice rembrandtiana e la sua produzione si divide principalmente in due filoni: il ritratto di personalità illustri e le composizioni allegoriche, predilette nella rappresentazione di soggetti femminili e infantili. Nei ritratti maschili, l'artista cercava di cogliere l'essenza della personalità attraverso primi piani intensi e sfondi scuri che annullavano ogni indicazione sociale. Davanti al suo obiettivo passarono i più grandi intellettuali dell'epoca, tra cui Charles Darwin, Alfred Lord Tennyson e Robert Browning. In questi ritratti, Cameron si prefissava l'obiettivo di registrare non solo la ricerca estetica dei tratti esteriori, ma anche la grandezza interiore e la profondità spirituale dei soggetti.

Prima donna ammessa alla *London Photographic Society*, l'attuale *Royal Photographic Society*, lasciò un'eredità che sarebbe stata riscoperta e valorizzata nel xx secolo, in particolare dalla pronipote Virginia Woolf, la quale curò, nel 1926, la prima pubblicazione dei suoi lavori in *Victorian Photographs of Famous Men and Fair Women* e le dedicò l'introduzione.

A sua volta, Sir John Frederick William Herschel rappresenta una figura di fondamentale importanza nella storia della fotografia. Sebbene sia spesso ricordato come astronomo e matematico, il suo contributo alla chimica fotografica ha permesso la transizione della fotografia da esperimento fugace a tecnologia duratura. Infatti, il contributo tecnico più rilevante di Herschel risale al 1819, anno in cui



FIG. 2. Ritratto di Julia Margaret Pattle Cameron, eseguito nel 1870 dal figlio Henry Herschel Hay Cameron (1852-1911). (Metropolitan Museum of Art, NY, USA)

scoprì che, nel processo di stampa fotografica, il tiosolfato di sodio era in grado di sciogliere i sali d'argento non esposti alla luce. Questa scoperta si rivelò fondamentale nel 1839, quando la condivisione di questa informazione con William Henry Fox Talbot (1800-1877) e Louis Daguerre (1787-1851) permise di fissare le prime immagini su carta salata e in dagherrotipia, rendendole permanenti ed impedendo che scurissero ulteriormente dopo il processo di annerimento. In questo modo, con il fissaggio si garantiva la stabilità dell'immagine.

Inoltre, si deve a lui l'introduzione di alcuni vocaboli che definiscono ancora oggi la fotografia: i termini fotografia, dal greco scrittura con la luce, negativo e positivo, emulsione e istantanea. Inventò anche nuovi procedimenti fotografici, come la cianotipia nel 1842, la crisotipia, l'antotipia e, ancora nel 1839, la prima fotografia su lastra di vetro, che simbolicamente raffigurava il telescopio da 40 piedi di suo padre William Herschel.

Cresciuto nell'*Observatory House* di Slough, l'astronomia non fu solo la sua professione principale, ma rappresentò anche il quadro metodologico e concettuale che permise lo sviluppo delle innovazioni fotografiche da lui pensate. Contestualmente, Herschel concepì la fotografia stessa come un mezzo di indagine scientifica: fu sotto la sua guida che Warren De La Rue (1815-1889) iniziò una documentazione quotidiana delle macchie solari per analizzarne l'evoluzione temporale e la fotografia divenne centrale nello studio della fisica solare. Da lì a poco, con l'accettazione dello strumento presso istituzioni come la *Royal Astronomical Society*, si sancì definitivamente il passaggio della fotografia da

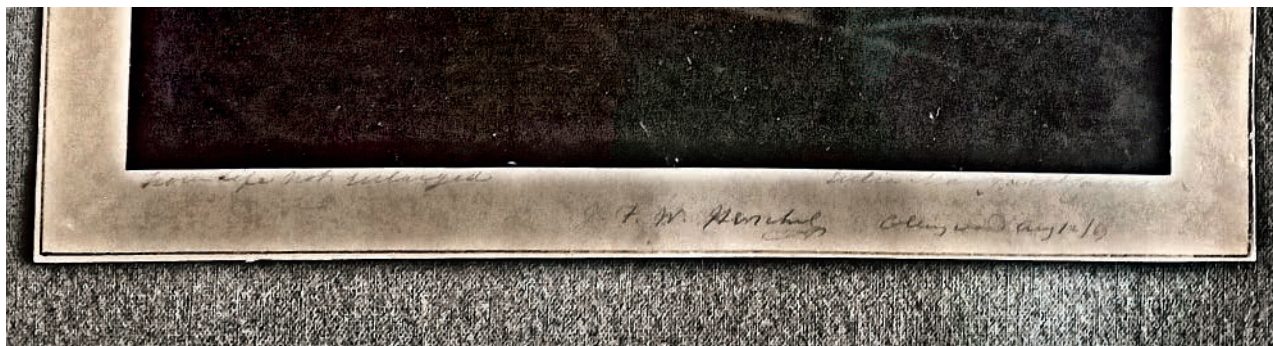


FIG. 3. Il dettaglio alla base della foto di J. M. Cameron di John Herschel evidenzia la dedica [vedi la trascrizione nel testo].

mezzo di documentazione a strumento di ricerca autonoma e di dimostrazione di fenomeni fisici intangibili.

Il rapporto tra queste eminenti figure del XIX secolo rappresenta un caso esemplare di come la loro vita privata e produzione artistica fossero collegate. Il loro legame ebbe inizio in Sudafrica nel 1836, dove Herschel si trovava per studi astronomici, e proseguì per oltre trent'anni attraverso una fitta corrispondenza e frequenti incontri in Inghilterra. Per Cameron, Herschel non era solo un amico illustre e amato, ma una figura di riferimento spirituale, descritta come un «maestro e sommo sacerdote».²

In questo noto ritratto e negli altri precedenti, l'approccio della fotografia è di distacco dai canoni della ritrattistica commerciale dell'epoca. Mentre i fotografi contemporanei utilizzavano elementi classici e pose accademiche per conferire prestigio ai soggetti, Cameron spogliò l'immagine di Herschel da ogni accessorio retorico. Nell'immagine, scattata presso la casa di Herschel a Collingwood, la fotografia portò la fotocamera molto vicina al volto del soggetto e utilizzò la tecnica dello sfumato, visibile soprattutto nella sezione di destra. Chiese persino all'amico di scompigliarsi i capelli per catturare meglio la luce, che appare come una illuminazione divina, e di indossare un abito nero, facendolo emergere dall'oscurità come una visione di un profeta dell'Antico Testamento.

La dedizione nei confronti del Maestro culminò nella raccolta di diversi ritratti dello scienziato che andarono a comporre il cosiddetto *Herschel Album* (1864-1867), una collezione di novantaquattro fotografie all'albumina da lastra al collodio rilegate con coperta lignea, di cui furono pubblicati dodici copie. Le immagini mostrano anche una dedica autografa colma di gratitudine.

L'album non conteneva solo ritratti di Herschel, ma anche studi allegorici che coinvolgevano la sua famiglia. Tra questi, si distingue una serie di biglietti di Natale del 1864 in cui i figli di Herschel venivano ritratti come personificazioni di virtù e concetti quali la Sagesse, la Devozione e la Speranza.

² J. M. CAMERON, *Annals of my Glass House* (saggio autobiografico composto nel 1874), in *Scritti*, p. 154.

Invece, la fotografia conservata nelle collezioni dell'Osservatorio Astronomico di Roma, con dedica manoscritta ad inchiostro (FIG. 3), «*From Life not enlarged//Julia Margaret Cameron/S. F. W. Herschel Collingwood Aug/2/69*», dal confronto con altre immagini, risulta essere copia di una delle fotografie utilizzate per comporre un altro album: *Mrs. Cameron's Photographs from the Life*, conosciuto come *The Normal Album*, contenente settantaquattro ritratti realizzati tra il 1864 e il 1869. Anche l'iscrizione leggibile in basso, riconduce a questa raccolta, donata nel settembre 1869 alla figlia Julia Hay e a suo genero Charles Norman, come segno di gratitudine per averle regalato la prima macchina fotografica. All'interno sono contenuti ritratti degli intellettuali e scienziati del periodo tra cui Charles Darwin, Henry Taylor, Benjamin Jowett, Alfred Tennyson, oltre a ritratti della famiglia Cameron e Norman, immagini allegoriche e scene a carattere storico.

Sul frontespizio dell'album è riportata la seguente iscrizione manoscritta:

To the givers of my Camera I dedicate & give these works of this camera, with all gratitude for the inexhaustible pleasure to me & to hundreds, which has resulted from the gift.

JULIA MARGARET CAMERON, *Freshwater Bay, Isle of Wight*, 1869 Sept 7th

Referenze bibliografiche

- S. BERGIA et al., *Dizionario biografico degli scienziati e dei tecnici*, Bologna, Zanichelli, 1999.
- G. BUTTMANN, *The Shadow of the Telescope: a Biography of John Herschel*, New York, Guilford & London, 1970.
- J. COX et al., *Julia Margaret Cameron: The Complete Photographs*, Los Angeles, The J. Paul Getty Museum, 2002.
- C. FORD, *The Cameron Collection: an Album of Photographs presented to Sir John Herschel*, Bookthrift Co, 1975.
- C. FORD, *Julia Margaret Cameron: A Critical Biography*, Los Angeles, The J. Paul Getty Museum Pubns, 2003.
- V. HAMILTON, *Annals of My Glass House: Photographs by Julia Margaret Cameron*, Washington, University of Washington Press, 1997.
- M. HARKER, *Julia Margaret Cameron*, Milano, Fabbri, 1987.
- D. G. KING-HELE, *John Herschel 1792-1871: A Bicentennial Commemoration*, London, Royal Society, 1992.

- J. LUKITSCH, *Cameron, Julia Margaret Pattle, 1815-1879. Portrait Photography*, London, Phaidon, 2001.
- M. MIRAGLIA, *Fotografi e pittori alla prova con la modernità*, Milano, Mondadori, 2012.
- L. SCARAMELLA, *Fotografia. Storia e riconoscimento dei procedimenti fotografici*, Roma, De Luca, 1999.
- L. F. SCHAAF et al., *Out of the Shadows: Herschel, Talbot, & the Invention of Photography*, London, Yale University Press, 1992.
- Scienziati e tecnologi dalle origini al 1875*, "Enciclopedia della Scienza e Tecnica", voll. I, II, III, Milano, Mondadori, 1975.
- V. WOOLF et al., *Victorian Photographs of Famous Men and Fair Women by Julia Margaret Cameron*, London, L. & V. Woolf at the Hogart Press, 1926.
- I. ZANNIER, *Pittorialismo e cento anni di fotografia pittorica in Italia*, Firenze, Fratelli Alinari, 2004.

IL DOCUMENTO (FIG. 1)

JULIA MARGARET CAMERON, *John Herschel*, eseguito nel 1867 e con dedica successiva (cfr. nota 1). Stampa all'albumina, 408 × 325 mm, INAF-Osservatorio astronomico di Roma, "Fondo iconografico", n. prog. 478.

Tiziana Macaluso svolge attività di tutela, valorizzazione, gestione e ricerca nel settore Museo, Archivio e Biblioteca antica presso INAF-Osservatorio Astronomico di Roma. È docente a contratto di conservazione e restauro presso l'Università degli studi di Roma "Tor Vergata" e conservatrice del Museo Astronomico e Copernicano.

Agnese Mandrino è responsabile della Biblioteca e dell'Archivio storico dell'Osservatorio Astronomico di Brera a Milano.

Mauro Gargano, laureato in Astronomia presso l'Università di Padova, è primo tecnologo dell'INAF e responsabile del Museo degli Strumenti Astronomici presso l'Osservatorio di Capodimonte, dove si occupa anche di studi storici sull'astronomia e di iniziative per la tutela e la valorizzazione delle collezioni dell'Ente con l'Unità Scientifica Centrale-Valorizzazione della Conoscenza dell'INAF. È segretario della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (SISFA).

Antonella Gasperini è responsabile MAB (Musei Archivi Biblioteche) della USC INAF Valorizzazione della conoscenza. È coinvolta in molte iniziative e progetti per la conservazione e la valorizzazione del patrimonio storico astronomico italiano ed è autrice di pubblicazioni di storia dell'astronomia.

Il concetto di tempo in fisica

Annibale D'Ercole

Che cos'è dunque il tempo? Se nessuno me lo domanda, lo so; se volessi spiegarlo a chi m'interroga, non lo so.

Questa frase, tratta dalle *Confessioni* di sant'Agostino (354-430), è giustamente celebre perché coglie perfettamente la nostra perplessità riguardo al tempo. Esso è infatti una nozione elusiva, ed è lecito chiedersi, dal momento che non si vede, non si tocca, non ha suono né sapore né odore, quale sia la sua natura. Nonostante questo, paradossalmente sappiamo misurarlo da molti secoli mediante fenomeni periodici a partire dalla rotazione terrestre, passando per le oscillazioni di un pendolo fino ad arrivare all'atomo di cesio 133: il secondo è definito oggi come quel lasso di tempo durante il quale tale atomo, opportunamente stimolato, emette un'onda radio che oscilla 9.192.631.770 volte. Questi orologi atomici prendono o perdono un secondo ogni 100 milioni di anni.

Misurare il tempo tramite un orologio di cui è necessario conoscere il periodo appare, dal punto di vista logico, una tautologia: misuriamo il tempo con il tempo! In realtà questo circolo vizioso si interrompe confrontando tra loro fenomeni indipendenti *assunti* periodici (quali, p.e., la rotazione terrestre, la rivoluzione terrestre, le oscillazioni di un pendolo e quelle di un cristallo di quarzo) e verificando che i relativi periodi mantengano un rapporto costante tra loro.¹ Se questo si realizza allora as-

sumiamo che esista una proprietà sottostante chiamata "tempo" che scorre in modo uniforme; se uno di questi fenomeni devia rispetto agli altri, lo scartiamo come orologio impreciso (le vibrazioni atomiche sono le più precise perché sono meno sensibili ad influenze esterne e dipendono solo dalle costanti fondamentali della fisica). Ricapitolando, oggi definiamo il secondo basandoci su una transizione atomica del cesio-133. Non misuriamo questa frequenza *con* il tempo, ma la *definiamo come* il tempo. Tuttavia – come abbiamo sottolineato precedentemente – le nostre misure non ci dicono nulla sulla sua reale natura.

La letteratura riguardante tale natura da un punto fisico, neurologico, filosofico e teologico² è sterminata. Noi qui ci limiteremo a considerare unicamente l'opinione sul tempo di Isaac Newton (1642-1727) ed Albert Einstein (1879-1955). Nei suoi *Principia* Newton definisce il tempo così:

Il tempo assoluto, vero e matematico scorre uniformemente da sé e per sua natura, senza relazione ad alcunché di esterno.

Esso scorre sempre allo stesso modo, ovunque, comunque e per qualsiasi osservatore; non è influenzato da eventi o corpi presenti nell'universo e continuerebbe ad esistere anche in loro assenza.³ Veniamo ora ad Einstein. In una lettera inviata nel 1955 ai familiari del suo amico Michele Besso in occasione della sua morte, lo scienziato scrive:

Le persone come noi, che credono nella Fisica, sanno che la distinzione fra passato, presente e futuro non è che un'illusione, per quanto tenace.

² San Tommaso D'Aquino, ad esempio, nella sua *Summa Theologiae* affronta il problema di un eventuale limite alla onnipotenza divina posto dall'impossibilità per Dio di cambiare il passato.

³ Questa entità introdotta da Newton non ha nulla di simile a come il tempo era pensato fino a quel momento. In effetti lo stesso scienziato specifica che il "suo" tempo è quello vero, mentre quello percepito è soggettivo (un'ora di lezione a scuola può risultare interminabile, mentre un'ora al Luna Park vola via) e scorre con una velocità dipendente da fattori ambientali che ne impediscono una misura esatta.

^{*} Questa rubrica – iniziata nel 1999 e che ha raggiunto quasi i 100 numeri – 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 a 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>.

¹ Di fatto, noi non confrontiamo tra loro diversi periodi temporali ma diversi conteggi: quante rotazioni terrestri ogni rivoluzione o quante oscillazioni dell'atomo di cesio ogni rotazione.

Questa frase appare indubbiamente sibillina. Cosa avrà voluto dire Einstein? Nel prosieguo di questa nota cercheremo di dare una risposta a questa domanda.

Nel XIX secolo il tempo in ogni città era misurato diversamente giacché in ognuna si considerava mezzogiorno il momento in cui il Sole è al culmine su di essa. Col diffondersi del trasporto ferroviario questo creò una grande confusione in quanto ogni treno viaggiava con l'ora della città di partenza; pertanto nelle stazioni si trovavano treni con orari diversi perché provenienti da città diverse. Si pose dunque l'esigenza di sincronizzare orologi distanti. Questa che a noi sembra una semplice necessità pratica ispirò il giovane Einstein che all'epoca lavorava come impiegato all'ufficio brevetti di Berna dove, fra l'altro, venivano proposti diversi dispositivi per sincronizzare orologi distanti tramite il telegrafo oppure mediante onde radio. Einstein si rese conto che la sincronizzazione lega in qualche modo spazio e tempo e questo porta a dover modificare il concetto comune che ne abbiamo.⁴ Non è vero che il tempo procede allo stesso modo per tutti, come aveva assunto Newton; esso in realtà scorre a diverse velocità per osservatori che si muovono l'uno rispetto all'altro e questa diversità temporale implica anche una diversa estensione spaziale in maniera che, nel caso di un raggio di luce, il rapporto tra spazio percorso e tempo trascorso dia sempre lo stesso valore di velocità $c \approx 300.000 \text{ km/s}$ per tutti gli osservatori, giacché tale velocità è una costante della natura (riprenderemo questo punto nel livello avanzato). La connessione tra spazio e tempo è dunque così stretta che queste due entità non possono considerarsi separatamente ma vanno "fuse" in un'unica struttura quadrimensionale (tre assi spaziali e uno temporale: x, y, z, t): lo *spazio-tempo*. Per noi, esseri tridimensionali, questo è impossibile da visualizzare, ma i matematici non hanno alcun problema a rappresentarlo.

Possiamo tuttavia farci un'idea – benché approssimata – dello spazio-tempo immaginando di vivere in uno spazio bidimensionale e di considerare il tempo quale terza dimensione. La FIG. 1a rappresenta la traiettoria di una pallina che procede rimbalzando nello spazio tridimensionale rispetto a noi che siamo fermi. Ovviamente, vediamo la posizione della pallina relativa all'istante in cui la osserviamo; non vediamo più le posizioni occupate in precedenza e non vediamo ancora le posizioni negli istanti che verranno. Per visualizzare il nostro spazio-tempo "giocattolo" possiamo "mantenere" lo spazio bidimensionale $z-y$ e sostituire l'asse x con l'asse t (FIG. 1b); naturalmente in questo caso la pallina risulta piatta e non sferica. La porzione di spazio-tempo così ottenuta può essere "affettata" lun-

⁴ Naturalmente non furono solo i brevetti all'ufficio di Berna ad orientare Einstein ma ben altri esperimenti, come vedremo nel livello avanzato.

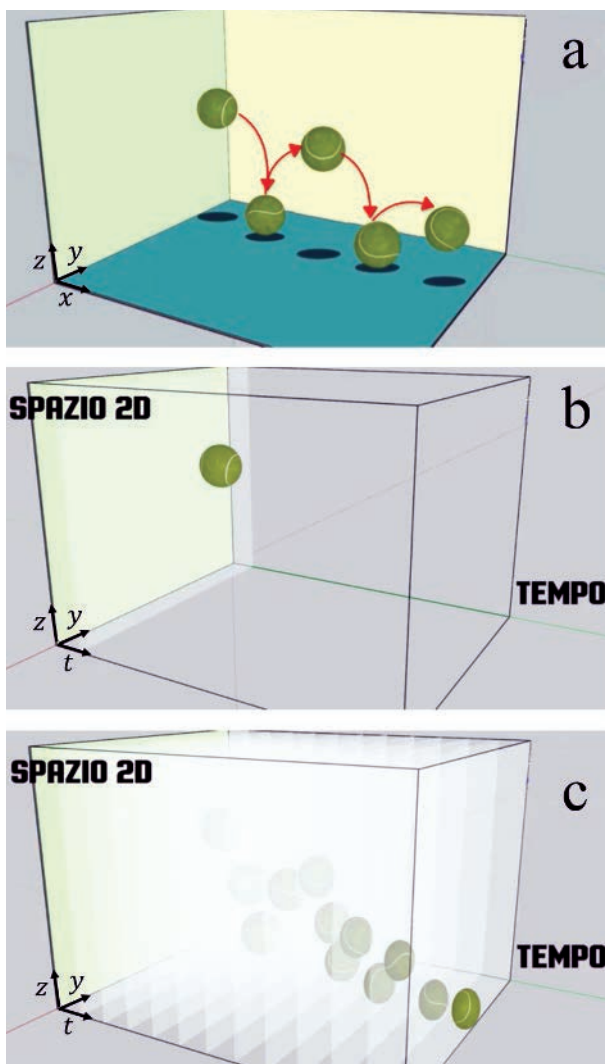


FIG. 1. a) Una singola pallina procede rimbalzando attraverso l'usuale spazio tridimensionale. Le frecce rosse indicano la traiettoria lungo la quale la pallina è stata riprodotta a tempi diversi per meglio illustrarne il movimento; b) Rappresentazione tridimensionale di una porzione di spazio-tempo ottenuta sostituendo la dimensione spaziale x con il tempo t ; c) Le infinite fette che compongono lo spazio-tempo rappresentano ciascuna lo spazio ordinario ad un determinato tempo, e ognuna contiene la pallina nella posizione occupata a quel tempo.

go l'asse temporale; ogni fetta rappresenta lo spazio ad un fissato istante e illustra la posizione della pallina a quell'istante (FIG. 1c). Noi percepiamo solo una fetta alla volta, ma, nel loro insieme, le fette danno luogo allo spazio-tempo di cui il tempo è una dimensione come le altre. Invece di concepire il tempo come un flusso continuo di un fiume, possiamo immaginarlo come una successione di istantanee; il movimento di un oggetto, dunque, deriva da una sequenza di tali istantanee, proprio come al cinema l'evoluzione di un'azione è data dalla successione dalle immagini fisse dei fotogrammi della pellicola.

È interessante, in questo quadro, considerare il concetto di *simultaneità*. Le fette in FIG. 1c sono ortogonali all'asse dei tempi, pertanto tutti gli eventi presenti su una fetta che "taglia" l'asse dei tempi a un preciso istante t accadono in quell'istante e sono

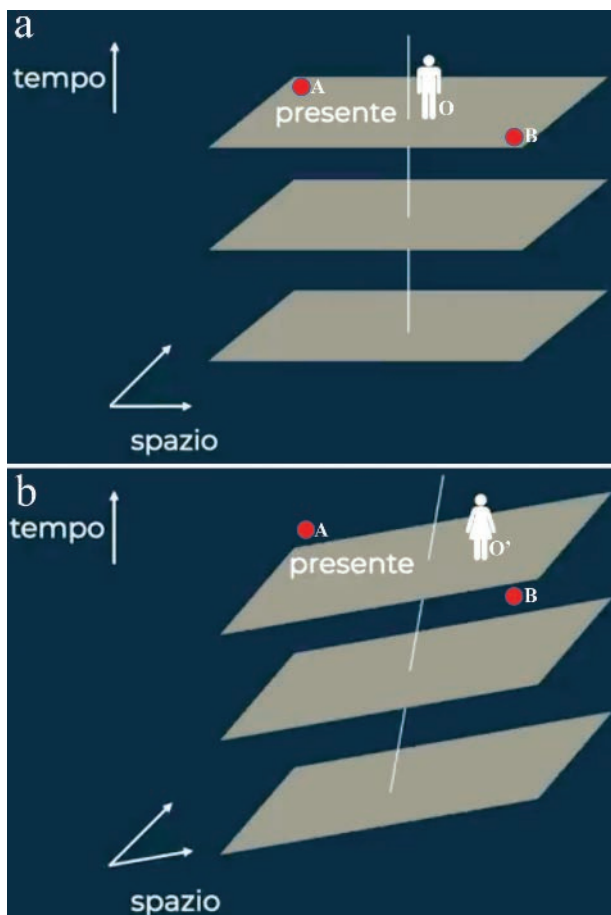


FIG. 2. Relatività della simultaneità. a) Nel proprio sistema di riferimento l'osservatore O affetta lo spazio-tempo ortogonalmente; egli è fermo nello spazio ma si muove nel tempo passando dalle fette inferiori (il passato) a quella superiore (il presente), mentre le fette nel futuro per semplicità non sono riportate. Nel suo presente si verificano due eventi A e B (dischi rossi) simultanei. b) L'osservatore O' si muove rispetto a O il quale vede le fette di simultaneità di O' inclinate; per quest'ultimo A e B non sono simultanei.

pertanto simultanei; per questo le fette vengono dette *fette di sincronia*. Questo punto è ulteriormente chiarito in FIG. 2a. L'osservatore O è fermo nel suo sistema di riferimento (p.e. la sua stanza in cui, seduto in poltrona, sta leggendo queste righe) ma, dato che non si può arrestare il tempo, egli percorre comunque una traiettoria – detta *linea d'universo* – attraverso lo spazio-tempo; dal momento che le sue coordinate spaziali non cambiano, tale linea è parallela all'asse dei tempi. Seguendo il proprio percorso, O attraversa ortogonalmente le diverse fette (che appaiono orizzontali) fino a raggiungerne una che rappresenta il suo (momentaneo) presente. Su di essa sono evidenziati A e B , due eventi (p.e. lo scoppio di due mortaretti) che ovviamente si verificano contemporaneamente dal momento che si trovano sulla stessa fetta di sincronia. Consideriamo ora un secondo osservatore O' in moto uniforme rispetto ad O . Come abbiamo sottolineato in precedenza, le lancette dell'orologio di O' si muovono con diversa velocità rispetto alle lancette di O perché il tempo dei due osservatori scorre diversamente; questo vuol dire che i due eventi A e B non possono essere

simultanei anche per O' . Se quest'ultimo si muove verso destra, dal punto di vista di O la linea d'universo di O' appare “pendere” a destra e le sue fette di simultaneità risultano inclinate⁵ (FIG. 2b). Tale inclinazione comporta che per O' A deve ancora avvenire mentre B è già nel suo passato. Se O' si fosse mosso verso sinistra le inclinazioni della sua linea di universo e delle sue fette sarebbero apparse speculari rispetto a quelle in FIG. 2b, e la sequenza temporale di A e B sarebbe risultata invertita.

Abbiamo così illustrato come due eventi simultanei per un osservatore non lo sono per un altro. Questo è un punto centrale nella teoria della Relatività e ad esso dedichiamo il livello avanzato. Qui descriviamo alcune conseguenze importanti della relatività della simultaneità. Una volta stabilito che il nostro “adesso” è ciò che un altro osservatore considera passato oppure futuro (FIG. 2), possiamo dire che il passato e il futuro sono reali, esistono tutti. Esistono altri istanti abitati da noi più vecchi o più giovani o da Giulio Cesare che attraversa il Rubicone o dal primo sbarco su Marte. Ciascuno di questi eventi è associato all’“adesso” di un osservatore che si muove opportunamente rispetto a noi, ossia giace sulla sua stessa fetta di simultaneità.

Se potessimo osservare lo spazio-tempo “dall'esterno”, vedremmo quindi tutti gli eventi che sono accaduti o che devono accadere, proprio come succede con la pellicola di un film (o le pagine di un libro). Ma se ogni istante già esiste, può darsi che ci stiamo sbagliando e che il fiume del tempo sia congelato ed ogni istante è bloccato in un punto. Lo spazio-tempo è fermo perché esiste già nella sua totalità; il tempo non scorre e la distinzione tra passato, presente e futuro potrebbe essere solo un'illusione.

Come spiegare, allora, la nostra sensazione opposta di un tempo che scorre sempre in avanti? Immaginiamo una scatola il cui interno è diviso in due da una parete immaginaria. Se vi sono solo due molecole che si muovono erraticamente, ci aspettiamo che ognuna occupi statisticamente una metà della scatola, ma non ci stupiamo se in qualche istante sono entrambe dalla stessa parte. Con quattro molecole risulta più difficile trovarle, sia pure sporadicamente, in un'unica metà del volume. In presenza di miliardi di miliardi di molecole la probabilità che si collochino tutte da un lato è talmente bassa da poter escludere di fatto una simile eventualità; al contrario, è estremamente probabile che le due metà della scatola contengano essenzialmente lo stesso numero di molecole. Questo comportamento non è dovuto ad una specifica legge fisica ma deriva unicamente dalla statistica: le probabilità che le molecole occupino solo una piccola porzione del volume a disposizione sono molto minori di quelle relative alla piena occupazione della scatola, e questa differenza cresce enormemente con il numero di particelle (un

⁵ La ragione di questa inclinazione – che è tanto maggiore quanto più è alta la velocità di O' – segue dalla teoria della Relatività ed è troppo complessa per poterne discutere in questa sede.

centimetro cubo d'aria contiene $2,5 \times 10^{19}$ molecole). Risulta pertanto naturale che se apriamo una boccetta di profumo esso evolva da uno stato "ordinato", con le molecole riposte nella boccetta, ad uno stato più "disordinato" con le molecole sparpagliate in tutta la stanza. I fisici hanno ideato una funzione, detta *entropia*, la quale è una misura del disordine, ed hanno stabilito il *secondo principio della termodinamica*, secondo cui *un sistema fisico isolato evolve in un'unica direzione temporale*, quella lungo la quale l'entropia aumenta⁶ (a questo argomento, qui descritto in maniera estremamente succinta, abbiamo dedicato il n. 2 del 2025). Questo fenomeno viene detto *freccia del tempo* e dà la direzione dello scorrere del tempo che percepiamo.

Vediamo ora di riassumere quanto fin qui esposto. Il concetto di tempo di Newton rappresenta bene il *presentismo*, secondo cui solo il momento presente è reale mentre il passato non c'è più e il futuro non c'è ancora. Il presentismo è stato messo in crisi dalla Relatività che nega l'esistenza di un tempo universale condiviso, ed è stato sostituito dall'*eternalismo* che considera passato presente e futuro ugualmente reali, ed è proprio l'eternalismo la chiave per comprendere la (apparentemente) criptica frase di Einstein citata precedentemente: anche se Michele Besso è morto relativamente al nostro "adesso", per gli abitanti di una qualche galassia che si muove ad alta velocità rispetto a noi egli è ancora vivo nel loro "adesso", o forse deve addirittura ancora nascere.

L'eternalismo si presta a molte altre riflessioni, alcune delle quali riportiamo qui assai succintamente. Se nello spazio-tempo gli eventi sono già tutti presenti è possibile visitarli mediante viaggi nel tempo? I viaggi nel passato sembrerebbero esclusi per almeno due motivi: in primo luogo non siamo mai stati visitati da turisti provenienti dal futuro, ed in secondo luogo tali viaggi conducono ad inconsistenze logiche come quella illustrata dal *paradosso del nonno*; i viaggi nel futuro sono invece possibili, come mostra il cosiddetto *paradosso dei gemelli* (entrambi questi paradossi sono discussi nel livello avanzato). Un'ulteriore questione riguarda il *libero arbitrio*; se il futuro esiste già in modo definitivo si può parlare di libero arbitrio? Sembrerebbe di no, tuttavia la risposta non è così semplice e i filosofi ne dibattono. C'è poi un aspetto importante fin qui trascurato, ossia la meccanica quantistica. Quest'ultima, contrariamente alla fisica newtoniana ed einsteiniana, è una teoria probabilistica: non ci dice quando un atomo di uranio decadrà in piombo ma solo la probabilità che questo accadrà ad un determinato istante. Conciliare il determinismo dell'eternalismo – dove tutto "è già successo" – con

⁶ Anche il cervello, naturalmente, è un sistema fisico. In alcune ipotesi scientifiche recenti è stato proposto che la nostra sensazione del tempo che scorre potrebbe essere il riflesso soggettivo dell'entropia che aumenta all'interno dei nostri circuiti neurali man mano che il cervello percepisce eventi ed accumula ricordi: il tempo sarebbe un "trucco" del cervello per riordinare le esperienze.

l'aleatorietà quantistica del futuro è una delle maggiori sfide della fisica moderna.

Nella speranza di aver chiarito le idee al lettore invece di confonderle, terminiamo in leggerezza questa esposizione citando il premio Nobel per la Fisica Niels Bohr (1885-1962):

Le previsioni sono molto difficili da fare, soprattutto se riguardano il futuro.

Non è possibile, in questa sede, ripercorrere la storia e le tecniche adoperate nel corso dei secoli per misurare la velocità della luce e le sue proprietà. Qui ci limitiamo a ricordare in maniera assai succinta alcuni fatti sulla base dei quali Einstein edificò la sua teoria della Relatività ristretta.

A lungo si è creduto che la luce avesse velocità⁷ c infinita fin quando nel 1676 l'astronomo danese Ole Rømer (1644-1710) dimostrò il contrario studiando il moto del satellite Io attorno a Giove.⁸ Successivamente, la prima misura accurata di c fu ottenuta nel 1849 dal fisico francese Hippolyte Fizeau (1819-1896) che misurò un valore di 313.000 km/s, con un errore minore del 5% rispetto al valore oggi accettato di 299.792,458 km/s (all'esperimento di Fizeau è stato dedicato il n. 1 del 2015). In conclusione, la velocità della luce è assai elevata, ma finita.

Nel 1887 i fisici americani Albert Michelson e Eduard Morley eseguirono un famoso esperimento (per il quale Michelson fu insignito del premio Nobel nel 1907, primo statunitense a ricevere una simile onorificenza in campo scientifico). Questo esperimento dimostrò che la velocità della luce appare costante in tutte le direzioni, indipendentemente dal moto della Terra.⁹ Einstein elevò la costanza della velocità della luce (indipendente dal moto della sorgente e dell'osservatore) da fatto sperimentale strano a postulato basilare (uno dei due pilastri della teoria della Relatività ristretta, insieme al principio di relatività) e a costante fondamentale della Natura. Per comprendere le straordinarie conseguenze di questo postulato consideriamo le FIGG. 3 e 4. Con riferimento alla FIG. 3, classicamente ci aspettiamo che la palla lanciata da un viaggiatore sul treno abbia, per un osservatore fermo accanto ai binari, una velocità pari alla velocità rispetto al treno più la velocità del treno stesso. Ma come abbiamo appena detto, questo non vale per la luce, la cui velocità non cambia.

⁷ La velocità della luce viene indicata con la lettera c dall'iniziale della parola latina *celeritas*.

⁸ Si vedano su questa rivista la traduzione dal francese della presentazione del lavoro di Rømer all'Académie des Sciences: *Dimostrazione intorno al movimento della luce trovato da Mr. Rømer de l'Académie Royale des Sciences*, «Giornale di Astronomia», 40, 4, 2014, p. 26; e il relativo commento: F. BÒNOLI, *Rømer e la prima misura della velocità della luce: fu vera gloria?*, 40, 4, 2014, p. 28.

⁹ Non possiamo qui approfondire l'aspetto tecnico dell'esperimento né i motivi storici e scientifici che portarono alla sua realizzazione. Riportiamo unicamente il suo sorprendente risultato.

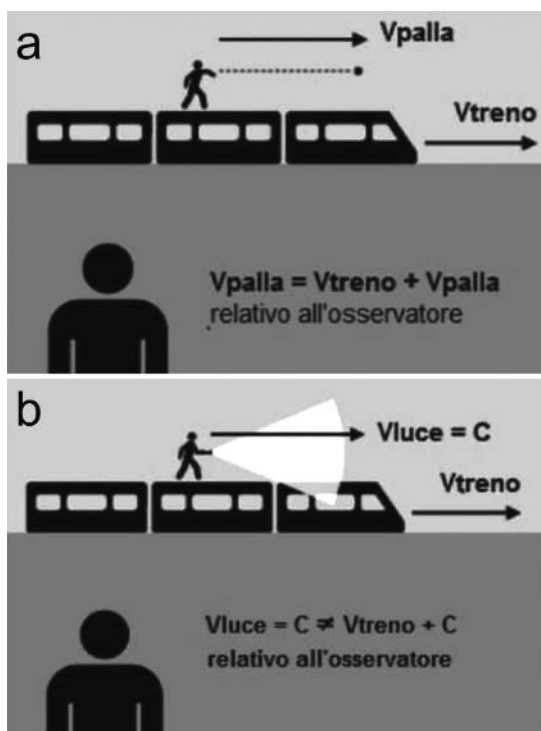


FIG. 3. Costanza della velocità della luce. a) Un treno viaggia a velocità v_t rispetto ad un osservatore fermo a terra, ed un viaggiatore lancia in avanti una palla con velocità v_p rispetto al treno. Secondo le regole della fisica classica la velocità della palla rispetto all'osservatore esterno è $v'_p = v_t + v_p$; b) Se però il viaggiatore invia un raggio luminoso in direzione del moto del treno, la velocità della luce rimane c sia rispetto al treno che rispetto all'osservatore esterno: $c' = c$.

Consideriamo ora "l'orologio di luce" illustrato in FIG. 4; per l'osservatore nel vagone la luce compie un percorso breve (linea retta verticale), ma per l'osservatore esterno la luce deve fare un percorso diagonale per seguire lo specchio che si sposta. Quest'ultimo percorso è più lungo, e anche l'intervallo di tempo deve allungarsi affinché c si mantenga costante. Dunque spazio e tempo non sono assoluti e separati, ma si adattano reciprocamente a seconda della velocità dei diversi osservatori (questo argomento è stato approfondito nel n. 2 del 2024).

Un'ulteriore peculiarità della luce consiste nel fatto che la sua velocità è la massima possibile nell'universo. Un esempio della necessità di questo limite è dato dalla FIG. 5. Immaginiamo uno strumento (rettangolo blu) che, una volta azionato, accenda una lampadina A ad esso collegata e contemporaneamente emetta un segnale (la cui natura qui non interessa) che abbia una velocità di propagazione $v_s < c$. Nel momento in cui questo segnale giunge ad uno strumento analogo collegato alla lampadina B quest'ultima si accende. Quando questo accade la luce emessa dalla lampadina A ha già superato la lampadina in B il cui raggio luminoso rimane indietro rispetto a quello partito da A. Dunque un osservatore posto davanti a B viene raggiunto prima dalla luce emessa da A e poi da quella

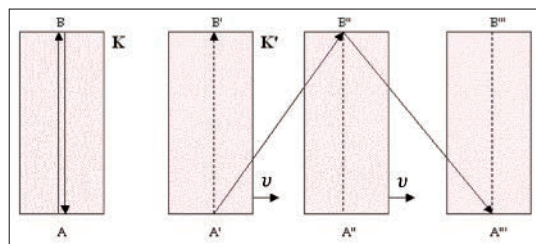


FIG. 4. Un osservatore K all'interno di un vagone pone sul pavimento un laser che invia un raggio luminoso verticalmente fino ad uno specchio posto sul soffitto. Una volta riflesso, il raggio torna al punto di partenza dopo un certo tempo t_K . Per un osservatore K' fermo al bordo dei binari il vagone si muove con velocità v e il raggio di luce segue una traiettoria diagonale che termina dopo un tempo $t_{K'} > t_K$.

emessa da B. In altre parole, per lui A si accende prima di B, e questo è in accordo con il principio di causalità in quanto l'accensione di A ha come effetto quella di B e quindi la deve precedere. Se invece fosse $v_s > c$, quando B si accende deve ancora essere raggiunta dalla luce di A e l'osservatore vede B accendersi prima di A, ossia vede l'effetto anticipare la causa. Ma questo non è possibile e c risulta pertanto essere un limite invalicabile per le velocità.¹⁰

Ricapitolando, la luce ha una velocità finita il cui valore è il massimo possibile in Natura, ed è sempre lo stesso rispetto a qualunque osservatore, indipendentemente dalla velocità di quest'ultimo. Queste caratteristiche hanno avuto pesanti ricadute sul concetto di tempo (e di spazio) e noi cercheremo ora di illustrarle approfondendo il concetto di simultaneità.

Immaginiamo di osservare il cielo notturno e di vedere comparire contemporaneamente due supernovae che battezziamo A e B. Possiamo dire che le due esplosioni sono effettivamente avvenute allo stesso istante? Molto probabilmente no. Supponiamo che A sia più distante di B; per raggiungerci la sua luce ha impiegato un tempo t_A maggiore del tempo t_B . Pertanto A è esplosa prima di B, colmando così lo svantaggio della maggior distanza, e la sua luce è giunta a noi (casualmente) nello stesso istante in cui ci ha raggiunto la luce di B. Questo esempio ci mostra che il concetto di simultaneità deve essere definito in maniera rigorosa per stabilire se due eventi sono realmente contemporanei. La definizione data da Einstein nel suo articolo del 1905 sulla Relatività è la seguente: due eventi E_1 e E_2 che avvengono in punti P_1 e P_2 sono simultanei se i segnali luminosi da essi prodotti giungono in uno stesso istante in un punto M equidistante da P_1 e P_2 . Lo

¹⁰ La "protezione della causalità" non è l'unico motivo che giustifica c come limite della velocità nell'universo. Einstein ha mostrato che per accelerare un oggetto dotato di massa fino a fargli raggiungere la velocità della luce è necessario fornire un'energia infinita, una condizione chiaramente non fisica. Solo la luce, priva di massa, può andare alla velocità della luce!

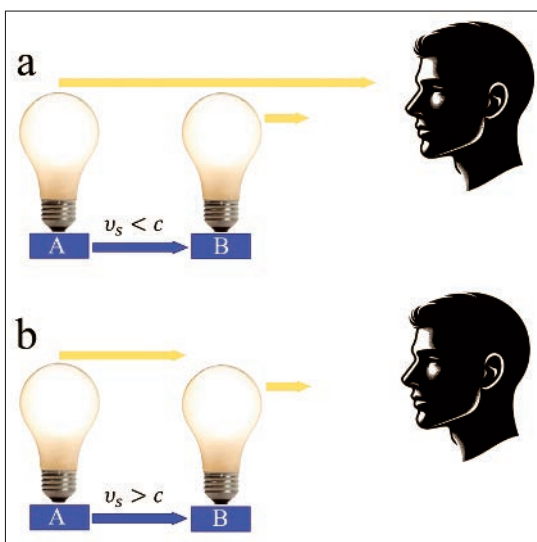


FIG. 5. Velocità della luce come la massima possibile. Una lampadina A è collegata ad un dispositivo (rettangolo blu) che, una volta azionato, la accende e contemporaneamente emette un segnale propagantesi con velocità v_s (freccia blu) il quale, raggiunto un analogo dispositivo, accende la lampadina B. Le frecce gialle rappresentano i raggi luminosi di A e B nel momento in cui B si accende nel caso $v_s < c$ (a) oppure $v_s > c$ (b).

stesso Einstein utilizza questa definizione nel suo celebre esempio o “esperimento mentale” (Gedankenexperiment in tedesco) dei due treni per di dimostrare che la simultaneità è un concetto relativo.

Consideriamo due treni di pari lunghezza che si muovono con velocità opposte (FIG. 6) e tre diversi osservatori. Luca e Andrea si trovano ciascuno al centro di uno dei treni, mentre Marco è fermo a terra accanto ai binari. Marco osserva il primo treno (con all'interno Andrea) muoversi verso destra. Quando Marco e Andrea si trovano allineati due fulmini colpiscono la punta e la coda del treno. Chiamiamo A e B questi due eventi. In base alla definizione di Einstein, per Marco i due eventi sono simultanei perché i loro raggi luminosi gli pervengono contemporaneamente in quanto compiono percorsi di stessa lunghezza. Sappiamo inoltre che la velocità della luce non si somma a quella del treno e pertanto vale c sia per Marco che per Andrea (e per chiunque altro). Per Marco, quindi, la luce dell'evento B raggiunge Andrea prima di quella dell'evento A in quanto Andrea va incontro a B mentre invece si allontana da A. Marco conclude che per Andrea i due eventi non sono simultanei. Vediamo ora il punto di vista di Andrea. Egli ha come sistema di riferimento il proprio treno rispetto al quale è fermo (così come siamo fermi rispetto all'automobile su cui viaggiamo) e si trova a metà strada tra A e B; tuttavia, per quanto detto prima, non vede i due eventi simultaneamente e giunge alla naturale conclusione che l'evento B si verifica realmente prima dell'evento A. Nel caso di Luca,

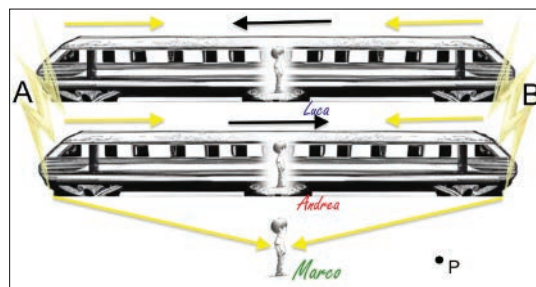


FIG. 6. La figura mostra due treni di pari lunghezza che si muovono con velocità opposte (freccie nere) e tre diversi osservatori. Luca e Andrea si trovano ciascuno al centro di uno dei treni, mentre Marco è fermo a terra accanto ai binari. Marco, Andrea e Luca si trovano allineati nell'istante in cui due fulmini, A e B, colpiscono la punta e la coda del treno. Le frecce gialle rappresentano i raggi luminosi che giungono ai tre osservatori partendo da A e B. Un quarto osservatore – Paolo (non rappresentato in figura) – si trova a terra nel punto P ed è fermo rispetto a Marco.

che viaggia in direzione opposta a quella di Andrea, il ragionamento va ribaltato; pertanto per Luca A si verifica realmente prima di B.

A completamento di questa discussione sulla simultaneità diamo ancora un paio di dettagli su cui è doveroso soffermarsi. Il primo riguarda un'eventuale osservatore Paolo posto anch'egli vicino ai binari in un punto P e fermo rispetto a Marco (in altre parole, Marco e Paolo sono nello stesso sistema di riferimento). Come si vede in FIG. 6, Paolo è più vicino a B che ad A e quindi il bagliore di quest'ultimo evento gli giunge dopo quello dell'altro. Supponendo che i fulmini abbiano lasciato due segni di bruciatura sui binari, una volta che il treno è passato Paolo può misurare con calma la sua distanza da A e B. Applicando una compensazione per le distanze – sottraendo cioè dal tempo di ricezione il ritardo dovuto alla propagazione della luce (il calcolo è banale e lo lasciamo al lettore volenteroso) Paolo constata che i tempi in cui si sono verificati A e B sono in realtà gli stessi (non potrebbe essere altrimenti dal momento che Marco e Paolo condividono lo stesso sistema di riferimento e pertanto i loro orologi corrono alla stessa velocità). Per Andrea e Luca, invece, l'asincronia nella ricezione dei lampi corrisponde ad una reale (repetita iuvant) asincronia nel verificarsi di A e B perché Andrea e Luca sono in sistemi di riferimento diversi in moto relativo tra loro e rispetto a Marco e Paolo. Il secondo, importantissimo dettaglio che va chiarito è il seguente: se la successione di due eventi può apparire invertita a seconda dell'osservatore, potrebbe capitare che per qualcuno l'effetto si verifichi prima della causa? Einstein ha dimostrato che questo non è possibile. Se due eventi – A e B – sono abbastanza vicini nello spazio o lontani nel tempo affinché un segnale (che viaggia al massimo alla velocità della luce) possa andare dal primo al secondo, allora, p.e., A può causare B e lo precede temporalmente;

in questo caso l'ordine temporale è assoluto nel senso che per qualunque altro osservatore nell'universo A avverrà sempre prima di B.¹¹

Se invece A e B sono così distanti tra loro che nemmeno la luce riuscirebbe a coprire la distanza nel tempo che li separa, allora nessuno dei due può essere la causa dell'altro; in questo caso l'ordine temporale è relativo in quanto per alcuni osservatori A precede B, e per altri accade il contrario.

In conclusione, non esiste un tempo unico che scorre alla stessa velocità per chiunque di noi, come abbiamo creduto per millenni fino ad Einstein. Il motivo di questo errore risiede nel fatto che nella nostra quotidianità abbiamo a che fare con velocità molto inferiori a quella della luce (la velocità di un aereo di linea è dell'ordine di $\leq 10^{-6}c$) e pertanto quest'ultima può esser considerata infinita. In queste condizioni il tempo effettivamente appare unico: i quattro osservatori dell'esempio dei treni saranno tutti concordi nell'affermare che i due fulmini cadono contemporaneamente e nell'istante stesso in cui

¹¹ Se fosse possibile per un osservatore vedere l'effetto prima della causa nascerebbero paradossi causali tipo il "paradosso del nonno": si potrebbe teoricamente viaggiare nel passato e impedire la propria nascita (uccidendo il nonno in culla!).

appare il loro bagliore (come il lettore volenteroso può verificare da sé). Pertanto, se un romano prende un treno per Milano alle 15:00, una volta arrivato a destinazione dopo tre ore di viaggio verificherà che il suo orologio segna la stessa ora (ossia le 18:00) degli orologi al polso dei milanesi – nonostante sia stato in movimento rispetto a loro – perché la velocità del suo treno è trascurabile rispetto a quella della luce. Al contrario, se lo stesso romano parte per una crociera nel Sistema solare e dintorni tramite un'astronave che viaggia a velocità dell'ordine di quella della luce, quando tornerà sarà più giovane del fratello gemello rimasto sulla Terra. È questo il famoso "paradosso dei gemelli" la cui veridicità è stata verificata sperimentalmente.¹²

¹² Nel 1971 due scienziati americani, Hafele e Keating, fecero volare due aerei attorno alla Terra, uno in direzione est e uno in direzione ovest. I due aerei erano dotati di orologi atomici al Cesio inizialmente sincronizzati tra loro e con un terzo orologio rimasto a terra. L'aereo diretto verso est somma la sua velocità a quella di rotazione della Terra, dunque viaggia più velocemente di quello diretto a ovest, e quindi deve segnare un tempo inferiore di qualche centinaio di nanosecondi. L'esperimento confermò l'entità della dilatazione del tempo (sugli aerei) prevista dalla Relatività ristretta (che abbiamo trattato nel n. 2 del 2024) e il conseguente paradosso dei gemelli.

Annibale D'Ercole si è laureato in Fisica all'Università di Roma "La Sapienza". Astronomo associato presso l'INAF · Osservatorio di astrofisica e scienza dello spazio di Bologna (OAS), si occupa di simulazioni numeriche di idrodinamica, applicate alle nebulose e al gas interstellare delle galassie. È autore di numerosi articoli divulgativi pubblicati presso questa e altre riviste.

Trent'anni su Marte. Contro-narrazioni dell'invasione aliena (1880-1911)

Alessandra Calanchi

Mimesis (Fantascienza e società), 2023

Copertina flessibile, pp. 200, € 18,00

ISBN 9791222305363

www.mimesisedizioni.it

COLGO l'occasione del tema "marziano" trattato nella recensione qui sotto del libro di Silvia Kuna Ballero per segnalare in ritardo questo libro di Alessandra Calanchi, focalizzato su un periodo di tempo ben preciso, fra il 1880 e il 1911, un periodo che ha visto la pubblicazione di romanzi utopici dove Marte offre l'esempio di una società alternativa ed è un luogo di discussione e di confronto, non causa di scontro e conflitto.

L'introduzione costituisce un vero e proprio "capitolo zero", lungo una cinquantina di pagine, dove l'autrice definisce il contesto, includendo una breve storia delle osservazioni di Marte e del ruolo di Schiaparelli e Lowell (sottolineando la responsabilità di cartografi e astronomi nella nascita del mito di Marte), cita gli studi realizzati sulla narrativa utopica e marziana, e in questo filone individua e presenta un gruppo di opere che si contraddistinguono per il loro particolare approccio al tema marziano, opere che vengono poi analizzate da diversi punti di vista nei capitoli successivi. Scritte nel corso di un intervallo di tempo che Calanchi individua fra il 1880, data della pubblicazione del primo romanzo marziano, *Mars Revealed*, e il 1911, che precede la pubblicazione del romanzo *La Principessa di Marte* di Edgar Burroughs, in esse non si immagina alcuna invasione, né vengono contemplate la terraformazione e la colonizzazione di Marte, progetti tornati in auge negli ultimi anni in quanto fortemente sostenuti da Elon Musk; al contrario, hanno «Marte come *location* – o arena – su cui far convergere tutto ciò che il genere umano rischia di perdere o non ha ancora ottenuto» e «raccontano una storia diversa, fatta di incontri pacifici, di conversazioni su temi quali la parità e l'equità, di viaggi della salute e della conoscenza». Calanchi spiega fra l'altro come, insieme a Simonetta Badioli, traduttrice letteraria, ha intrapreso «un progetto di divulgazione di queste opere tramite i convegni annuali della *Mars Society*», che lei stessa definisce «una battaglia contro i mulini a vento»; immagino in effetti quale possa essere la reazione dei partecipanti a quei convegni che seguono con entusiasmo le sezioni dedicate alla colonizzazione e al *terraforming*, di fronte alla riflessione critica che ci viene da queste opere di più di un secolo fa.

I capitoli successivi sono dedicati a tematiche distinte. Il primo tratta di come le varie opere affrontano il viaggio, ovvero i diversi modi, che vanno dalla telepatia al teletrasporto ai viaggi psichici, nei quali i protagonisti giungono sul pianeta rosso. Il viaggio è di andata e ritorno, e include anche gli spostamenti sul pianeta, e naturalmente si tratta di viaggi di esplorazione o conoscenza, non di migrazione o di conquista.

Il secondo capitolo si focalizza sulle varie descrizioni dei paesaggi marziani; sono anche riprodotte alcune illustrazioni di flora marziana, realizzate da Sara Weiss, sedicente medium, e da lei inserite nella sua opera *Journeys to the planet Mars* del 1903.

Il terzo capitolo è dall'autrice definito come «il capitolo centrale del volume perché di fatto la tematica cruciale è proprio l'Alterità». In esso viene tracciata la storia del dibattito sull'esistenza di altri mondi e civiltà extraterrestri e si passano poi in rassegna le varie tipologie di marziani, tutti comunque con «una fisicità sostanzialmente antropomorfa e un intelletto particolarmente sviluppato e pronto al cambiamento, alla sperimentazione, all'innovazione». Vi è anche spazio per alcune rivelazioni curiose, come il primo disco volante (*etheral disc*) della letteratura americana in un romanzo pubblicato nel 1887, o la leggenda di George Washington rappresentato in un quadro con un'«astronave» e contattato dagli alieni.

Il quarto capitolo è dedicato alla scienza e tecnologia; in questi romanzi si trova di tutto, e spesso scienza e pseudoscienze si mescolano e si accompagnano a spiritualismo, telepatia, reincarnazione, teosofia, spiritismo. Spicca in chiusura del capitolo il romanzo *Ralph 124C 41+*. *A Romance of the Year 2660* di Hugo Gernsback, mitico fondatore della rivista *Amazing Stories* e tra i fondatori della fantascienza moderna: è il più recente del canone definito da Calanchi, ed è ricco di invenzioni tecnologiche: rappresenta però un'utopia realizzata solo nella sua parte scientifica ma non in quella sociale.

L'ultimo capitolo riguarda proprio l'organizzazione sociale, con opere che criticano il sistema capitalista e le disuguaglianze di genere e di classe, come *The Man from Mars* di William Simpson (1891), *A Cityless and Countryless World* di Henry Olerich (1893), che ritrae una società marziana ispirata a una chiara ideologia socialista, o *Unveiling a Parallel: A Romance by Two Women of the West* di Alice Ilgenfritz Jones e Ella Merchant, pubblicato nel 1893.

Nelle conclusioni l'autrice esprime il suo punto di vista non solo su questo genere di narrativa da lei isolato e identificato, ma anche sulle diverse utopie

che si contrappongono oggi nei confronti di Marte: vi è quella della «colonizzazione extraplanetaria», che vede Marte come una nuova Terra e gli asteroidi come risorse da sfruttare, e che, guidata dal profitto e dal capitale, appare molto pericolosa e destinata a riproporre le ingiustizie sociali del passato. Ad essa si contrappone l'utopia ambientalista, che mira a un futuro di sostenibilità ed economia dell'equità e che questi romanzi del passato tendono a rappresentare.

In fondo al libro troviamo, oltre alla bibliografia, un'utile scheda con l'elenco dei romanzi "marziani" citati e una sintetica cronologia con i principali eventi storici del periodo in questione negli Stati Uniti, la lista dei Presidenti, delle invenzioni e delle principali opere letterarie, che possono aiutare il lettore ad avere dei punti di riferimento per mettere in prospettiva questa narrativa. La lettura è piacevole e ricca di spunti ed elementi di riflessione, e potrà interessare molti diversi tipi di lettrici e lettori, in quanto nel segno di Marte si intrecciano fantascienza, scienza, religione, società, passato, presente e futuro, realtà e utopia.

ALBERTO CAPPI

Alessandra Calanchi è docente di Letteratura e Cultura angloamericana all'Università degli Studi di Urbino Carlo Bo. È autrice di numerosi saggi tra cui *Marziani a stelle e strisce* (2019), *La Terra vista da Marte* (2019). Ha un canale youtube dedicato ai suoi progetti marziani (www.youtube.com/@donnechevengonodamarte).

★

Luna. Dal sogno all'esplorazione

Carolyn S. Crawford et al.

Apogeo, 2025

Copertina rigida, pp. 256, € 35,00

ISBN 9788850339372

www.apogeonline.com

LUNA. Dal sogno all'esplorazione è la traduzione in italiano del libro *The Moon: From Imagination to Exploration*, pubblicato nel Regno Unito dalla casa editrice Dorling Kindersley e curato da un gruppo di esperti in astronomia e storia dell'astronomia. La DK è nota per i suoi libri rivolti al grande pubblico, molto curati dal punto di vista grafico e riccamente illustrati, che si possono considerare strenne di ottima qualità. Così è anche per questo volume di oltre 250 pagine dedicato alla Luna.

Il libro è diviso in otto sezioni tematiche, contenenti ognuna diverse 'pillole' di 2-4 pagine: sono brevi capitoli che possono essere letti a campione, o servire come riferimento di tipo enciclopedico, grazie anche all'ausilio dell'indice analitico. I temi trattati nelle sezioni forniscono una panoramica completa sulla Luna dal punto di vista scientifico e culturale, coprendo argomenti quali la teoria sulla sua formazione, le sue caratteristiche fisiche e geologiche, la sua influenza sulla Terra, il suo ruolo importantissimo nella storia, nelle varie culture del

mondo e nell'arte, le missioni spaziali (con e senza equipaggio) che l'hanno esplorata, e i risultati scientifici delle stesse. Non manca uno sguardo al futuro, con la descrizione delle nuove missioni Artemis e Lunar Gateway (inevitabilmente un po' datata, trattandosi di progetti ancora in evoluzione), delle possibili future basi lunari, e degli sviluppi scientifici e tecnologici che ci aspettiamo dal ritorno alla Luna.

Tutto il contenuto del libro è scientificamente accurato e valido per arricchire la propria conoscenza del nostro satellite naturale. Non è il compito di questo tipo di pubblicazione trattare in profondità tutti gli argomenti. È però un prodotto divulgativo completo e di alta qualità da cui si può imparare molto, ed è adatto anche a lettrici e lettori giovani, sia per la chiarezza dei testi, sia per l'ausilio di fotografie e grafici che arricchiscono ogni pagina e che fanno parte integrante del contenuto. È quindi un buon punto di partenza per chi volesse migliorare la propria conoscenza generale della Luna, e magari scegliere quali aspetti successivamente approfondire con altre pubblicazioni più specializzate.

GIOVANNA M. STIRPE

Carolyn S. Crawford (consulente principale) è una divulgatrice britannica. Ha conseguito il dottorato in astrofisica presso l'*Institute of Astronomy* di Cambridge, dove poi per diversi anni ha ricoperto l'incarico di Public Astronomer, ed è stata professoressa di astronomia al Gresham College dal 2011 al 2015.

Philip Eales dirige un'azienda di grafica computerizzata specializzata nella visualizzazione di dati astronomici e geografici.

Carolyn Kennett è astronoma e autrice, presidente della *Society for the History of Astronomy* e membro della *Royal Astronomical Society*.

Hilary Lamb è un'autrice scientifica; ha collaborato a oltre una dozzina di libri DK ed è redattrice di saggistica della rivista letteraria *Tamarind*.

Giles Sparrow è autore, giornalista e consulente specializzato in scienza e astronomia, e membro della *Royal Astronomical Society*. Ha collaborato a numerosi volumi pubblicati da DK.

Andrew Szudek è scrittore e redattore e ha studiato filosofia all'Università di Cambridge. Ha lavorato a numerosi volumi di saggistica.

★

Ai confini dell'universo

Dalle sfere celesti all'esplorazione spaziale

Paolo Ferri

Editori Laterza (I Robinson), 2025

Copertina flessibile, pp. 248, € 19,00

ISBN 9788858158951

www.laterza.it

CI sono molti modi per raccontare la storia dell'astronomia, ma farlo attraverso gli occhi di chi, per decenni, ha guidato le macchine umane nel cosmo profondo offre una prospettiva sicuramente

interessante. Paolo Ferri, fisico e per tutta la sua carriera membro del centro di controllo dell'ESA (l'Agenzia Spaziale Europea), torna in libreria con *Ai confini dell'universo - Dalle sfere celesti all'esplorazione spaziale*, un saggio che, come il nome suggerisce, parte da molto lontano sino ad arrivare ai giorni nostri. In questo percorso Ferri ricostruisce la nostra conoscenza del Cosmo in senso quasi cartografico, mostrando come i confini del "noto" si siano spostati via via sempre più avanti dedicando, com'è lecito aspettarsi, un'importante sezione all'esplorazione diretta dello spazio tramite le sonde.

Il volume è strutturato in tre atti che accompagnano il lettore in questo allargamento continuo degli orizzonti della conoscenza umana. Nella prima parte, intitolata «La fine delle sfere celesti», Ferri ci guida attraverso la rivoluzione del pensiero cosmologico, partendo dall'universo chiuso e perfetto di Aristotele e Tolomeo per arrivare al dirompente impatto delle osservazioni galileiane. Il racconto prosegue con «Il regno del Sole», dove l'autore ricostruisce come l'umanità abbia gradualmente preso le misure del proprio vicinato planetario, spingendo i nostri confini sempre più in là, di scoperta in scoperta, fino a raggiungere Plutone e le zone più remote del nostro sistema solare.

In questa sezione centrale, dedicata in gran parte esplicitamente all'epopea dell'esplorazione spaziale robotica, risiede per me il vero cuore pulsante dell'opera. Il passaggio dall'astronomia puramente osservativa a quella esplorativa segna un cambio di passo non solo scientifico, ma anche narrativo. Le pagine dedicate ai primi lanci oltre l'atmosfera, all'esplorazione dei pianeti vicini e, soprattutto, alle missioni verso i giganti gassosi, sono semplicemente avvincenti. La scrittura di Ferri si fa qui ancor più brillante e carica di tensione: il lettore si ritrova col fiato sospeso mentre legge delle sonde *Pioneer* in procinto di attraversare per la prima volta l'insidiosa fascia degli asteroidi. Sebbene l'autore non fosse direttamente coinvolto in quelle pionieristiche missioni americane, il suo *background* professionale emerge con prepotenza; avendo vissuto in prima persona l'ansia e le responsabilità delle grandi sale di controllo europee, riesce a trasmettere su carta quelle stesse emozioni, regalandole intatte al lettore.

Questa prospettiva narrativa non lesina spazio e dettagli, permettendoci di seguire il monumentale *Grand Tour* delle *Voyager*, l'impresa della *New Horizons* verso Plutone, fino ad arrivare ai giorni nostri, accompagnando idealmente le nostre eroiche sonde nel loro viaggio freddo e solitario, segnato da più di un acciaccio, alla ricerca del confine estremo dell'eliosfera.

L'ultima parte del saggio, dedicata agli «Infiniti mondi», spinge lo sguardo ancora oltre. Qui Ferri affronta la storia della caccia agli esopianeti, la dinamica delle galassie e i fondamenti della cosmologia. Anche di fronte a scale spaziali e temporali vertiginose, il linguaggio si mantiene sempre accessibile, limpido e di piacevolissima lettura.

Ai confini dell'universo è un'opera solidissima in ogni sua parte, ma è senza dubbio per quella folgorante sezione centrale che ne raccomando caldamente la lettura. Non perché le sezioni storica e cosmologica siano di minor valore, ma perché il racconto dell'esplorazione interplanetaria raggiunge qui vette di rara bellezza divulgativa. È un libro fortemente consigliato agli astrofili, agli studenti e anche ai docenti alla ricerca di aneddoti per arricchire le proprie lezioni, ma in generale perfetto per chiunque voglia non solo comprendere i confini dell'universo, ma percepire il brivido dell'ingegno umano che tenta, sonda dopo sonda, di valicarli.

STEFANO CAVUOTI

Paolo Ferri è fisico teorico e ha lavorato per oltre 37 anni al centro di controllo dell'Agenzia Spaziale Europea a Darmstadt, in Germania, dove è stato successivamente *Spacecraft Operations Manager* per la missione Rosetta, *Head of the Solar and Planetary Missions Division*, responsabile in questa veste della preparazione ed esecuzione delle missioni nel Sistema Solare, fra le quali Mars Express, Venus Express, BepiColombo, ExoMars, Solar Orbiter e Rosetta, e *Head of the Mission Operations Department*.

★

La Terre plate Généalogie d'une idée fausse

Violaine Giacomotto-Charra, Sylvie Nony
Les Belles Lettres (Folio histoire), 2023
Copertina flessibile, pp. 320, € 9,50
ISBN 9782073010186
www.folio-lesite.fr

La Terra piatta Genealogia di un malinteso

Violaine Giacomotto-Charra, Sylvie Nony
Il Mulino, 2024
Copertina flessibile, pp. 224, € 20,00
ISBN 9788815388810
www.mulino.it

ALUNGO è stata diffusa, e continua ancor oggi a riaffiorare qua e là, l'erronea convinzione che nel Medioevo si ritenesse che la Terra fosse piatta, e che Cristoforo Colombo abbia dovuto combattere contro questa credenza per poter intraprendere il suo viaggio attraverso l'Atlantico verso le Indie, nonostante la sfericità del nostro pianeta sia stata scoperta dai Greci nel v secolo a.C., e nonostante questa conoscenza sia stata trasmessa a tutto il mondo mediterraneo e non sia mai stata dimenticata.

Ci sono stati studi che hanno affrontato la questione e hanno fatto chiarezza su una tale credenza, ma sono rimasti nell'ambito degli specialisti. Le autrici si propongono pertanto di divulgare quanto questi studi hanno rivelato e renderli accessibili ai più. Pur avendolo scoperto un po' in ritardo, e pur essendo il libro in questione non fresco di stampa (l'edizione italiana è del 2024) ho ritenuto che per il

suo interesse e la sua utilità didattica fosse opportuno dedicargli una recensione (che sarà basata sull'edizione in francese da me letta).

Il libro è diviso in due parti: nella prima parte le autrici si propongono di spiegare come è stata scoperta la sfericità della Terra e quali testimonianze ci mostrano che anche durante tutto il Medioevo questa conoscenza non è mai stata perduta ed anzi è sempre stata data per scontata; nella seconda parte mostrano invece come e perché si è potuta diffondere l'idea che la conoscenza della sfericità della Terra fosse stata perduta dopo la caduta dell'Impero romano.

Si parte naturalmente dai Greci, che non solo hanno scoperto la sfericità della Terra almeno dalla fine del v secolo a.C., ma ne hanno anche misurato la circonferenza. Anche tra i primi cristiani la sfericità della Terra non era messa in dubbio, benché si abbia il celebre caso di Lattanzio, retore del III-IV secolo d.C., e proclamato Padre della Chiesa nel 1770, che si è scagliato contro l'esistenza degli antipodi e la sfericità della Terra. Se in Occidente il caso di Lattanzio è rimasto isolato, si ritrovano nella chiesa di Antiochia alcuni esponenti che si oppongono alla sfericità e ritornano a concezioni primitive, come Giovanni Crisostomo, vescovo di Antiochia e successivamente arcivescovo di Costantinopoli (anche lui proclamato Padre della Chiesa). Vi è poi il caso di Cosma l'Indicopleuste, che vede il cosmo come un tabernacolo la cui base è la Terra. Le autrici sottolineano che si tratta comunque di pochi casi e che non sono rappresentativi di alcuna posizione ufficiale della Chiesa al riguardo.

Voglio però soffermarmi su Agostino, che viene letto in modo secondo me un po' troppo indulgente. Viene citato di lui il seguente passo (lo traduco dall'edizione francese):

La Terra, si dice, è sospesa all'interno della volta celeste e il mondo ha lo stesso luogo per il centro e il basso; di qui la conclusione secondo la quale la parte della Terra al di sotto di noi è certamente abitata da esseri umani. Ma, supponendo che il mondo abbia una forma sferica e rotonda, anche se si arrivasse a dimostrarlo in un qualsiasi modo, non ne conseguirebbe che in questa parte la terra sorga a secco dalla massa delle acque; e anche se fosse a secco, non sarebbe necessario che fosse abitata.

Le autrici lo interpretano così: «La Terra è senza dubbio sferica, e ci sono forse delle terre emerse dall'altra parte del globo, ma il vescovo di Ippona non ammette l'idea che degli esseri umani siano potuti sfuggire alla Rivelazione». Concordo sul fatto che la preoccupazione di Agostino fosse la per lui inaccettabile presenza di esseri umani agli antipodi, ma a me sembra altrettanto chiaro che Agostino si disinteressa di quale sia la forma della Terra, e parli della sfericità con scetticismo («si dice»), ignorando che questa sfericità è stata dimostrata. Dunque anche se non è un «terriaplatista», non può essere considerato un sostenitore di una terra sferica, e il suo atteggiamento non incoraggia certo lo spirito scientifico, come mostra un altro passo citato nella pagina suc-

cessiva, nel quale secondo le autrici (e l'interpretazione corrente, credo) si contesterebbe la «vanità» della curiosità scientifica ma «il dettaglio delle conoscenze» sarebbe oggetto di ammirazione da parte dell'Agostino colto:

La loro scienza curiosa e vana li rende capaci di contare le stelle e i grani di sabbia, di misurare le vaste regioni del cielo e di scoprire i percorsi dei pianeti e degli astri [...]; predicono con diversi anni di anticipo le eclissi di Sole e di Luna; ne segnano il giorno, l'ora e la durata, e gli effetti seguono le loro predizioni: ne hanno persino scritto delle regole che si leggono ancor oggi [...] e quello che è stato predetto si verifica sempre.

Un altro dettaglio che voglio commentare è nella parte che mostra come la sfericità della Terra fosse naturalmente nota alla civiltà araba, che aveva tradotto le opere scientifiche greche, e anche a quella indiana: le autrici menzionano l'astronomo indiano Aryabhata (v secolo d.C.), del quale si cita anche l'idea della rotazione della Terra attorno al proprio asse e l'idea della relatività del moto illustrata con una barca. Avrebbero però dovuto ricordare come durante l'epoca ellenistica e successivamente durante l'impero romano vi fossero regolari scambi commerciali e scientifici con l'India, e che la scienza greca ebbe una considerevole influenza sulla scienza indiana; Aryabhata diede senz'altro il suo apporto originale alla scienza astronomica, ma per avere il quadro complessivo si deve tener conto che tutti gli elementi citati (non solo la sfericità terrestre, ma anche la rotazione e la relatività del moto illustrata con la barca) erano già presenti nella scienza greca, per non parlare dell'eliocentrismo di Aristarco, che invece non è citato.

La seconda parte è altrettanto interessante, in quanto mostra come nasce e si sviluppa il mito che nel Medioevo la Terra fosse ritenuta piatta. Il processo a Galileo nel XVII secolo ha portato a una frattura fra la scienza e la Chiesa cattolica, e Voltaire indubbiamente ha cominciato la costruzione del mito attribuendo l'opinione di Lattanzio ai padri della Chiesa nel suo complesso, Agostino incluso. Ma è nel XIX secolo che il mito si è amplificato ed esteso, grazie a delle opere di storia (non proprio rigorose), che volendo illustrare il conflitto fra religione e scienza hanno costruito il mito del dogma della Terra piatta nel Medioevo, assieme al mito di Cristoforo Colombo, il coraggioso esploratore che si sarebbe scontrato col dogmatismo della religione e avrebbe combattuto l'opposizione dei saggi di Salamanca, i quali avrebbero ritenuto il suo viaggio impossibile a causa della piattezza della Terra. Ho trovato interessante anche la parte relativa alla situazione francese, dove il mito si è diffuso, anche grazie ad alcuni illustri intellettuali, ed è finito nelle pagine dei manuali scolastici.

A proposito dei manuali scolastici, le autrici, citando un questionario proposto agli allievi contenente inesattezze, aggiungono:

Senza contare gli errori scientifici grossolani, poiché una delle domande cerca di far dire agli allievi che Galileo usa

il telescopio per provare l'eliocentrismo, che in realtà era incapace di dimostrare: poteva solo mostrare, attraverso l'osservazione dei satelliti di Giove, la possibilità che degli astri girino intorno a un centro che non sia la Terra. Le prove sperimentali dell'eliocentrismo sono state ottenute solo nel 1727 da James Bradley [...].

Qui loro stesse omettono però un elemento importante: non è vero infatti che Galileo potesse unicamente mostrare, e abbia unicamente mostrato, che degli astri potevano girare intorno ad altri corpi celesti: l'osservazione fondamentale di Galileo fu infatti quella delle fasi di Venere, che invalidavano il sistema tolemaico, un sistema che aveva regnato per millecinquecento anni (e non è poco). Certo, oltre al sistema eliocentrico rimaneva in piedi quello ticonico (in linea di principio c'era anche quello misto con Mercurio e Venere in orbita intorno al Sole e gli altri pianeti intorno alla Terra, concepito sempre dai Greci e divulgato nel Medioevo attraverso Marziano Capella, ma non era più tenuto in considerazione). Comunque, pur senza una prova definitiva, il sistema eliocentrico prevalse ben prima che Bradley scoprisse l'aberrazione annua della luce delle stelle.

C'è un altro aspetto cui il lettore deve secondo me fare attenzione. Il libro, focalizzato sul fatto che la sfericità della Terra è una conoscenza che non è andata perduta nel Medioevo, può involontariamente dare l'impressione che la perdita delle conoscenze acquisite nell'antichità sia stata minima, magari anch'essa un mito o un'esagerazione, mentre il trauma c'è stato eccome: molte importanti conoscenze teoriche e tecniche sono andate perdute.

Il libro è completato da bibliografia, note e indice dei nomi, e da un'interessante appendice sulla misura della circonferenza terrestre da parte di Eratostene secondo la spiegazione di Cleomede, Segnalo che nella figura in appendice il tropico del Capricorno (che non compare nel testo) è tracciato al posto dell'equatore. Può darsi che questa, come altre inesattezze, siano state corrette nella versione italiana.

Al di là di alcuni dettagli, ritengo che il libro sia una eccellente e istruttiva lettura: oltre a far conoscere gli scritti di numerosi autori, importanti ma probabilmente non così noti al grande pubblico, illustra il modo nel quale uno scontro ideologico porta a deformare la realtà storica, un fenomeno che rimane sempre di attualità.

ALBERTO CAPPI

Violaine Giacomotto-Charra insegna Storia della conoscenza e Lingua e letteratura rinascimentale all'Université Bordeaux Montaigne. Si occupa di analisi della scrittura e della diffusione delle conoscenze relative alla natura nel Rinascimento.

Sylvie Nony insegna Scienze fisiche. Il suo campo di ricerca è la fisica medievale araba.

★

Rapsodia Marziana

Scienza, fiction e ideologia nell'immaginario di Marte

Silvia Kuna Ballero

Codice edizioni, 2025

Copertina flessibile, pp. 328, € 21,00

ISBN 9791254500736

www.codiceedizioni.it

QUESTO libro, che vedo come un seguito a quello di Alessandra Calanchi, tratta della narrativa che essenzialmente dalla fine del XIX secolo ad oggi ha avuto come oggetto il pianeta Marte, analizzandola in ogni capitolo sotto un diverso aspetto, sintetizzandone le trame, confrontando l'immagine sognata di Marte con quella che il progresso scientifico via via restituiva, ed evidenziandone l'ideologia sottostante. L'autrice ci fa scoprire gli autori e i romanzi "marziani" più significativi dei vari periodi, mostrandone l'evoluzione.

I sette capitoli del libro, preceduti da una prefazione di Luca Perri, hanno titoli di una sola parola, che ne definisce la tematica.

Il primo capitolo (*Il mito*) traccia la storia delle osservazioni di Marte e dei famosi "canali" visti da Schiaparelli e la nascita del mito del pianeta rosso più vecchio della Terra e abitato da un'antica civiltà (questo sulla base della teoria nebulari di Laplace secondo la quale la formazione dei pianeti è avvenuta progressivamente a partire da quelli più esterni).

Si ha nel secondo (*Frontiera*) una rassegna dei primi romanzi dedicati a Marte, nel contesto di un'epoca nella quale si apriva all'immaginazione lo spazio come nuova frontiera e Marte come terra di conquista. Si scopre una serie di opere d'avventura, con il filone francese del *merveilleux-scientifique*, e il filone americano di *space opera*. La maggior parte di queste opere è oggi dimenticata, con poche eccezioni, tra le quali spicca *La Principessa di Marte* di Edgar Burroughs: si tratta del primo romanzo del ciclo di *Barsoom*, il nome di Marte per i nativi. Ricordo di aver letto da ragazzino l'edizione italiana dei primi tre romanzi pubblicata dalla casa editrice Nord nel 1973 col titolo *John Carter di Marte* (non era il mio genere di fantascienza preferito, ma ne avevo apprezzato l'aspetto avventuroso). L'autrice non manca di sottolineare il retroterra ideologico di queste opere, scritte in un'epoca coloniale e in una società dove le donne erano confinate a un ruolo subalterno.

Nel terzo capitolo (*Utopia*) si nota come la fine dell'epoca d'oro delle esplorazioni della Terra abbia portato a cercare l'utopia su Marte: il pianeta rosso viene a rappresentare il nostro possibile futuro, o lo specchio della nostra società, ed è in questa fase che alcune opere affrontano la tematica dell'emancipazione della donna. C'è spazio anche per la letteratura russa e del periodo sovietico, a partire dai celebri *Stella Rossa* di Alexandr Bogdanov e *Aelita* di Aleksei Tolstoj, e per il cinema e i film. In questa fase la narrativa ha dovuto fare i conti col fatto che l'immagine che si era creata di Marte era lontana dalla realtà:

le osservazioni già negli anni Venti del xx secolo mostravano come il pianeta fosse privo di un'atmosfera in grado di ospitare forme di vita evolute.

Nel quarto capitolo (*Ecofantascienza*) l'autrice osserva come negli anni Settanta le sonde Viking abbiano riproposto l'interrogativo sulla possibile esistenza di forme di vita marziane ed espone i risultati delle successive esplorazioni scientifiche del pianeta, ed esamina le opere di fantascienza di quel periodo con le loro problematiche etiche ed ecologiche.

Il quinto capitolo (*Invasione*), che ovviamente non poteva mancare, è sul tema dell'invasione marziana, un classico a partire dalla *Guerra dei Mondi* di George Wells, con il suo fin troppo efficace adattamento radiofonico da parte di Orson Welles.

Segue nel sesto capitolo (*Diverso*) una riflessione su come è visto il rapporto con l'alieno nelle opere marziane, fra le quali viene presentata anche l'italiana *Un marziano a Roma* di Ennio Flaiano. Nell'introduzione a questo capitolo l'autrice riflette sulla situazione del mondo contemporaneo, dove sottolinea come le lancette del simbolico orologio dell'Apocalisse si siano avvicinate alla mezzanotte. «Gli eventi a cui stiamo assistendo mi spingerebbero ad azzardare dei paralleli con uno scenario da invasione aliena», ma si schermisce notando che «per una persona come me, che non può vantare una formazione geopolitica, è troppo rischioso avventurarsi nelle radici dei conflitti tra terrestri». Comprendo che l'autrice per prudenza preferisca non avventurarsi in tematiche controverse, ma non posso trattenermi dall'osservare che non occorre avventurarsi nel campo della geopolitica per riconoscere i comportamenti criminali: le 70.000 vittime civili di Gaza, tra le quali moltissimi bambini e giovani, sono state causate dai bombardamenti israeliani su case, scuole e ospedali, e non da una generica guerra in Medio Oriente.

L'ultimo capitolo (*Oltre*) tratta infine dei diversi progetti per raggiungere e realizzare insediamenti su Marte, includendo naturalmente la *Starship* di Elon Musk. È citato anche il progetto di recupero

dei campioni marziani raccolti dal rover della NASA *Perseverance* con la missione *Mars Sample Return*, che al momento della scrittura del libro era in fase di revisione e il cui budget è stato poi tagliato; bisognerà a questo punto sperare che i Cinesi realizzino la loro missione di prelievo di rocce marziane. Kuna Ballero pone il problema di un approccio allo spazio che non esca dai vecchi modelli qui sulla Terra, e che rischi di far spendere risorse in un futuristico e assai incerto progetto salvifico invece di dedicarle alle varie emergenze che abbiamo sul nostro pianeta.

Si tratta di un bel libro scorrevole, stimolante e interdisciplinare, alla portata di qualsiasi lettrice e lettore, che fa rivivere la storia dell'evoluzione del pianeta rosso immaginario parallelamente all'evoluzione del pianeta rosso reale (quello rivelato dalle missioni spaziali), e che attraverso le opere ci spinge a una riflessione critica. È complementare al libro di Calanchi sotto diversi aspetti: è un libro più divulgativo e offre una ampia panoramica nello spazio e nel tempo (e include la cinematografia), mentre il secondo, più accademico, approfondisce un periodo specifico e si focalizza sulla letteratura angloamericana, includendo ampie citazioni delle opere nell'inglese originale. Concludo osservando che Kuna Ballero è di formazione scientifica, Calanchi umanistica, ma entrambe sono accomunate da una visione simile e critica del mondo e della società attuali: una visione con la quale simpatizzo, ma che purtroppo si deve scontrare con una realtà ben diversa.

ALBERTO CAPPI

Silvia Kuna Ballero ha conseguito il dottorato in Fisica all'Università di Trieste e il Master in Giornalismo e Comunicazione Istituzionale della Scienza presso l'Università degli Studi di Ferrara. È docente e comunicatrice scientifica. Si occupa in particolare del rapporto fra la scienza e i suoi aspetti politici, etici e sociali. Ha collaborato con *Le Scienze*, *il Tascabile*, *Radio3 Scienza* e *Mondadori Education*. Ha pubblicato *Travolti da un atomico destino* (Chiarelettere, 2022) e *Scrivere di scienza* (Editrice Bibliografica, 2023).

Alberto Capi 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.

Gli Incontri del «Giornale di Astronomia»

IL «Giornale di Astronomia» è nato nel 1975 come rivista di informazione, cultura e didattica per soddisfare a uno dei fini della *Società Astronomica Italiana*: «promuovere la diffusione scientifica nel nostro paese». L'idea era – e ha continuato ad essere – quella di fornire a persone interessate all'astronomia e desiderose di approfondire la loro cultura scientifica un'informazione seria, sicura e aggiornata sugli studi astronomici, con articoli divulgativi di rassegna e di messa a punto ad opera di astronomi professionisti.

Il «Giornale di Astronomia» dedica ampio spazio ad argomenti di didattica e di analisi storica e si occupa anche di quel vasto campo interdisciplinare che è proprio dell'astronomia, evidenziandone e discutendone la presenza in gran parte degli aspetti culturali. In altre parole, si tratta del legame tra la scienza del cielo e le altre discipline, non solo scientifiche, quali arte, letteratura, filosofia, religione, società.

A causa del positivo riscontro presso il pubblico di questa linea editoriale e su proposta del Presidente della SAIT Roberto Buonanno, il Consiglio Direttivo ha deciso nel 2022 di allargare l'esperienza del *Giornale* presentando in rete, a cadenza regolare, alcuni dei temi pubblicati che hanno avuto maggiore interesse, con delle brevi chiacchierate tenute dagli autori che potranno interloquire col pubblico.

Di norma l'ultimo giovedì del mese, alle 17:00 per una mezz'ora o poco più, un astronomo, uno storico della scienza, un'insegnante o altri vi intratteranno su questo tipo di argomenti.

L'indirizzo web dell'*Incontro*, in diretta streaming su YouTube, viene fornito sulla pagina della SAIT (www.sait.it) qualche giorno prima dell'evento e via e-mail a chi lo chiede alla segreteria della *Società* (segreteria@sait.it).

2023

- 26 gennaio con FABIO GADDUCCI: *Le edizioni italiane e francesi della "Grande burla lunare"*.
- 23 febbraio con LICIA TROISI: *L'altro da sé: due millenni di alieni*.
- 30 marzo con RAFFAELLA SCHNEIDER: *Donne e scienza: si riparte dalle bambine*.
- 27 aprile con AGNESE MANDRINO: *Sotto lo stesso cielo? Gli astronomi e le leggi razziali in Italia*.
- 25 maggio con ALBERTO CAPPI: *La cosmologia moderna di Edgar Allan Poe*.
- 29 giugno con RAFFAELE GRATTON: *Formazione dei sistemi planetari: cosa sappiamo ad oggi e cosa ci piacerebbe sapere*.
- 28 settembre con ALESSANDRO PAPITTO: *Il cielo come orologio e bussola, dalle meridiane alle pulsar*.
- 26 ottobre con GIULIANO GIUFFRIDA: *Il "Diagramma dell'Orizzonte" e la nascita dell'astronomia araba*.

- 30 novembre con FLAVIA MARCACCI e SARA TAGLIAGAMBA: *Leonardo, la Luna, la nuova scienza*.

2024

- 25 gennaio con MARCELLA MARCONI: *La storia di formazione della Via Lattea: cosa ci raccontano le RR Lyrae*.
- 23 febbraio con GIANGIACOMO GANDOLFI: *«De fabricanda universi figura»: le volte astrali del Rinascimento*.
- 28 marzo con MARCO CASTELLANI: *Edu INAF, tra scienza e letteratura*.
- 18 aprile con MAURO CENTRONE: *L'arte di creare stelle*.
- 30 maggio con MASSIMO DELLA VALLE: *Le esplosioni di Supernova e l'origine della vita*.
- 27 giugno con MARCO SALVATI: *Domande scomode sul tempo*.
- 26 settembre con AGNESE MANDRINO: *Gli archivi della Società degli Spettroscopisti Italiani e della Società Astronomica Italiana: nuove fonti per la storia*.
- 24 ottobre con ANNA MARIA LOMBARDI: *Il cielo dalla Luna, un sogno astronomico di Keplero*.
- 28 novembre con GABRIELE GHISELLINI: *Oceani di luce*.
- 19 dicembre con ALBERTO CAPPI: *Le prime misure della velocità radiale delle stelle: revisione critica di una storia controversa*.

2025

- 30 gennaio con ILEANA CHINNICI: *Cerere Ferdinanda: storia di una scoperta*.
- 27 febbraio con FRANCESCA MATTEUCCI: *Archeologia della nostra Galassia usando le abbondanze chimiche come fossili*.
- 27 marzo con GIUSEPPE BONO: *I trent'anni che rivoluzionarono l'astrofisica*.
- 24 aprile con AMEDEO BALBI: *La fisica dei mondi abitabili*.
- 29 maggio con ANDREA COMASTRI: *Buchi Neri: un problema di estrema gravità*.
- 26 giugno con LUCIANO BURDERI: *L'esistenza degli Dei. Come il Paradosso dei Gemelli ed il Principio Copernicano forniscono una "soluzione relativistica" al Paradosso di Fermi: «Dove sono tutti quanti?»*.
- 25 settembre con IVAN AGOSTINELLI: *Ottica adattiva e intelligenza artificiale*.
- 30 ottobre con ALDO ALTAMORE: *Il carteggio Armellini-Gemelli*.
- 27 novembre con CESARE GUAITA: *Marte: molecole organiche naturali o biologiche?*

2026

- 8 gennaio con PATRIZIA CARAVEO: *Donne fra le stelle*.
- 29 gennaio con AGNESE MANDRINO e FABRIZIO BÒNOLI: *Astronomi e fantasmi*.

- 26 febbraio con LUCIO ANGELO ANTONELLI: A caccia dei fotoni più energetici del Cosmo. L'astronomia Cherenkov dalle origini al CTAO
- 26 marzo con CRISTINA PUZZARINI: *La chimica tra le stelle. Come spettroscopia e meccanica quantistica ci raccontano il mezzo interstellare.*

30 aprile con ANNALISA CALAMIDA: da definire

Gli incontri sono successivamente resi disponibili sul canale YouTube della *Società Astronomica Italiana*: www.youtube.com/@sait-societaastronomicaita3911/streams.

*Le nostre riviste Online,
la nostra libreria Internet*
www.libraweb.net



*Our Online Journals,
our Internet Bookshop*
www.libraweb.net



Fabrizio Serra
Editore®



Accademia
editoriale®



Istituti editoriali
e poligrafici
internazionali®



Giardini editori
e stampatori
in Pisa®



Edizioni
dell'Ateneo®



Gruppo editoriale
internazionale®

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

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

www.libraweb.net/periodonline.php

