

An abstract painting at the top of the page. On the left, a stylized face with large, expressive eyes and a wide mouth is rendered in warm tones of orange, yellow, and red. To the right of the face is a grey, dome-shaped structure, possibly representing a building like the US Capitol. The background is a mix of pink, orange, and yellow washes.

Edoardo Sanguineti nella città «cruciverba»

SINESTESIE

RIVISTA DI STUDI SULLE LETTERATURE E LE ARTI EUROPEE

fondata e diretta da Carlo Santoli

ANNO XXXIII • 2025 • TOMO I • ATTI



SINESTESIE

RIVISTA DI STUDI SULLE LETTERATURE E LE ARTI EUROPEE

La rivista aderisce al programma di valutazione della MOD
(Società italiana per lo studio della modernità letteraria)

MOD

Società italiana per lo studio
della modernità letteraria

Fondatore e Direttore scientifico / *Founder and Editor*

CARLO SANTOLI

Segretario di redazione / *Editorial secretary*

LORENZO RESIO (Università di Torino)

Comitato scientifico / *Scientific Board*

CLARA ALLASIA (Università di Torino), MICHELE BIANCO (critico letterario e teologo), ANNALISA BONOMO (Università “Kore” di Enna), ALBERTO CARLI (Università del Molise), IRENE CHIRICO (Università di Salerno), MARIA PIA DE PAULIS D’ALAMBERT (Paris-Sorbonne), SIMONE GIORGINO (Università del Salento), ROSA GIULIO (Università di Salerno), ISABELLA INNAMORATI (Università di Salerno), ENRICO MATTIODA (Università di Torino), LUIGI MONTELLA (Università del Molise), LAURA NAY (Università di Torino), MARIA CATERINA PAINO (Università di Catania), ROSSELLA PALMIERI (Università di Foggia), ANTONELLO PERLI (Université Nice Sophia Antipolis), DONATO PIROVANO (Università di Milano “Statale”), LORENZO RESIO (Università di Torino), MARA SANTI (Ghent University), ANNAMARIA SAPIENZA (Università di Salerno), NICCOLÒ SCAFFAI (Università di Siena), ANTONIO SICHERA (Università di Catania), CHIARA TAVELLA (Università di Torino), PIERA GIOVANNA TORDELLA (Università di Torino), GIOVANNI TURCHETTA (Università di Milano “Statale”), SEBASTIANO VALERIO (Università di Foggia), PAOLA VILLANI (Università di Napoli “Suor Orsola Benincasa”)

Comitato d’onore / *Honorary Board*

EPIFANIO AJELLO (Università di Salerno), GIUSEPPE BONIFACINO (Università di Bari “Aldo Moro”), RINO CAPUTO (Università di Roma “Tor Vergata”), ANTONIO LUCIO GIANNONE (Università del Salento), PIETRO GIBELLINI (Università Ca’ Foscari di Venezia), ALBERTO GRANESE (Università di Salerno), PASQUALE GUARAGNELLA (Università di Bari “Aldo Moro”), MILENA MONTANILE (Università di Salerno), ALDO MORACE (Università di Sassari), GIANNI OLIVA (Università G. d’Annunzio di Chieti – Pescara), ANTONIO SACCONE (Università di Napoli “Federico II”)

Redazione / *Editorial Board*

GIOVANNI GENNA (coordinamento), LOREDANA CASTORI, VALENTINA COROSANITI, VIRGINIA CRISCENTI, THOMAS PERSICO, CALOGERO GIORGIO PRILO, ELEONORA RIMOLO, ERMINIO RISSO

Revisori / *Referees*

Tutti i contributi pubblicati in questa rivista sono stati sottoposti
a un processo di *peer review* che ne attesta la validità scientifica

SINESTESIE

RIVISTA DI STUDI SULLE LETTERATURE E LE ARTI EUROPEE

EDOARDO SANGUINETI
NELLA CITTÀ «CRUCIVERBA»

Tomo I – Atti

a cura di

Clara Allasia, Donato Pirovano, Lorenzo Resio,
Erminio Riso e Chiara Tavella

Rivista annuale / *A yearly journal*
XXXIII – 2025

ISSN 1721-3509

ANVUR: A

*

Proprietà letteraria riservata
2025 © Associazione Culturale Internazionale Edizioni Sinestesie
Via Tagliamento, 154 – 83100 Avellino
www.edizionisinestesie.it – info@edizionisinestesie.it
Registrazione presso il Tribunale di Avellino n. 398 del 14 novembre 2001
Direttore responsabile: Paola De Ciuceis

Rivista «Sinestesie» – Direzione e Redazione

c/o Prof. Carlo Santoli Via Tagliamento, 154 – 83100 Avellino, direzione.sinestesie@gmail.com
Il materiale cartaceo (libri, copie di riviste o altro) va indirizzato ai suddetti recapiti.
La rivista ringrazia e si riserva, senza nessun impegno, di farne una recensione o una segnalazione.
Il materiale inviato alla redazione non sarà restituito in alcun caso.

*

I pdf della rivista «Sinestesie» e dei numeri arretrati sono consultabili in *open access*
e scaricabili gratuitamente dal sito: www.sinestesierivistadistudi.it

Tutti i diritti di riproduzione e traduzione sono riservati / *All rights reserved*

Condizione preliminare perché i prodotti intellettuali siano sottoposti alla valutazione della Direzione e del Comitato Scientifico è la presentazione del Codice Etico (consultabile online sul sito della rivista), accettato integralmente in tutte le sue parti e controfirmato.

*

Impaginazione / *Graphic layout*

Francesca Cattina

*

Published in Italy

Gli e-book della Rivista «Sinestesie» sono pubblicati con licenza Creative Commons
Attribution 4.0 International

© Edoardo Sanguineti (Eredi Sanguineti) per tutti i testi citati per i quali non è indicata la provenienza da un volume o da una raccolta di Edoardo Sanguineti, perché sparsi o ancora inediti: ringraziamo gli eredi per aver dato l'autorizzazione a riprodurre i testi.



a Federico Sanguineti (1955-2025)

Il volume è stato pubblicato grazie ai fondi del progetto
PRIN 2020 – *SanguiNetwork: from Wunderkammer to knowledge graph*

Enti organizzatori della rassegna *Edoardo Sanguineti nella città «cruciverba»*



Le strutture organizzatrici dell'Università di Torino



Con il patrocinio di



Con il sostegno di



INDICE

<i>Il «giuoco» della città «cruciverba»</i>	11
CLARA ALLASIA, DONATO PIROVANO, <i>Federico Sanguineti</i>	25
<i>Prima bibliografia scientifica di Federico Sanguineti</i> a cura di VIRGINIA CRISCENTI	33

PARTE PRIMA – SANGUINETI E LA PAROLA «FABBRICA DEL MONDO»

VITTORIO COLETTI, <i>Sanguineti anti Bembo</i>	41
CLAUDIO MARAZZINI, <i>Lessicografia e lessicologia d'autore: Sanguineti linguista</i>	57
CARLA MARELLO, <i>Sanguineti (meta)lessicografo</i>	71
CHIARA TAVELLA, <i>Sanguineti in viaggio nel «pianeta giovani»</i>	89
ENRICO TESTA, <i>Sanguineti: l'invenzione di una lingua poetica</i>	109

PARTE SECONDA – SANGUINETI POETA E PROSATORE

CLARA ALLASIA, « <i>Se indovino il mio destino</i> »: il laboratorio poetico di Sanguineti a Torino da 'Composizione' a 'Laborintus'	133
VIRGINIA CRISCENTI, <i>Lo «scheletro verbale» nella traduzione e notazione scenica dei 'Sonetti' da William Shakespeare di Edoardo Sanguineti</i>	163

DONATO PIROVANO, <i>‘decima rima’.</i> <i>Il Supplemento apocalittico di Edoardo Sanguineti</i>	181
LORENZO RESIO, <i>Does it fit?</i> <i>‘T.A.T. 3’ attraverso alcuni materiali d’archivio</i>	207
ERMINIO RISSO, <i>Labirinti astrologici di spazio e tempo:</i> <i>l’orologio astronomico e il tempo dell’apocalisse.</i> <i>Da ‘Laborintus’ a ‘L’orologio astronomico’</i>	227
PARTE TERZA – SANGUINETI E LE ARTI	
VALENTINA COROSANITI, <i>Dai «fotogrammi rubati»</i> <i>ai «rebus enigma cartigli fatati»:</i> <i>Sanguineti tra godardismo e «Settimana Enigmistica»</i>	277
ELISABETTA FAVA, <i>Suoni che sfilano, parole che risuonano:</i> <i>annotazioni sul ‘carosello’ musicale di Sanguineti</i>	303
ANDREA LIBEROVICI, <i>Guarda con le tue orecchie,</i> <i>testimonianza raccolta da Virginia Criscenti</i>	321
LEONARDO MANCINI, <i>«A teatro si “canta”, e non si parla»:</i> <i>alcuni aspetti della critica teatrale di Edoardo Sanguineti</i>	327
PIERA GIOVANNA TORDELLA, <i>Maniere letterarie</i> <i>di Edoardo Sanguineti. Architetti, scultori, pittori</i> <i>tra Quattro e Seicento: espedienti filologici, approdi visivi</i>	341
FEDERICO VERCELLONE, <i>L’impossibile ekphrasis.</i> <i>Sanguineti e Carol Rama</i>	365
FEDERICO SANGUINETI a colloquio con ELEONISIA MANDOLA <i>Tutte e tutti un po’ Dante e un po’ Beatrice</i>	373

PARTE QUARTA – SANGUINETI E LE SCIENZE

STEFANO A. BENEDETTO, <i>Le parole della storia. Dal linguistic turn al web semantico</i>	387
ANTONALDO DIAFERIO, <i>Linguaggio e parole dell'astrofisica</i>	397
ELEONISIA MANDOLA, <i>La scienza/essenza bibliografica del cruciverbale Sanguineti</i>	407
CALOGERO GIORGIO PRIOLO, <i>Pulviscolo stellare. Sanguineti astrofilo fra Dante e chimerici schedari</i>	419

PARTE QUINTA – TESTIMONIANZE

MARIA LUISA DOGLIO, <i>Un ricordo di Edoardo Sanguineti nel suo "scrivere lettere"</i>	457
LORENZO MASSOBRIO, <i>Le parole dell'etimologia</i>	467
PIETRO PASSERIN D'ENTRÈVES, <i>Edoardo Sanguineti e la zoologia</i>	473

PARTE SESTA – TAVOLA ROTONDA

EPIFANIO AJELLO, ALBERTO CADIOLI, TOMMASO OTTONIERI e PAOLO GIOVANNETTI in dialogo con ERMINIO RISSO, <i>All'ombra di Sanguineti: sessant'anni dal Gruppo 63</i>	481
--	-----

Antonaldo Diaferio

LINGUAGGIO E PAROLE DELL'ASTROFISICA

Riassunto. Il linguaggio oggettivo della matematica, adottato da Galileo in combinazione con il metodo sperimentale per la descrizione delle leggi della natura, si scontra con le difficoltà della realizzazione pratica degli esperimenti usati per corroborare le ipotesi, poiché negli esperimenti possono nascondersi errori sistematici di difficile rivelazione. In astrofisica la situazione si complica per l'impossibilità di replicare in laboratorio gli oggetti celesti. La replica viene surrogata con modelli numerici che diventano via via più sofisticati con il progredire della potenza dei calcolatori. In ambito cosmologico l'apparente realismo degli universi sintetici e la convinzione della validità della teoria della Relatività Generale hanno generato un pericoloso pregiudizio che tende a osteggiare teorie alternative della gravità che si propongono di spiegare, quando non le hanno addirittura previste, le discrepanze evidenti tra il modello standard dell'Universo e i dati osservativi. Le discrepanze vengono invece tipicamente attribuite a errori sistematici ancora da individuare, quando non vengono semplicemente ignorate. Più grave è la generale incapacità da parte del modello standard di formulare previsioni e quindi l'impossibilità di falsificare il modello stesso. Il pregiudizio si spinge così a considerare, sia nel linguaggio sia nel metodo, il processo di falsificazione uno strumento obsoleto, finendo per svuotare di potere l'approccio sperimentale galileiano e rischiando di tornare a una visione metafisica della cosmologia.

Parole chiave. epistemologia, falsicabilità, cosmologia, gravità

Abstract. The objective language of mathematics, adopted by Galileo along with the experimental method to describe the laws of nature, clashes with the difficulties of realizing the experiments used to support the hypotheses, because the experiments can hide systematic errors that are difficult to identify. In astrophysics, the situation is complicated by the impossibility of studying celestial objects in a laboratory. Celestial objects are simulated with numerical experiments that become more and more sophisticated as the computational power increases. In cosmology, the illusory realistic appearance of the synthetic universes and the confidence that the theory of General Relativity is correct have generated a dangerous bias against alter-

native theories of gravity that aim to solve the evident discrepancies, sometimes even predicted by these alternative theories, between the standard model of the Universe and the observational data. The discrepancies are typically ascribed to systematic errors yet to pinpoint, when the discrepancies are not simply ignored. More serious is the general inability of the standard model to make predictions and thus the impossibility of falsifying the model itself. The bias goes beyond that and, both in its language and in its method, it deems the falsifiability as an obsolete tool, thus depriving Galileo's experimental approach of its power and threatening to return to a metaphysical view of cosmology.

Keywords. epistemology, falsifiability, cosmology, gravity

1. *Il metodo*

Nel 1623, ne *Il saggiaiore*, Galileo Galilei scriveva:

La Filosofia è scritta in questo grandissimo libro, che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo) ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, né quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, & altre figure Geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne veramente parola; senza questi è vn'aggirarsi vanamente per vn'oscuro laberinto.¹

Con lucida chiarezza, individuava così nella matematica il linguaggio universale delle scienze. Pur non esplicitandoli con altrettanta chiarezza nelle sue opere, Galileo delinea i tre passi del metodo che devono essere adottati per comprendere le leggi che regolano i fenomeni naturali:

1. raccolta delle «sensate esperienze»;
2. formulazione di ipotesi in «caratteri matematici»;
3. ripetuta verifica sperimentale delle ipotesi.

La combinazione di questi tre passi con il linguaggio matematico garantisce la correttezza, e soprattutto l'oggettività, della legge naturale ipotizzata, come afferma, nel 1632, lo stesso Galileo impersonato da Salviati, nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*:

¹ G. GALILEI, *Il saggiaiore* (Giacomo Mascardi, Roma 1623), Edizione Ricciardi, Napoli 1953, p. 45.

Salviati: [...] e tali sono le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l'aritmetica, delle quali l'intelletto divino ne sa bene infinite proposizioni di più, perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva, poiché arriva a comprenderne la necessità, sopra la quale non par che possa esser sicurezza maggiore.²

2. Verifica

Declinare il metodo scientifico galileiano sopra menzionato nella realtà presenta tuttavia non poche problematiche. Immaginiamo l'esperimento galileiano del piano inclinato atto a dimostrare che una sfera che rotola lungo il piano percorre uno spazio proporzionale al quadrato del tempo impiegato a percorrerlo. Supponiamo che l'ipotesi non sia verificata dall'esperimento. Possiamo immaginare due categorie di problemi della mancata verifica: (1) l'apparato sperimentale è inadeguato o l'esperimento è stato condotto in modo scorretto; (2) l'ipotesi è effettivamente falsa. Nel primo caso, potremmo avere un piano non perfettamente levigato che determina attriti non trascurabili durante il moto o possiamo avere inavvertitamente misurato i tempi con un cronometro fallace. Questi errori vengono detti sistematici. A questi vanno aggiunti gli errori casuali: per esempio quelli riconducibili all'intervento umano nel lasciare andare la sfera con una velocità iniziale non esattamente nulla o errori legati al tempo di reazione della misura con il cronometro. Questi errori casuali sono trattabili ripetendo più volte l'esperimento. Più seri sono gli errori sistematici: se non siamo in grado di individuarli, saremmo portati a concludere che l'ipotesi non sia corretta.

Gli esperimenti della fisica contemporanea sono enormemente più complessi del piano inclinato di Galileo e i possibili errori sistematici sono proporzionalmente più difficili da individuare. Pertanto diversi gruppi di ricerca che realizzano lo stesso esperimento possono ottenere risultati sostanzialmente diversi, alcuni confermando altri non confermando l'ipotesi che si desidera provare.

Esiste dunque uno scollamento non banale tra mondo ideale, in cui possono valere le nostre ipotesi, e mondo reale, in cui queste ipotesi possano essere verificate. Si passa allora dalla certezza obiettiva di Galileo alla nascita

² ID., *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* (Giovanni Battista Landini, Firenze 1632), Einaudi, Torino 1970, p. 59.

di vere e proprie scuole di opinione, che arbitrariamente considerano più o meno seri i possibili errori sistematici.

L'astrofisica presenta un'ulteriore difficoltà: le sorgenti astrofisiche non sono riproducibili in laboratorio e gli esperimenti non possono essere ripetuti. Tutto quello che conosciamo delle sorgenti astrofisiche proviene dai segnali elettromagnetici, dalle particelle elementari (per esempio neutrini), e dalle onde gravitazionali; contrariamente agli esperimenti in laboratorio, il modo in cui questi segnali vengono emessi dalla sorgente e raggiungono la Terra è indipendente dalla nostra volontà. Parliamo infatti di osservazioni astrofisiche più che di esperimenti astrofisici. L'osservazione è in qualche modo passiva: l'astrofisico elabora quello che misura della sorgente e se l'evento è limitato nel tempo, per esempio l'esplosione di una supernova, la misura è un *unicum* e non può essere chiaramente ripetuta.

Inoltre, il cielo ci fornisce generalmente informazioni incomplete: per esempio l'osservazione di una galassia ci restituisce un'immagine bidimensionale della distribuzione delle stelle nella galassia, ma non abbiamo modo di misurarne la distribuzione tridimensionale. Possiamo solo dedurla dalle informazioni incomplete che abbiamo, formulando delle ipotesi che potrebbero non essere aderenti alla realtà.

Negli ultimi cinquant'anni lo sviluppo dei calcolatori e della loro potenza di calcolo ha permesso di realizzare dei laboratori virtuali in cui riprodurre le sorgenti astrofisiche: l'evoluzione di una stella, l'esplosione di una supernova, la formazione delle galassie. Questi modelli numerici permettono di controllare i fenomeni fisici che si ritiene siano rilevanti per questi eventi e permettono di ripetere gli esperimenti numerici. Si è tentati di identificare questi modelli numerici con la realtà, ma sono chiaramente limitati da ipotesi e semplificazioni che possono a loro volta introdurre errori sistematici. Il confronto dei risultati di questi modelli numerici con la realtà va dunque condotto con cautela.

3. Conferma e pregiudizio

La comunità internazionale dei cosmologi concorda su un modello cosmologico standard in grado di descrivere una molteplicità di proprietà osservate dell'Universo e delle strutture cosmiche. Questo modello cosmologico standard, noto con l'acronimo Λ CDM, ha due componenti la cui natura resta incognita, tant'è che, non a caso, vengono battezzate materia oscura ed energia oscura. Per quanto tali componenti risultino epistemologicamente scomode per le loro indefinite proprietà, nel modello standard la loro

esistenza è assolutamente necessaria per descrivere l'evoluzione dinamica dell'Universo e delle strutture cosmiche, se non vogliamo mettere in dubbio la validità della teoria della Relatività Generale di Albert Einstein.

Date queste due componenti oscure, i modelli numerici sono in grado di simulare l'evoluzione delle strutture cosmiche e produrre universi sintetici le cui proprietà possono essere confrontate con quelle dell'Universo reale. I due universi possono essere osservati con le stesse tecniche osservative in modo da rendere il confronto il più possibile scevro da errori sistematici. Benché molti confronti si risolvano a sostegno dell'ipotesi della validità del modello LCDM, alcune discrepanze restano evidenti.

Tuttavia, la convinzione di non poter abbandonare la Relatività Generale e il successo, nella maggior parte dei casi, del modello LCDM determinano una predisposizione più o meno inconscia nella mente del ricercatore a minimizzare o ignorare tutte le possibili discrepanze tra le proprietà degli universi sintetici e le proprietà di quello reale.

Eppure le discrepanze sono numerose e alcune serie. Illustreremo come esempio la discrepanza del litio. Nel modello standard, l'universo ha attraversato una fase di alte densità e temperatura che ha permesso reazioni termonucleari che hanno prodotto, oltre alla maggior parte dell'elio che osserviamo oggi nell'Universo, anche del ${}^7\text{Li}$, un isotopo del litio che può essere prodotto o distrutto anche nelle stelle. Un indicatore della bontà del modello è dunque confrontare la stima dell'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ primordiale presente nell'Universo con l'abbondanza attesa. Per essere ragionevolmente certi che le abbondanze misurate non siano inquinate dal ${}^7\text{Li}$ prodotto o distrutto dalle stelle, gli astrofisici stellari misurano l'abbondanza del ${}^7\text{Li}$ in stelle di età sufficientemente alta, dell'ordine di 10 miliardi di anni, e di massa non troppo piccola, dell'ordine della massa solare. Questi accorgimenti garantiscono di stimare l'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ nelle nubi protostellari di almeno 10 miliardi di anni fa e di non inquinare la misura da fenomeni convettivi più rilevanti nelle stelle di più piccola massa.

Le misure danno un valore dell'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ sorprendentemente simile in stelle di diversa temperatura superficiale, suggerendo con ragionevole certezza che stiamo effettivamente misurando l'abbondanza primordiale di questo elemento.

L'abbondanza di ${}^7\text{Li}$ primordiale dipende dalla quantità di materia ordinaria (o barionica, nel gergo astrofisico, e quindi non dipende dalla quantità di materia oscura) presente nell'Universo. Assumendo valido il modello standard, tale quantità può essere stimata dalle proprietà statistiche delle anisotropie della radiazione di fondo cosmico a microonde e permette di stimare quanto ${}^7\text{Li}$ ci si dovrebbe aspettare. Ora, l'analisi delle

anisotropie della radiazione di fondo cosmico, misurate dalle missioni spaziali WMAP e Planck, fornisce una quantità in evidente disaccordo con le misure stellari.

La discrepanza viene comunemente indicata come il problema del litio. Ma nella mente dei cosmologi il problema non sta nella previsione discrepante del modello rispetto alle misure nelle stelle, quanto piuttosto nelle misure nelle stelle che non coincidono con la previsione. La letteratura che cerca possibili errori sistematici nelle misure nelle stelle è vasta, ma non ha prodotto indicazioni di presenza di errori sistematici significativi: la misura nelle stelle è rimasta stabile negli ultimi trent'anni, nonostante l'enorme miglioramento delle tecniche osservative e del controllo degli errori sistematici.³ La possibilità che sia il modello cosmologico standard ad essere errato, come vorrebbe un approccio epistemologico sano, non è sostanzialmente presa in considerazione dalla comunità dei cosmologi.

4. *Falsificabilità*

È chiaro che un atteggiamento in cui si presuppone che il modello sia comunque corretto e che le discrepanze eventualmente emergenti siano dovute solo ad errori sistematici pone serie questioni sulla validità della falsificabilità come metodo epistemologico.

In effetti la questione è seria da quando è stata avanzata l'ipotesi dell'esistenza della materia oscura negli anni '70 del secolo scorso. La presenza di materia oscura si rende per esempio necessaria per descrivere i moti stellari nelle galassie a disco che sono evidentemente discrepanti dai moti predetti dalla gravità newtoniana sulla base della distribuzione delle stelle.

Per non abbandonare la teoria della gravità di Newton, e quindi la Relatività Generale che la comprende, si richiede che ciascun disco galattico sia immerso in un alone di materia oscura tipicamente dieci volte più massiccio del disco stesso. L'aspetto epistemologico rilevante è che in questo modello possiamo determinare la massa di questo alone solo dopo aver misurato la velocità di rotazione del disco: dalla sola misura della distribuzione delle stelle nel disco non siamo in grado di predire quale debba essere tale velocità di rotazione. L'impossibilità di formulare delle previsioni rende quindi il modello non falsificabile.

³ D. MERRITT, *A Philosophical Approach to MOND*, Cambridge University Press, Cambridge 2020, pp. 161-170.

Un'ipotesi indipendente, emersa negli anni '80 del XX secolo, riguarda la natura della materia oscura, che si ipotizza sia costituita di particelle elementari diverse dalle famiglie leptoniche e barioniche note. Combinando le due ipotesi distinte (esistenza di materia oscura intorno ai dischi galattici, inclusa la nostra Via Lattea, e natura di particelle elementari della materia oscura stessa) si conclude che un rivelatore di particelle elementari sul nostro pianeta possa essere in grado di identificare le particelle di materia oscura della Via Lattea. Questa conclusione ha motivato e finanziato un gran numero di esperimenti negli ultimi decenni. Nessun esperimento, tuttavia, è ancora riuscito a identificare alcuna particella elementare che possa costituire la materia oscura. Il modello formula infatti ipotesi molto vaghe sulle proprietà di queste particelle, inclusa la loro massa. Manca di nuovo una chiara previsione: gli esiti negativi degli esperimenti dicono solamente che non esistono le particelle che questi esperimenti sarebbero in grado di identificare, ma non escludono che possano esistere particelle con altre proprietà che i rivelatori non sono in grado di identificare: la mancanza di previsione rende impotente lo strumento della falsificabilità.

L'esistenza della materia oscura viene spesso considerata convincente in seguito all'esistenza dell'ammasso di galassie battezzato Bullet cluster: combinando osservazioni nelle bande elettromagnetiche dell'ottico e dei raggi X e supponendo valida la Relatività Generale, si deduce che in questo ammasso la componente di materia oscura coincide solo con la distribuzione di galassie e non con la distribuzione del mezzo intergalattico. Come detto, però, tale deduzione si basa sull'assunzione della validità della Relatività Generale, la quale richiede proprio la materia oscura per spiegare la dinamica degli ammassi di galassie. Si tratta quindi di un cortocircuito logico: usiamo una teoria della gravità che necessita della materia oscura per spiegare i dati osservativi per convincerci che la materia oscura esiste. Questo cortocircuito non sembra scalfire la comunità astrofisica che spesso cita il Bullet cluster come prova diretta dell'esistenza di materia oscura. L'uso dell'appellativo diretta è evidentemente un abbaglio semantico.

5. *Previsione e falsificabilità*

Nel 1983 Mordehai Milgrom propose una teoria modificata della dinamica newtoniana (Modified Newtonian Dynamics, MOND) che introduce una nuova costante della natura, un'accelerazione $a_0 = 1.2 \times 10^{-10} \text{ m s}^{-2}$. In regioni di grandi accelerazioni rispetto a a_0 la dinamica è newtoniana, ad accelerazioni

minori di a_0 la dinamica è modificata e l'accelerazione viene amplificata in accordo con una nuova seconda legge della dinamica.

Con questa modifica, la forza gravitazionale viene amplificata rispetto a quella newtoniana nelle regioni di bassa accelerazione, come le regioni esterne delle galassie a disco o all'interno di galassie nane con bassa numero di stelle per unità di volume.

Rispetto al modello standard, il vantaggio epistemologico non trascurabile di questa modifica sta nella possibilità di formulare previsioni e quindi di poter essere falsificata. Per esempio, dalla distribuzione delle stelle in una galassia a disco possiamo prevedere quale debba essere la velocità di rotazione. La successiva misura delle velocità può confermare o confutare la previsione. La situazione è diversa rispetto all'ipotesi di materia oscura, dove solo la misura delle velocità ci permette di stimare quanta massa debba contenere l'alone di materia oscura: in quest'ultimo caso, quindi, non sono formulabili previsioni. Il confronto tra le previsioni di MOND e le misure delle velocità di rotazione delle galassie a disco è stato realizzato per centinaia di galassie: a tutt'oggi non sono state identificate galassie per le quali la previsione di MOND sia stata confutata.

MOND ha formulato un'ampia varietà di previsioni e quindi è facilmente falsificabile. A titolo di esempio, illustriamo la previsione sulla dinamica delle galassie nane. Questi sistemi hanno un numero di stelle per unità di volume molto basso rispetto ad una galassia a disco o una galassia ellittica. Nell'ambito di MOND ci aspettiamo dunque una gravità molto amplificata rispetto alla gravità newtoniana e possiamo prevedere le velocità delle stelle all'interno di queste galassie. Tale previsione fu formulata da Milgrom nel 1983.⁴ Le prime misure significative di queste velocità vennero realizzate nel 1991 e sono in perfetto accordo con le previsioni.⁵ Ma la previsione di Milgrom restò ignorata perché la convinzione che debba esistere la materia oscura era, ed è, radicata nella mente dei cosmologi. Pertanto, la conclusione accettata fu che la massa delle galassie nane è costituita da una quantità di materia oscura da 100 a 1000 volte la massa associata alle stelle. Questa interpretazione è esattamente quella prevista da Milgrom diciotto anni prima: «[...] we predict that when velocity dispersion data is [sic] available for the

⁴ M. MILGROM, *A Modification of the Newtonian Dynamics – Implications for Galaxies*, in «The Astrophysical Journal», 270, 1983, p. 371.

⁵ M. MATEO, E. OLSZEWSKI, D.L. WELCH, P. FISCHER, W. KUNKEL, *A Kinematic Study of the Fornax Dwarf Spheroidal Galaxy*, in «The Astronomical Journal», 102, 1991, p. 914.

dwarfs, a large mass discrepancy will result when the conventional dynamics is used to determine the masses».⁶

Anche l'ipotesi dell'esistenza della materia oscura può produrre alcune previsioni. Tali previsioni però sono spesso discrepanti dai dati osservativi: galassie satellite meno numerose di quelle attese, galassie satellite luminose attese ma non osservate, profili di densità di materia osservati piatti invece che a cuspidi nella parte centrale delle galassie nane, e così via.⁷

La soluzione a queste discrepanze da parte della comunità scientifica non è abbandonare l'ipotesi di partenza dell'esistenza di materia oscura quanto piuttosto aggiungere ipotesi ausiliarie, le quali sono utili in generale a spiegare solo i nuovi dati osservativi, ma sono spesso incapaci di produrre nuove previsioni, quando non sono addirittura non falsificabili: per esempio l'ipotesi di materia oscura sfocata, costituita di particelle elementari con una lunghezza d'onda di de Broglie di 2 kpc (circa 60 milioni di miliardi di chilometri) è, per sua stessa definizione, impossibile da rivelare in un laboratorio terrestre.⁸ Questo processo di introduzione di ipotesi ausiliari sterili è un fenomeno noto in epistemologia, battezzato da Imre Lakatos «spostamento degenerativo del problema».⁹

MOND rappresenta un'alternativa epistemologicamente convincente¹⁰ ma inaccettata per la convinzione radicata tra i cosmologi dell'esistenza della materia oscura.¹¹ Non potendola confutare, MOND viene spesso liquidata rapidamente senza alcuna argomentazione scientifica: «the MOND theory seeks to modify the theory of gravity in order to dispense with the need for dark matter. There is little in the way of compelling theory or data to support

⁶ M. MILGROM, *A Modification of the Newtonian Dynamics – Implications for Galaxies* cit., p. 381.

⁷ I. DE MARTINO, S.S. CHAKRABARTY, V. CESARE, A. GALLO, L. OSTORERO, A. DIAFERIO, *Dark Matters on the Scale of Galaxies*, in «Universe», 6, 107, 2020, pp. 1-84.

⁸ Ivi, p. 41.

⁹ I. LAKATOS, *History of Science and Its Rational Reconstructions*, in *The Methodology of Scientific Research Programmes (Philosophical Papers)*, a cura di J. Worrall e G. Currie, Cambridge University Press, Cambridge 1978, vol. I., pp. 102-138.

¹⁰ D. MERRITT, *A Philosophical Approach to MOND*, cit.

¹¹ L'adeguatezza di MOND sulla scala delle galassie non è confermata sulla scala degli ammassi di galassie, dove la predizione di MOND sulla velocità delle galassie differisce di un fattore due dai valori osservati. Tale discrepanza contribuisce a insospettire la maggioranza della comunità scientifica, nonostante l'ineguagliato successo della teoria sulla scala delle galassie.

such a position». ¹² Ma la convinzione dell'esistenza della materia oscura è pericolosamente più radicata della ragionevolezza epistemologica. Quest'ultima viene addirittura contestata: «the falsifiability criterion gestures toward something true and important about science, but it is a blunt instrument in a situation that calls for subtlety and precision». ¹³

Un atteggiamento pericoloso che viene colto dal pensiero di Tullio Regge registrato da Edoardo Sanguineti [Fig. 1]: la deriva metafisica della cosmologia moderna, forte di un'interpretazione non falsificabile, sta diventando realtà.

falsificabilità

non registrato;

T. Regge, I limiti del vero, in "Stampa", 30 agosto 1995 (sottotitolo: "Che cosa rimarrà di Popper"): "il concetto di falsificabilità deve essere riveduto per la matematica (...). La non falsificabilità _ la regola in tutte le manifestazioni del paranormale";

Fig. 1. Scheda di E. Sanguineti conservata nella *Wunderkammer* del Centro Studi Interuniversitario *Edoardo Sanguineti* di Torino.

Più che mai risuona oggi lapidario il noto aforisma attribuito a Lev Davidovič Landau: «I cosmologi sono spesso in errore ma mai in dubbio».

¹² J. SILK, *Dark Matter Theory*, in *Measuring and Modeling the Universe*, a cura di W. Freeman, Carnegie Observatories Astrophysics Series, vol. II, Pasadena, CA, USA, 2004, p. 69.

¹³ S. CARROLL, *Falsifiability*, in *2014: What Scientific Idea Is Ready for Retirement?*, «Edge», 2014 www.edge.org/response-detail/25322/ (url consultato il 10/07/2024).