

naturalmente scienza

ottobre 2022

anno 3

numero 3

quadrimestrale

in questo numero:

IN PRIMO PIANO: *L'altra faccia subdola del nucleare: i microreattori* di Angelo Baracca e Giorgio Ferrari • **RITRATTO DI FAMIGLIA:** *Scutigerae* di Alessandro Minelli • **FOCUS:** *Storici della scienza e militanza politica. A proposito di un progetto di "storia orale"* di Fabio Lusito e Gerardo Ienna • *Le controversie degli anni '70 fra marxisti dialettici e storici: il contesto storico* di Angelo Baracca • *Il confronto tra approcci marxisti al tema della scienza* di Arcangelo Rossi • *La fisica, la storia, il movimento: appunti sparsi delle memorie di un cane sciolto* di Gianni Battimelli • **UNO SCATTO ALLA NATURA:** *Le lacrime della miseria* di Stefano Piazzini • **CONTRIBUTI:** *Lo stadiale negazionista* di Fabio Fantini • *Il cervello che (non) dorme* di Giulio Bernardi • *Lo stato vivente della materia* di Marco Buiatti • *Crisi ambientale e questioni di genere* di Alessia Fallocco • **FARE SCUOLA:** *Pensando alla matematica* di Matej Brešar • *Tra matematica e fisica: una prospettiva interdisciplinare* di Maria Arcà e Emiliano Degiorgi • *Quale educazione matematica al nido e all'infanzia?* di Lucia Stelli

Direttore responsabile

Alessandra Borghini

Direzione scientifica

Vincenzo Terreni, Maria Turchetto

Comitato editoriale

Giambattista Bello, Paola Bortolon,
Maria Castelli, Raffaello Corsi,
Fabio Fantini, Lucia Stelli

Proprietà della testata

Vincenzo Terreni

Comitato scientifico

Germano Bellisola (Liceo Classico Vicenza), Elena Bonaccorsi (Università di Pisa), Silvia Caravita (CNR Roma), Aldo Corriero (Università di Bari), Elena Falaschi (Università di Pisa), Elena Gagliasso (Università di Roma "La Sapienza"), Irene Gatti (MPI Roma), Bruno Massa (Università di Palermo), Alessandro Minelli (Università di Padova), Stefano Piazzini (Liceo Scientifico Ancona), Marco Piccolino (Università di Ferrara), Giovanni Scillitani (Università di Bari)

Gli articoli pubblicati nelle sezioni *In primo piano*, *Focus*, *Contributi* e *Fare scuola* sono sottoposti a un processo di revisione anonimo tra pari (blind peer review).

In copertina e controcopertina:

Tramonto di fuoco nell'Alta Murgia, foto di Giovanni e Renzo Stimolo

Informazioni e contatti

<https://www.naturalmentescienza.it>

redazione@naturalmentescienza.it

+39 349 6396739

Prezzi e condizioni di abbonamento

singolo fascicolo formato PDF: € 5,00

singolo articolo formato PDF: € 2,00

singolo fascicolo cartaceo: € 11,00

abbonamento annuale privato

(3 numeri) formato PDF: € 10,00

abbonamento istituzionale

(3 numeri) formato PDF: € 15,00

abbonamento annuale privato

(3 numeri) cartaceo: € 25,00

abbonamento istituzionale

(3 numeri) cartaceo: € 35,00

Indirizzare i pagamenti a:

BANCO POPOLARE

IBAN IT38G0503414011000000359148

Registrazione presso il Tribunale di Pisa n. 1/2021

© Copyright 2022

Edizioni ETS

Palazzo Roncioni - Lungarno Mediceo, 16 - 56127 Pisa

info@edizioniets.com

www.edizioniets.com

Distribuzione

Messaggerie Libri SPA

Sede legale: via G. Verdi 8 - 20090 Assago (MI)

Promozione

PDE PROMOZIONE SRL

via Zago 2/2 - 40128 Bologna

editoriale

Cari lettori,

con questo si chiude il terzo anno della rivista con 8 numeri usciti. Un periodo abbastanza lungo per fare il punto della situazione. Abbiamo avviato questa avventura con entusiasmo, ma anche con molta incertezza nel riuscire a riprendere i contatti con coloro che avevano seguito *NATURALMENTE Fatti e trame della Scienza*, non sappiamo se ci stiamo riuscendo. La rivista si rivolge a un pubblico interessato alla scienza nel suo orizzonte più vasto, cercando di coinvolgere i lettori nell'approfondimento, nella riflessione, nel dibattito. Nel prossimo futuro inizieremo la procedura per ottenere il riconoscimento di periodico scientifico e quindi una maggiore attenzione da parte di giovani ricercatori che potranno trarre anche vantaggi professionali dalla pubblicazione dei loro lavori in queste pagine.

Certo la situazione dell'editoria non sta attraversando un buon momento e, purtroppo, si tratta di una crisi generale che ha colpito tutto il pianeta. Con l'inizio della stagione fredda è probabile la recrudescenza della pandemia di cui non si sente più parlare, ma non per questo si può affermare che sia terminata visto l'alto numero di mutanti in circolazione. Quando sembrava che la situazione sanitaria stesse migliorando è iniziata l'aggressione all'Ucraina, un paese confinante con l'Unione Europea. Fino ad ora l'Unione Europea ha mantenuto una situazione di fermezza nei confronti della Russia, ma il conflitto sembra aggravarsi tra minacce e pressioni sempre più aggressive. Occorre la massima sintonia tra i paesi dell'Unione, provati dalla tensione di una guerra sanguinosa ai confini e dal pericoloso peggioramento dell'economia.

In questa circostanza sono passati in secondo piano i problemi ambientali: non sembra che si vada verso il contenimento della temperatura globale nei tempi previsti, la guerra e la crisi economica conseguente non hanno permesso di raggiungere gli obiettivi prefissati. Lo scioglimento massiccio dei ghiacciai porterà all'innalzamento dei mari e al ritiro delle linee di costa in tutto il mondo. I fenomeni atmosferici hanno assunto frequenza e violenza sempre maggiori, con danni enormi in ogni continente.

Noi cercheremo di fare la nostra parte di divulgatori attenti, con la speranza che una maggiore conoscenza della natura dei fenomeni che stanno portando cambiamenti molto negativi nella nostra vita ci aiuti a sviluppare e consolidare un maggiore rispetto per gli equilibri geodinamici compromessi dalla limitata avvedutezza dei comportamenti umani. Per questo motivo in questo numero vogliamo avviare un dibattito sul nucleare. Iniziamo con un articolo breve, che tocca un aspetto della questione, ma proseguiremo nel numero successivo con vari contributi sull'argomento. ●

SOMMARIO

IN PRIMO PIANO

L'altra faccia subdola del nucleare: i microreattori <i>di Angelo Baracca e Giorgio Ferrari</i>	5
--	---

RITRATTO DI FAMIGLIA

Scutigeridae <i>di Alessandro Minelli</i>	9
--	---

FOCUS: SCIENZIATI E MILITANZA POLITICA

Storici della scienza e militanza politica. A proposito di un progetto di “storia orale” <i>di Fabio Lusito e Gerardo Ienna</i>	13
Le controversie degli anni '70 fra marxisti dialettici e storici: il contesto storico <i>di Angelo Baracca</i>	19
Il confronto fra approcci marxisti al tema della scienza <i>di Arcangelo Rossi</i>	26
La fisica, la storia, il movimento: appunti sparsi dalle memorie di un cane sciolto <i>di Gianni Battimelli</i>	30

UNO SCATTO ALLA NATURA

Le lacrime della miseria <i>di Stefano Piazzini</i>	35
--	----

CONTRIBUTI

Lo stadio negazionista <i>di Fabio Fantini</i>	37
Il cervello che (non) dorme <i>di Giulio Bernardi</i>	43
Lo stato vivente della materia <i>di Marco Buiatti</i>	52
Crisi ambientale e questioni di genere <i>di Alessia Fallocco</i>	57

FARE SCUOLA

Pensando alla matematica <i>di Matej Brešar</i>	63
Tra matematica e fisica: una prospettiva interdisciplinare <i>di Maria Arcà e Emiliano Degiorgi</i>	70
Quale educazione matematica al nido e all'infanzia? <i>di Lucia Stelli</i>	78

L'altra faccia subdola del nucleare: i microreattori

Angelo Baracca e
Giorgio Ferrari

Today it is mainly the Eastern countries that build traditional large-scale nuclear reactors, while in the West the attention goes rather to the Small modular reactors and micro-reactors (also called nuclear batteries) developed in the USA which represent a "subtle" proposal given their characteristics, neglected not only by politicians, but also by environmentalists and anti-nuclearists.

Keyworde: *Micro-reactors, Small modular reactors*

L'esasperazione della crisi climatica ha ridato fiato ai sostenitori dell'energia elettronucleare, nonché ovviamente ai colossali interessi dell'industria nucleare, che promuove questa soluzione spacciandola come *carbon free*. Non stiamo qui a ripetere che questa definizione è ovvia se ci si riferisce al fatto che i processi di fissione *nucleare* che avvengono all'interno del reattore comportano trasmutazioni nucleari ma non reazioni chimiche, ma se si considera l'impatto del ciclo complessivo dell'uranio che sta a monte e a valle della generazione elettrica vera e propria, il nucleare contribuisce sensibilmente alle emissioni di CO₂ in atmosfera. Schematicamente si tratta delle emissioni associate ai processi di estrazione e raffinazione del minerale di partenza, arricchimento dell'uranio, fabbricazione del combustibile che stanno a monte, mentre a valle le attività impattanti riguardano il riprocessamento del combustibile e il trattamento e la sistemazione dei rifiuti radioattivi.

Diversamente dagli anni '70-80 del secolo scorso però, quando la costruzione dei reattori nucleari era concentrata in Occidente, oggi sono i paesi orientali (Cina, Corea del Sud, India con l'aggiunta della Russia) a costruire reattori tradizionali di grossa taglia, mentre in Europa e negli USA l'attenzione è concentrata sulle cosiddette nuove tecnologie come gli SMR (Small Modular Reactors) che tanto appassionano diversi uomini politici nostrani, ivi incluso il Ministro della Transizione ecologica. In realtà gli SMR, dal punto di vista dello sfruttamento dell'energia nucleare, non costituiscono né una novità, né una opportunità a portata di mano: dei 72 progetti di SMR censiti dall'IAEA nello yearbook del 2020, molti sono in fase di progettazione concettuale, mentre gli altri non hanno mai superato la fase del prototipo, tanto che 7-8 di questi progetti furono esaminati dall'Enel



Small Modular Reactor

già 40 anni fa. Se di novità si deve parlare, essa riguarda le modalità di costruzione che, come indicato dalla sigla, sono realizzate per moduli, cioè parti di impianto assemblate in fabbrica e poi montate sul sito allo scopo di accorciare i tempi di costruzione e diminuire i costi. Ciò implica, però, che i reattori abbiano una potenza contenuta come il prototipo della NuScale, recentemente licenziato dalla NRC (Autorità di sicurezza USA), che sviluppa appena 77 MWe per cui, nel caso di potenze più elevate come quelle richieste nella produzione di energia elettrica, viene meno il concetto di economia di scala e quindi la redditività dell'impresa.

Diverso è il caso dei microreattori, sviluppati negli USA, che rappresentano una delle proposte che potremmo definire più "subdole" date le caratteristiche intrinseche di cui, sulla carta, sono dotati e che, sorprendentemente, vengono trascurate non solo dai politici, ma anche da ambientalisti e antinuclearisti.

Tecnicamente si presentano come un derivato della filiera Pwr (reattori ad acqua in pressione) di origine militare, ma con ibridazioni che rimandano ai reattori a gas e alla chimica degli accumulatori di calore. I più avanzati sono il modello "eVinci" della Westinghouse e i prototipi realizzati dall'Argonne national laboratory nell'ambito dei programmi di ricerca del DoE (Department of Energy degli Stati Uniti). Si tratta di reattori a fissione che usano combustibile arricchito fino al 20% (vale a dire 4-5 volte più elevato di quello dei reattori in esercizio¹); sono moderati a grafite e raffreddati ad elio in circolazione naturale (senza bisogno di pompe) ed hanno una potenza variabile appunto da 1 a 10 MWe. Le dimensioni di questi modelli sono tali da stare in un normale container da trasporto, sia su strada che per ferrovia, arrivando ad un peso massimo di 40 t per quelli più potenti. Il progetto di questi microreattori (detti anche "nuclear battery") è ispirato

1. Oltre la soglia di arricchimento del 20% l'uranio è considerato di interesse militare: anche se la realizzazione di ordigni nucleari richiede un ar-

ricchimento superiore al 90%, arrivare comunque al 20% richiede un maggiore dispendio di energia.

al concetto del "plug-and-play", cioè si attacca la spina e si mette in funzione come un normale elettrodomestico. Queste macchine sono completamente assemblate in fabbrica; hanno una vita utile tra di 30-40 anni; la manutenzione è a carico del fabbricante ed hanno tempi di installazione dell'ordine dei mesi.

Negli Usa, per motivi di sicurezza nazionale, il Dipartimento della Difesa ha messo a punto un programma operativo per rendere più sicuro ed affidabile il funzionamento di circa 500 basi dell'apparato militare statunitense attraverso l'uso di microreattori. In questo modo l'alimentazione di queste basi sarà resa indipendente dalla rete elettrica che potrebbe essere comunque soggetta a interruzioni e sabotaggi. Il primo di questi microreattori è stato assegnato alla base aeronautica di Eielson in Alaska e dovrebbe essere operativo nel 2027.

Ancora più esteso si presenta il campo di applicazione civili di questi reattori, spaziando dalle miniere alle comunità isolate, dalla produzione di energia elettrica, a quella di calore per usi industriali e civili, a quella della potabilizzazione e desalinizzazione delle acque. Se si pensa poi al settore della mobilità elettrica, la diffusione dei microreattori può risultare ancora maggiore dato che si prestano ad essere impiegati quali fonti di energia elettrica indipendente per alimentare le migliaia e migliaia di stazioni di ricarica per veicoli elettrici (auto e camion) che saranno



Microreattore

costruite nelle grandi vie di comunicazione. Qui si schiudono orizzonti impensabili per l'energia nucleare se appena la si collocasse nello schema concettuale che molti "esperti" (ambientalisti e non) propugnano come modello di produzione elettrica distribuita sul territorio, simbolicamente rappresentata dalla "Smart grid", cioè una rete "intelligente" che proprio in virtù di una produzione elettrica non più concentrata in grandi impianti, è in grado di regolare i flussi di energia in modo bidirezionale (dai nodi periferici al centro di una rete elettrica e viceversa). Concettualmente infatti non c'è nulla di più *feasible* di un microreattore nucleare per far funzionare una smart grid.

In questo sta la l'insidiosa "novità" del *nucleare che verrà* e a cui dovremo far fronte: non più la macchina imponente e minacciosa dei vecchi grandi reattori (anche se non scompariranno del tutto), ma un apparato di dimensioni ridotte e dalle architetture leggere in modo da renderlo più "friendly" e farlo entrare nel novero dei congegni tecnologici con cui le persone si relazionano quotidianamente, facendone una presenza discreta e non invadente: in poche parole, un nucleare "domestico".

Ma al di là di questi aspetti "accattivanti", i problemi di fondo comuni a tutta la tecnologia nucleare non cambiano, anzi: a parte il tema - ancora tutto da investigare - dei possibili incidenti, ciò che si aggrava e si complica è il problema delle scorie. Si aggrava perché l'estrema compattezza dei microreattori fa sì che tutto il reattore sia considerato come un unico grande rifiuto ad alta attività; si complica perché, ove mai questa tecnologia prendesse piede, ci troveremmo di fronte ad una vera e propria proliferazione nucleare, soggetta ad attentati, sabotaggi ed usi impropri che porta con sé, inevitabilmente, una militarizzazione del territorio senza precedenti. ●



Le "generazioni" del nucleare

La questione del nucleare è tornata di attualità con la crisi energetica. Nel luglio scorso il Parlamento Europeo ha approvato di fatto – respingendo una mozione contraria – l'inserimento del nucleare nella "tassonomia" (un elenco di attività economiche considerate sostenibili dal punto di vista ambientale) prevista dal *Green Deal* europeo. Non sono ovviamente mancate le polemiche né le critiche. Il report favorevole del JRC (*Joint Research Center*, l'ufficio per la scienza della Commissione europea) è stato commentato da gruppi di esperti (*Group of experts on radiation protection* e *Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks*) che, pur concordando sui risultati principali del JRC, hanno rilevato la sottovalutazione del rischio di incidenti, del problema dello smaltimento delle scorie e dell'impatto delle radiazioni sull'ambiente.

Ma di quale nucleare si parla? Dopo la fase pionieristica dei reattori di *prima generazione* del nucleare (anni '60 e '70) sono stati sviluppati reattori di *seconda e terza generazione* (la stragrande maggioranza di quelli attualmente in funzione), sempre più grandi per realizzare economie di scala, come quello di Montalto di Castro (chiuso dopo il referendum) e quello tristemente famoso di Fukushima in Giappone.

La *quarta generazione* è ancora allo stadio di progetto, prototipo, esperimento e dimostrazione perché non abbastanza matura da consentire un utilizzo industriale in sicurezza. Promette molto – minimizzare la produzione di scorie, abbassare i costi, aumentare il livello di sicurezza – ma richiede anche nuovi strumenti di valutazione dell'impatto economico e ambientale.

Francesca Meriggio

Stato e tendenze dei programmi nucleari nel mondo

Fare una valutazione dello sviluppo degli impianti nucleari nel mondo è un esercizio problematico per diversi motivi dovendo tener conto degli impianti in esercizio, di quelli in costruzione, di quelli pianificati e di quelli proposti che, salvo il caso di quelli in esercizio, presentano criteri di classificazione alquanto elastici, riferibili ad accordi o intese che non di rado restano solo sulla carta o vengono ridimensionati. Inoltre, tenuto conto che i tempi di costruzione medi di una centrale nucleare non sono inferiori agli otto anni, ha poco significato confrontare questi dati complessivi da un anno all'altro, per cui è preferibile prendere a riferimento un arco di tempo di almeno dieci anni. In questa breve nota vengono considerati i dati esposti dalla World Nuclear Association (WNA), non perché siano più attendibili di altri, ma perché provengono da una fonte non sospetta di ostilità verso il nucleare, così da non correre il rischio di sottostimare l'andamento complessivo.

Un rapido confronto tra i dati WNA del dicembre 2011 e quello dell'ottobre 2021 non mostra cambiamenti significativi; anzi, a fronte di un aumento dei reattori in esercizio pari ad 8 unità nel 2021, tutte le altre casistiche risultano in diminuzione con un marcato calo dei reattori pianificati che da 156 del 2011 passano a 101 nel 2021. Nello stesso arco di tempo i paesi interessati a costruire impianti nucleari diminuiscono da 48 a 42 facendo registrare le defezioni di Cile, Italia, Indonesia, Israele, Malesia, Corea del Nord, Vietnam, con la sola nuova presenza dello Uzbekistan. Un quadro tutto sommato stabile, semmai con qualche accenno di flessione che però, al suo interno, mostra delle polarizzazioni e alcune significative novità che saranno utili per interpretare le linee di tendenza dello sviluppo nucleare.

Da un punto di vista geo-politico risulta evidente il ruolo trainante di alcuni paesi asiatici (Cina, Corea, India) oltre a Russia e Pakistan che nel periodo considerato hanno messo in servizio complessivamente 50 nuovi impianti e ne mostrano altri 308 tra pianificati e proposti. Altrettanto evidente è la novità rappresentata dai paesi dell'area medio orientale (Emirati arabi, Arabia Saudita, Egitto, Giordania, Turchia) a cui sono attribuiti 30 nuovi impianti tra pianificati e proposti oltre ai 2 già in funzione negli Emirati arabi.

Per quanto riguarda il continente europeo (Russia esclusa) i dati della WNA non risultano del tutto aggiornati in quanto non tengono conto delle ultimissime dichiarazioni di intenti dei governi di alcuni paesi europei che stimano di voler costruire:

- Francia: 6 EPR (modello di punta della tecnologia francese) e 10 reattori SMR;
- Inghilterra: 4 EPR e 16 reattori da 460 MW;
- Polonia: 6 EPR oltre ad un numero imprecisato di SMR del tipo BWRX300 della General Electric;
- Romania: 2 reattori CANDU (reattore ad acqua pesante di progettazione canadese);
- 17 nuovi reattori suddivisi tra Lituania, Bulgaria, Ungheria, Ucraina, Bielorussia, Repubblica Ceca, Slovacchia, Slovenia.

Gli Stati Uniti infine, secondo i dati forniti dalla WNA, rappresentano la grande incognita di questa fase dal momento che, apparentemente, non risultano che pochi nuovi reattori in costruzione o pianificati ma, come vedremo, bisogna tener conto di altri fattori che non sono contemplati nelle tabelle della WNA.

In conclusione l'insieme dei reattori che a tutt'oggi risultano pianificati e proposti somma a circa 440 unità che se sommati a quelli in costruzione e in esercizio darebbero una cifra molto vicina a 1000: è il numero auspicato dalla WNA nelle sue proiezioni al 2050, numero che però non è del tutto attendibile in quanto occorre considerare che molti di questi reattori pianificati non saranno mai realizzati e che, inoltre, numerosi reattori oggi in funzione saranno chiusi (nel decennio considerato sono stati messi fuori servizio 45 reattori) per raggiunti limiti di età (sempre che non ne venga prolungata la vita utile come, peraltro, è già successo in Francia e negli Usa).

Quali sono dunque le chances di una ripresa effettiva del nucleare e su quali basi poggiano? Per tentare di comprenderlo occorre tener conto di diversi fattori che, oltre ad esaminare le annunciate novità del nucleare da un punto di vista tecnologico, lo pongano in relazione all'attuale contesto socio-politico ed in particolare alle scelte di politica energetica e industriale che rappresentano i punti fondamentali dell'agenda politica internazionale. Tra queste strategie occupa sicuramente un posto di rilievo la decisione della Commissione Europea di inserire il nucleare (ma anche il gas naturale) fra le "attività transitorie" riconosciute nella tassonomia dell'Unione Europea come attività che contribuiscono alla mitigazione degli effetti dovuti ai cambiamenti climatici e che, quindi, possono essere finanziabili subordinatamente al rispetto di specifici requisiti prescritti dal regolamento di applicazione della UE.

Giorgio Ferrari

ritratto di famiglia

Scutigeraidae

Alessandro Minelli



In questa rubrica, presentiamo un gruppo familiare zoologico per volta, quale esemplificazione della varietà animale. La famiglia è un'unità tassonomica contenente un insieme di specie aventi in comune determinate caratteristiche, frutto dell'evoluzione, che testimoniano l'origine da un unico progenitore. Questo "ritratto" è dedicato a Scutigeraidae, appartenente al piccolo ordine Scutigleromorpha, del quale si conoscono in tutto poco meno di cento specie.

Scutigera coleoptrata (Linnaeus, 1758) è uno degli animali più peculiari, fra quelli che frequentano le nostre case. La velocità con cui si sposta, anche sulle superfici verticali dei nostri muri, può dare motivo di inquietudine, alla quale contribuisce anche la straordinaria lunghezza delle sue trenta zampe, che non invitano a cercare di afferrare questo furtivo miriapode, lungo fino a 5 centimetri.

A parte due specie nordafricane presenti anche nella Spagna meridionale, si tratta dell'unica specie europea di un piccolo ordine (Scutigleromorpha), del quale si conoscono in tutto poco meno di cento specie, diffuse soprattutto nelle zone calde dell'America centromeridionale, del Sudest asiatico e della regione australiana.

Le scutigere appartengono ai Chilopodi, la classe di miriapodi caratterizzata dalla presenza di un paio di forcipule velenifere, delle quali si servono nella cattura della preda. Le forcipule sono le appendici del primo segmento del tronco, ma dal punto di vista funzionale si integrano con le appendici ventrali del capo, (le mandibole e le due paia mascelle) nella funzione alimentare. I più noti e vistosi rappresentanti dei Chilopodi sono le scolopendre, il cui morso può essere molto doloroso anche per l'uomo ma, per fortuna, senza serie conseguenze; quello di una scutigera è improbabile e, in ogni caso, non pericoloso.

All'interno degli Scutigeroformi, la morfologia è molto omogenea, per cui una buona descrizione della nostra specie potrà darci una buona idea dell'intero gruppo.

Oltre che per la loro lunghezza spropositata (soprattutto quelle dell'ultimo paio, che possono essere molto più lunghe dell'intero corpo dell'animale), le zampe delle scutigere sono singolari anche per la loro grande flessibilità, dovuta al fatto che i due segmenti terminali (primo e secondo articolo tarsale) sono suddivisi in un grande numero di brevi segmenti secondari, fino a 500 circa. Lungi dal trovare intralcio nella gestione delle sue appendici, la scutigera raggiunge una velocità di circa 40 cm al secondo.

Allo stesso modo delle zampe sono fatte anche le lunghissime antenne. Unica, all'interno dei miriapodi, è la struttura dei due grandi occhi delle scutigere, che sono molto simili agli occhi composti degli insetti. Si tratta con ogni probabilità di un caso di convergenza.

Il tronco è rivestito dorsalmente da otto grandi scudi, ciascuno dei quali corrisponde a due segmenti (cioè, a due paia di zampe), tranne il quarto scudo, che ricopre i segmenti delle paia di zampe 7, 8 e 9. Ciascuno scudo porta, in prossimità del



vista frontale di *Scutigera coleoptrata*
(foto di Gianfranco Alemanno)

marginale posteriore, una stretta fessura che prende il nome di *stoma*, per la sua vaga rassomiglianza con le minuscole aperture che permettono gli scambi gassosi nelle piante. Anche nel caso delle scutigere si tratta, in effetti, di aperture coinvolte nella respirazione.

Da questo punto di vista, esse differiscono nettamente anche dagli altri Chilopodi, i quali respirano, allo stesso modo degli insetti, per mezzo di lunghe trachee che si aprono all'esterno con diverse paia di stigmi (o spiracoli) ai lati del corpo e raggiungono, con le loro ramificazioni più sottili, tutte le parti del corpo. Nelle scutigere, invece, la distribuzione dell'ossigeno è affidata all'apparato circolatorio, così come avviene, ad esempio, nei vertebrati. Peraltro, il pigmento respiratorio al quale l'ossigeno si lega in maniera reversibile non è la rossa emoglobina del nostro sangue, bensì l'emocianina, di colore blu, la cui molecola contiene un atomo di rame. Come tutti i miriapodi, le scutigere possiedono un vaso sanguigno dorsale, collocato cioè al di sopra del tubo digerente, che è rettilineo. All'interno di questo vaso, il liquido contenente emocianina (che negli Artropodi è chiamato emolinfa, invece che sangue) scorre verso la testa; il suo rientro nel vaso dorsale è assicurato dall'attività di numerose paia di muscoli distribuiti su tutta la lunghezza del tronco dell'animale, che attraverso 13 paia di piccole aperture (osti) riportano al cuore l'emolinfa dalla periferia. Per quanto riguarda la struttura dell'apparato circolatorio, nelle scutigere non vi è nulla di insolito. Insolito, anzi unico, è però il modo con cui l'emocianina riceve l'ossigeno proveniente dall'aria (e, per la stessa via, rilascia l'anidride carbonica prodotta dall'animale). Nelle scutigere, ciascuno degli 'stomi' dorsali immette in una cameretta, dalla parte della quale si diparte un grande numero (500-600 in *Scutigera coleoptrata*) di sottilissimi tubi chitinosi a fondo cieco, che finiscono a stretto contatto con la parete del vaso sanguigno dorsale. Sono proprio queste brevissime trachee, ciascuna delle quali ha un diametro di circa 6-7 μm , a portare l'ossigeno al sangue e a riceverne di ritorno la CO_2 .



***Scutigera coleoptrata* (foto di Gianfranco Alemanno)**

Gli individui dei due sessi sono molto simili per aspetto e per abitudini, ma si riconoscono facilmente per il numero e la forma delle appendici genitali (gonopodi) che portano all'estremità posteriore del tronco. Le femmine possiedono un paio di vistosi gonopodi a forma di pinza, che permettono di manipolare le uova al momento della deposizione; i maschi possiedono invece due paia di gonopodi a forma di bastoncino.

I maschi delle scutigere producono spermatofore, pacchetti di spermatozoi che vengono lasciati sul suolo, e sui quali la femmina applicherà la sua apertura genitale, rendendo possibile la fecondazione. Le spermatofore di *Scutigera coleoptrata*, di 4,5 x 2,3 mm, hanno la forma di un limone.

Al momento della deposizione, la femmina ricopre ciascun uovo con minuscole particelle terrose e lo lascia in un anfratto del substrato.

In laboratorio, le femmine di *Scutigera coleoptrata* depongono di regola quattro uova al giorno, ma a volte di più, fino a 20; nell'arco di una stagione possono arrivare complessivamente a 150 circa.

Alla schiusa, l'animaletto possiede solo un numero ridotto di segmenti e di zampe; segmenti e zampe mancanti verranno aggiunti, progressivamente, nel corso di alcune mute. In *Scutigera coleoptrata*, in particolare, il numero delle paia di zampe passerà progressivamente da 4 a 5, e poi

7, 9, 11, 13, 15. Questo è il numero finale, ma l'animale continuerà a crescere attraverso altre sei mute fino a raggiungere la maturità sessuale. Oltre alle dimensioni dell'animale, da uno stadio all'altro aumenta anche il numero di segmenti secondari (flagellomeri) delle antenne e della parte terminale delle zampe.

Per quanto noto, le scutigere vivono dai tre ai sette anni, a seconda dell'ambiente. Fuori dalle case, si ritrovano soprattutto sotto grosse pietre e cataste di legna. Alcune scutigere dell'Asia sudorientale, come *Thereuopoda longicornis* (Fabricius, 1793), sono abituali frequentatrici delle grotte.

Agli scutigermorfi sono stati attribuiti i più antichi resti fossili di Chilopodi finora descritti, che sono anche fra i più antichi artropodi terrestri. *Crussolum crusserratum* Shear, 1998, dal Devoniano Medio di Gilboa nello stato di New York, ma allo stesso genere appartengono probabilmente dei resti provenienti dal Siluriano-Superiore dell'Inghilterra (Ludford Lane; 418 milioni di anni fa) Queste forme antichissime differiscono dalle forme moderne per diversi caratteri, tra cui la struttura delle zampe, mentre alcuni fossili più recenti possono essere tranquillamente collocati all'interno degli scutigermorfi moderni – a partire da *Latzelia*, del Carbonifero di Mazon Creek, un famoso giacimento dell'Illinois. ●

Memorie di una famiglia, I quattro secoli dei Batini di San Giovanni alla Vena

A cura di Cesira Batini, Edizioni Il Campano, Pisa 2020



La memoria mitiga in parte il dolore della perdita, che è per tutti uno dei motivi di più acuta sofferenza. Non vorremmo perdere istanti importanti della nostra vita e per questo ci affidiamo spesso alle fotografie e ai diari. Ma per quanto tempo queste foto e queste pagine potranno parlare? A chi parleranno ancora trascorsi molti anni o decenni?

Se vogliamo recuperare il passato, sanare almeno in parte una perdita, dobbiamo utilizzare gli strumenti degli storici: raccogliere i documenti, analizzarli, selezionarli, stabilire un rapporto tra loro e con il contesto temporale in cui si collocano. E' quanto ha fatto Cesira Batini in *Memorie di una famiglia*. Il sottotitolo ci annuncia l'ampiezza temporale del suo lavoro da storica, "quattro secoli", e il contesto: San Giovanni alla Vena, un borgo toscano tra i monti pisani e l'Arno, che dal seicento al diciannovesimo secolo ha goduto della politica illuminata dei Granduchi, in particolare di Leopoldo II. In seguito, dopo l'Unità d'Italia, nel XX secolo ha visto le trasformazioni economico-sociali nel corso di due guerre mondiali.

Memorie di una famiglia è un'autentica opera storica per la decifrazione e la contestualizzazione dei documenti privati, inoltre essa si è avvalsa anche di documenti di archivio e delle informazioni fornite da amici e abitanti del luogo. Sappiamo ormai da tempo che la grande Storia non soltanto si arricchisce attraverso le opere di microstoria, ma diventa in tal modo più comprensibile e umana. Album e scritti di famiglia sono materiale prezioso per uno storico, per indagare più profondamente l'intreccio delle vicende, per circoscrivere nella vastità di un panorama un perimetro piccolo da illuminare e far emergere in modo significativo. Nel caso di Cesira Batini l'attenzione della storica si avvale da una parte delle sue attitudini e competenze di scienziata, della sua esperienza di osservatrice sperimentale che per anni ha lavorato nei laboratori parigini dell'Université de Paris Jussieu, ma anche del fatto di essere lei stessa una componente della famiglia che conosce profondamente dall'interno, almeno per il ventesimo secolo, il più recente, sia per l'esperienza diretta della sua lunga vita (Cesira si avvicina ai novant'anni quando scrive. Nonostante i tanti anni tra-

scorsi a Parigi, Cesira ha conservato un profondo legame con San Giovanni alla Vena, con la casa di famiglia e con il poco che ormai rimane di un patrimonio fondiario che, a partire dal Seicento aveva raggiunto il massimo incremento nel corso del XIX secolo, grazie all'amministrazione avveduta di un antenato definito "apogeo della famiglia", Pietro I, il nonno.

Fin dai primi documenti risalenti al XVII secolo, *Memorie di una famiglia* testimonia l'intreccio così particolare, nella regione toscana, tra attività agricola e tradizione culturale, ancora visibile nelle composizioni poetiche popolari, in particolare nei "maggi". La sicurezza dell'oralità in Toscana si lega probabilmente alla cura della lingua scritta, all'attenzione per una documentazione che rinsalda l'integrazione del gruppo nell'ambito familiare e locale.

Il libro non è un arido elenco di documenti, la trascrizione di testi, che nel contenuto variano dalla composizione poetica, ai decreti granducali, dalle lettere ai conti agricoli e ai contratti. È invece un testo scritto con uno stile leggero, che non cade mai nella retorica del ricordo, ma accompagna avvenimenti e personaggi con uno sguardo a volte complice, a volte ironicamente sorridente.

Memorie di una famiglia è costruito con una interessante struttura, in quanto – pur iniziando da scritti del XVII secolo per giungere alla seconda metà del XX – i suoi capitoli non seguono l'ordine cronologico, ma procedono privilegiando gli argomenti o i personaggi. Questo crea movimento e permette quella libertà di lettura preannunciata nel Prologo. Il libro si può leggere, anzi rileggere scegliendo il tema che interessa di più, dai lavori agricoli a quelli pubblici, dall'attenzione a un personaggio o alle varie vicende di vita. Cardine della storia familiare è senz'altro il nonno Pietro I, simbolo di una unità che a poco a poco si dirama in tanti rivoli. In tempi più recenti è Cesira Dal Canto Batini (Cesira I) la figura emblematica che segna un passaggio storico fondamentale, non solo l'avvento del matriarcato nella famiglia Batini, ma anche la fine dell'azienda agricola come titola il cap. 15 del libro. Motto della famiglia e di una nuova realtà sociale sono proprio le parole della nonna Cesira: "l'unico patrimonio inalienabile è l'educazione". Principio che diviene ugualmente valido per le femmine come per i maschi – e questo è particolarmente significativo per il periodo storico in cui si svolge la vita di Cesira I, tra metà Ottocento e primi decenni del Novecento.

L'accurato annuario, con date e nomi, così come le tavole genealogiche, ci guidano quando il nostro interesse è rivolto soprattutto ai personaggi. Il capitolo conclusivo, infine, con documenti aggiunti su vicende e personaggi di San Giovanni, e – tra questi – il diario di un anonimo sui tragici avvenimenti del luglio-agosto 1944, insieme a un glossario, contribuiscono ulteriormente ad arricchire e ad accrescere l'interesse per questo libro, la cui importanza va oltre la storia locale e contribuisce a delineare aspetti delle trasformazioni nella società italiana degli ultimi secoli.

Anna Maria Di Pascale

focus: scienziati e militanza politica

Storici della scienza e militanza politica.

A proposito di un progetto di “storia orale”

Fabio Lusito
e Gerardo Ienna

The seminar "Science historians and political militancy" was born with the aim of reconstructing, through oral history, the main ideological disputes that animated the history of Italian science between the end of the 1960s and the first half of the 1970s. In this article, the organizers propose a report of the results obtained in the first two meetings of this seminar, illustrating their objectives and future prospects.

Keywords: *Science history, Political militancy, Oral history*

Nel corso degli anni '70 il contesto culturale italiano è stato, insieme a quello francese, britannico e statunitense, uno fra i più attivi nel produrre dei “movimenti radicali per la scienza”¹. Con questa espressione si è soliti descrivere quei movimenti sociali che hanno messo al centro della loro militanza politica tematiche relative all’attività scientifica come ad esempio: l’uso della scienza per finalità belliche, il rapporto fra scienza e sistema di produzione capitalistico, l’analisi dei contenuti ideologici interni alla scienza, etc.

Sulla scia delle tensioni ideologiche del maggio '68 e del cosiddetto “autunno caldo”, nel nostro paese un cospicuo numero di scienziati e umanisti e si è interrogato sulla funzione sociale e politica della scienza all’interno delle società capitalistiche avanzate. In breve tempo è così emersa un’animata *querelle* sulla neutralità/non-neutralità del sapere tanto scientifico quanto tecnico che ha dato vita a delle vere e proprie *Italian Science Wars*². Al contrario delle *Science Wars* anglofone, quelle avvenute nel nostro paese



1. Su questo punto è possibile consultare i seguenti volumi di recente pubblicazione: Moore K, *Disrupting Science. Social Movements, American Scientists, and the Politics of the Military, 1945-1975*, Princeton, Princeton University Press, 2008; Schmalzer S, Chard, DS e Botelho A (eds.), *Science for the People. Documents from America's Movement of Radical Scientist*, Boston, University of Massa-

chusetts Pres, 2018; Bharucha Z, *The Radical Science Movement in the U.K. 1968-1978. Struggles Against the Impact of Capitalist Ideology on Science, Technology and Social Relations of Science*, Poland, Amazon Fulfillment, 2018; Debailly R *La critique de la science depuis 1968. Critique des sciences en France après Mai 68*, Paris, Hermann, 2015; Quet M *Politiques du savoir.*

Sciences, technologies et participation dans les années 1968, Paris, Édition des archives contemporaines, 2013; Gueraggio A *Il '68 e la scienza in Italia*, Milano, Università Bocconi, Centro Pristem, 2010.

2. Cfr. Ienna, G, *Fisici italiani negli anni '70. Fra scienza e ideologia*, Physis, LV, 1-2:415-442, 2020; Baracca A, Bergia S, Del Santo F, *The Origins of the Research on the Founda-*

sono state contraddistinte da una completa inversione della divisione dei ruoli sociali. A criticare la neutralità della scienza sono stati scienziati di formazione e professione mentre a difenderne la sua oggettività e a-politicità sono stati piuttosto degli umanisti.

La peculiarità del contesto culturale italiano, connotato da una tensione a storicizzare la riflessione epistemologica, ha fatto sì che tali dibattiti non solo affrontassero tematiche di natura filosofica e sociologica ma che al contempo producessero delle originali maniere di concepire la storia della scienza³.

Il seminario “Storici della scienza e militanza politica. Testimonianze dei protagonisti” è nato infatti con l’obiettivo di ricostruire, tramite la storia orale, le principali *querelles* ideologiche che hanno animato la storia della scienza italiana fra la fine degli anni ’60, e la prima metà degli anni ’80. Tale progetto è stato ideato e curato da Gerardo Ienna e Fabio Lusito in collaborazione con il Centro di ricerca interuniversitario Seminario di Storia della Scienza dell’Università di Bari e il Dipartimento di Scienze Umane dell’Università di Verona. I primi due incontri si sono svolti online (per via dell’emergenza pandemica) mercoledì 30 marzo e giovedì 28 aprile del 2022. Ulteriori sessioni sono attualmente in corso di preparazione presso le stesse università.

Il richiamo a una interpretazione “radicale” (e figlia delle contestazioni) della scienza fra gli anni

’60 e ’70 è stato matrice di un’importante fasto creativo sia sul piano teorico sia su quello storiografico⁴. In questa fase, vari scienziati militanti si sono avvicinati alla storia della scienza per comprendere le radici della loro attività quotidiana di ricerca. Allo stesso tempo, vari filosofi e storici della scienza, vivendo lo spirito del tempo, hanno riempito di contenuti politico-ideologici i loro modelli teorici e storiografici. Al contrario, il decennio successivo, dal canto suo, avrebbe liberalizzato tout court un approccio thatcheriano anche nel territorio scientifico, lasciando tramontare, molto gradualmente, l’esperienza e gli entusiasmi della fase storica precedente nonostante la vivacità e la vasta riflessione che l’avevano contraddistinta. Il ventennio monco trascorso tra i Sessanta e i Settanta era stato caratterizzato da una esegesi epistemologica e storico-scientifica improntata al marxismo, sapientemente mescolata a un attivismo degli uomini di scienza difficilmente replicato in seguito⁵. È dunque a questo specifico *entanglement* che fa riferimento il titolo del seminario “Storici della scienza e militanza politica”. A fare ulteriore chiarezza giunge in soccorso il sottotitolo, *Testimonianze dei protagonisti*, di cui è necessario fornire ulteriore puntualizzazione: non si è trattato assolutamente di una mera operazione nostalgica, tanto meno nel senso in cui la carismatica penna dello scrittore cecoslovacco Milan Kundera ha definito la nostalgia stessa come “il desiderio inappagato di

tions of Quantum Mechanics (and Other Critical Activities) in Italy during the 1970s, Studies in History and Philosophy of Science (Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics), 57:66-79, 2017.

3. Uno dei due autori di questo saggio ha approfondito questo tema nelle seguenti pubblicazioni: Badino M, Ienna G, Omodeo PD, *Epistemologia storica. Correnti, temi e problemi*. Roma, Carocci, 2022; Ienna G, *Genesi e sviluppo dell’epistemologie historique. Fra epistemologia, storia e politica*, Lecce, Pensa Multimedia, 2022.

4. Cfr. Ienna G, *Fisici italiani negli anni ’70 fra scienza e ideologia*, *Physis*, 55:415-442, 2020; Lusito F, “*Diamo l’assalto al cielo!*” (“*Let’s assault the sky!*”): *science communication between scientists and citizens and Lombardo Radice’s television in Italy in the years of the protests*, *JCOM – Journal of science communication*, volume 19, 3:1-22; Rose H, Rose S, *The radicalisation of science*, London, MacMillan, 1976.

5. È a questi temi che è stata legata l’attività di ricerca di chi ha organizzato la serie di incontri *Storici della scienza*

e militanza politica: cfr. Ienna G, Rispoli G, *Boris Hessen at the Crossroads of Science and Ideology. From International Circulation to the Soviet Context*, *Società e politica* volume 13, 1:37-63, 2019; Ienna G, Rispoli G, *The 1931 London Congress: The Rise of British Marxism and the Interdependencies of Society, Nature and Technology*, *Journal of History of Science and Technology* volume 15, 1:107-130, 2021; Lusito F, *Divulgare la scienza, rivoluzionare la società: gli interventi giornalistici di Lucio Lombardo Radice*, *Physis*, volume 55: 325-347, 2020; de Ceglia FP, Lusito F, *In the*

Footsteps of Galileo: History of Science in Italian TV Films and Series in the Nineteen-Sixties and Seventies, *Nuncius*, volume 37, 1: 84-117, 2021; Lusito F, *Un marxista galileiano: Scienza e società in Lucio Lombardo Radice*, Tesi di dottorato in Storia della Scienza presso l’Università di Bari, Centro Interuniversitario di Ricerca “Seminario di Storia della Scienza”, 2022.

6. Kundera M, *L’identità*, Milano, Adelphi, 2007:11.

ritornare”⁶; ai tempi e alle prassi, in questo caso. Piuttosto, lo scopo del ciclo di seminari è stato quello di rivisitare alcune questioni e riproporre il dibattito a distanza di alcuni decenni, per rendere possibile un dovuto approfondimento mettendo in campo le voci che hanno contribuito in prima persona alla vitalità e all’attivismo espresso sull’onda del cavalcante sessantottismo italiano. La proposta è maturata, quindi, dopo che il tempo lasciasse storicizzare da sé i fenomeni, circoscrivendoli a una fase deliberatamente conclusa. Tirare in ballo i “protagonisti” non ha avuto il senso dell’amarcord fine a sé stesso, né di rispolverare ai soli fini della *curiositas* i fatti, i rapporti, gli eventi e le vertenze andate in scena. L’iniziativa ha cercato, invece, di attualizzare i dibattiti e delucidare riguardo le peculiarità storiografiche, ricorrendo al racconto, appassionato ma lucido, di chi ha settato e condizionato quanto avvenuto. In tal senso, la metodologia della storia orale ci ha permesso al contempo sia di colmare quei vuoti archivistici che in ogni ricerca storica emergono⁷, sia di proporre ai protagonisti di riflettere sull’eventuale possibilità di misurare i dispositivi teorici messi in campo all’epoca con la situazione politico-scientifica contemporanea.

L’occasione ha conseguentemente fornito un vantaggio per chi, come chi scrive, ha intrapreso ricerche entro i confini dell’articolato campo della Storia della scienza relativamente alle evoluzioni del periodo già citato e in corrispondenza dei punti di contatto tra scienza e società, punto di vista marxiano e marxista e produzione scientifica, militanza ed epistemologia storico-scientifica. In questo senso, *Storici della scienza e militanza politica* ha avuto il doppio compito di essere da una parte un momento di confronto tra generazioni, tra nuovi ricercatori e testimoni di un’epoca; dall’altro ha condotto all’attivazione di

una documentazione *in fieri* che potrà conservare digitalmente un prezioso resoconto auto-storicizzato da parte degli autori coinvolti, nonché del racconto degli avvenimenti di cui sono stati attori principali. A voler citare il fortunato titolo di un volume che in quegli stessi tempi visse discreta fama e circolazione in Europa, l’iniziativa ha quindi incoraggiato una “(auto) critica della scienza” capace di re-interrogarsi sui grandi temi andati e sul destino storico a cui diatribe, riflessioni ed episodi sono ad oggi indirizzati⁸.

Il doppio appuntamento ha infatti di volta in volta raccolto testimonianze e riflessioni ascrivibili a ben precisi nodi teorici, ma anche ad ambienti, circoli di idee e ideologie di sottofondo. È stato così, di fatto, già per il primo appuntamento, introdotto da Francesco Paolo de Ceglia (Università di Bari) e rivolto a definire il campo d’azione storico del tema “Tra fisica e marxismo”, che ha coinvolto ben cinque storici della scienza e fisici. Sono intervenuti, in ordine rigorosamente alfabetico, Angelo Baracca, Gianni Battimelli, Elisabetta Donini, Jürgen Renn e Arcangelo Rossi.

L’onere di aprire le danze è gravato sul fisico e storico della scienza Angelo Baracca, il quale ha instradato la discussione dapprima tracciando un rapido excursus del contesto scientifico italiano dal Secondo dopoguerra alla metà degli anni ’60, per poi incastonare in questo quadro la propria esperienza di fisico militante interessato ad una lettura storico-materialistica degli eventi scientifici del passato, nel campo della fisica in particolare. Dal discorso portato avanti da Angelo Baracca sono emersi rapporti di collaborazione, vertenze e finanche scontri – teorici e spesso ideologici – che sono stati occasione per introdurre l’esperienza di Arcangelo Rossi, storico della scienza. Arcangelo Rossi, infatti, ha sottolineato nel suo intervento come lo stesso Baracca fosse

7. Cfr. Grele R.J, *Oral history as evidence*, in *Handbook of oral history*, edited by Charlton TL., Myers LE, Sharpless R, Lanham, Altamira Press, 2006:43-101.

8. Cfr. Jaubert A, Lévy-Leblond JM, *(Auto) critica della scienza*, Milano, Feltrinelli, 1976.

stato spesso co-autore di diversi articoli e volumi, ed entrambi vivaci sostenitori – anche contro tendenze più consolidate – di un approccio storiografico ispirato dal materialismo storico⁹. Da qui, da fine anni Sessanta e per tutti i Settanta, sono emerse importanti interazioni con storici e scienziati di impronta marxista, che hanno spostato progressivamente l'orizzonte degli eventi da Roma a Lecce. Un punto cruciale del resoconto di Rossi è stato l'esperienza di *Testi & Contesti*, *quaderni di scienze, storia e società*, che prolungò la stagione calda fino al 1983, per ben quattro anni. *Testi & Contesti* fu una fucina intellettuale che nella sua redazione interessò anche altri due protagonisti della giornata di studi, Elisabetta Donini e Gianni Battimelli.

È stata proprio Elisabetta Donini, fisica a Torino, a introdurre il tema successivo incardinandolo verso la prospettiva dei rapporti tra la scienza e il rampante femminismo degli anni Settanta e oltre. Di particolare rilievo l'operazione di rilettura critica della storia della scienza a partire da una prospettiva di genere. In quegli anni, di fatto, Elisabetta Donini era stata attenta lettrice degli scritti di autrici come Evelyn Fox-Keller e Carolyn Merchant, di cui diffuse il pensiero in Italia. Quest'attenzione portò alla presentazione del celebre volume di Merchant *La morte della natura: le donne, l'ecologia e la rivoluzione scientifica*¹⁰. Le ricerche di Donini hanno avuto un impatto crescente sul suolo della rilettura di genere della storia scientifica in Italia: dalla sua testimonianza, infatti, si è evinta la costruzione di reti collaborative e di attivismo sempre più determinanti. Con l'intervento di Gianni Battimelli – anch'egli tra i fautori di *Testi & Contesti* – lo scenariosi è spostato a Roma, negli istituti di Fisica governati in quegli anni dal cosiddetto “gruppo di Marcello Cini”, cui contribuirono anche autorevoli scien-

ziati come Giovanni Jona-Lasinio, Giovanni Ciccotti e Michelangelo De Maria. Questa esperienza avrebbe portato alla pubblicazione del noto e discusso volume *L'ape e l'architetto*¹¹. Battimelli ha dunque presentato la sua esperienza personale di giovane ricercatore legato a un ambiente sensibilmente politicizzato e che aveva fatto della militanza, scientifica e politica – seppur con le individuali differenze – un comune snodo legato ancora una volta alla prospettiva marxiana. Un intervento, quello di Gianni Battimelli, utile anche a dipanare alcune traiettorie teoriche, soprattutto in Fisica, e i relativi impianti ideologici.

L'ultimo intervento della giornata è toccato allo storico della scienza Jürgen Renn, direttore oggi del Dipartimento I del Max Planck Institute for the History of Science di Berlino. Quest'ultimo ha aggiunto un respiro internazionale agli eventi raccolti, raccontando la sua formazione da fisico e l'esperienza del dottorato presso La Sapienza di Roma a inizio anni Ottanta: anni in cui la parabola militante poteva apparire in discesa rispetto alle vette raggiunte precedentemente, ma che continuava a proporre dal basso visioni differenti e innovative per leggere la scienza in sé e la sua storia. In questo, a detta di Renn, l'Italia aveva assunto una sua originalità che l'ha differenziata dai percorsi battuti altrove. Lo stesso Renn, nei suoi anni di formazione, aveva stabilito solidi rapporti collaborativi con storici e scienziati italiani coinvolti nelle dinamiche scombusolate di un stagione socialmente tormentata, da Paolo Rossi a Ludovico Geymonat, da Paolo Galluzzi ad alcuni protagonisti dell'incontro, importanti figure di riferimento che inorgoglivano in quegli anni la storiografia scientifica italiana. Nel suo giudizio, l'indagine attorno al periodo in analisi non soltanto si rende utile per l'interesse meramente storiografico, ma è occasione propedeutica

9. Si ricordino, per la seconda metà degli anni '70: Baracca A, Rossi A, *Materialismo e scienze naturali, per una storia integrale delle scienze*, Bari, De Donato, 1976; Baracca A, Rossi A, *Scienza e produzione nel '700*, Firenze, Guraldi, 1977;

Baracca A, Rossi A, *Materia e energia*, Milano, Feltrinelli, 1978.

10. Cfr. Merchant C, *La morte della natura: le donne, l'ecologia e la rivoluzione scientifica*, Milano, Garzanti, 1988.

11. Cfr. Ciccotti G, Cini M, De Maria M, Jona-Lasinio G, *L'ape e l'architetto. Paradigmi scientifici e materialismo storico*, Milano, Feltrinelli, 1976.

a ri-attualizzare alcune vertenze che dovrebbero godere ancora oggi di viva centralità.

Il secondo incontro virtuale ha avuto come oggetto la Überfrage “La scienza è neutrale?”. Un problema che, soprattutto a metà degli anni Settanta, ha sdoganato una visione sin troppo lineare della produzione scientifica, rompendo un paradigma prestabilito che ha ridisegnato le geografie teoriche dell’epoca non facendo mancare rivendicazioni reazionarie e annose polemiche spesso sin troppo ideologiche. Ad occuparsi del valore storico e teorico della presunta neutralità della scienza sono stati, in un vivace e cordiale botta e risposta, Elena Gagliasso e Silvano Tagliagambe.

L’appuntamento si è aperto con l’intervento di Silvano Tagliagambe. La sua ricostruzione è partita descrivendo quella che era stata storicamente e teoricamente l’esperienza scientifica sovietica, convogliando poi tale esperienza nelle più recenti riflessioni a cavallo tra anni Sessanta e anni Settanta. Il rapporto tra produzione scientifica e teoria scientifica – nella contrapposizione sovietica di “scienza borghese” e “scienza operaia” – sintetizzabile nell’analisi circa la neutralità della scienza, non ha coinvolto soltanto uomini di scienza e storici, ma anche filosofi della scienza. Silvano Tagliagambe ha dunque ricordato le sue personali esperienze in Unione sovietica, sottolineando poi quanto abbiano potuto arricchire la riflessione italiana attorno al materialismo dialettico, lasciate confluire nel celebre *Attualità del materialismo dialettico* scritto insieme a Ludovico Geymonat, Enrico Bellone e Giulio Giorello¹². Proprio in quel volume, ha evidenziato Silvano Tagliagambe, le vertenze inerenti il problema della non-neutralità della scienza emergono senza ambiguità, pur conservando sfumate posizioni tra gli autori che vi avevano contribui-

to: Tagliagambe, ad esempio, sposava maggiormente una prospettiva più vicina a quella che un tempo fu definita visione esternista della Storia della scienza.

Elena Gagliasso ha ben distinto i due tipi paralleli di riflessione che culminavano attorno al quesito relativo la neutralità della scienza: da un lato una domanda filosofica, dall’altro una di carattere economico, sociale e politico. La propria esperienza, di fatto, confluiva in quella auto-critica della scienza portata avanti da autori come Marcello Cini, ma a partire da una formazione personale squisitamente filosofica alla scuola di Vittorio Somenzi: la convergenza doppia della sua formazione si sintetizzava in un volume come *I cartografi dell’impero: specie, razza, istinto*, che prendeva in analisi il caso della biologia¹³. Scardinata la non neutralità della scienza e dei saperi in generale, Elena Gagliasso ha quindi poi approfondito la genesi di quello che è stato un proprio motivo di studio negli anni successivi: i saperi intesi come non-neutri nella prospettiva di genere. Tale riflessione si è incardinata alla perfezione nella teoresi sulla neutralità-oggettività della scienza: il moltiplicarsi di sguardi e punti di vista ha rappresentato un valore aggiunto per restringere al campo dell’oggettività i saperi scientifici e quelli in genere.

Ai due interventi è seguito un momento di ricco confronto tra i due autori, che hanno avuto modo di approfondire quanto era stato espresso in precedenza, allargando il raggio d’azione ai propri vissuti e ai contesti dell’arco di anni indagato dal seminario. L’interesse del pubblico (fra cui erano presenti anche altri “protagonisti”) ha fornito l’occasione per proseguire i lavori a oltranza, lasciando che i relatori donassero una ricostruzione completa degli avvenimenti e delle sfumature teoriche dei propri discorsi.

12. Cfr. Bellone E, Geymonat L, Giorello G, Tagliagambe S, *Attualità del materialismo dialettico*, Roma, Editori Riuniti, 1974.

13. Cfr. Continenza B, Di Siena G, Ferracin A, Gagliasso E, *I cartografi dell’impero: Specie, razza, istinto*, Milano, Feltrinelli, 1980.

In fondo entrambi gli appuntamenti – marcati da una numerosa e attiva partecipazione del pubblico, favorita senz'altro dalla modalità online – hanno messo in luce dettagliate ricostruzioni delle esperienze personali dei protagonisti chiamati in causa, capaci di sintetizzare con acuto criticismo quanto oggi possiamo iniziare a consegnare alla storia. Un punto spesso in comune nelle narrazioni dei relatori ha lasciato cadere facili “accuse” sul ruolo eccessivamente condizionante che svolgeva, all'epoca, l'ideologia politica. Ad oggi, conseguentemente, per chi svolge ricerche in questo delimitato campo storico-scientifico, risulta impossibile non tener conto di questo accorgimento. È un caso in cui, effettivamente, la storia orale ha dato conferma – e ulteriori chiarificazioni – di quanto poteva intuirsi nella mera lettura di articoli, scambi epistolari, interventi giornalistici e quant'altro a livello archivistico.

Storici della scienza e militanza politica ha perciò inaugurato quella che auspicabilmente diventerà una serie di appuntamenti futuri: sono già in programma nuovi incontri a partire dall'autunno del 2022. Scopi e obiettivi restano immutati, accompagnati dalla necessità di ampliare lo sguardo a quante più esperienze sono in grado di incentivare una ricostruzione, primaria dal punto di vista delle fonti orali e critica per quanto concerne i giudizi, di un periodo storico e teorico facilmente categorizzabile ricorrendo alla complessità. Pur consci che la parabola marxiana non sia certo stata l'unica a imperare in quel torno d'anni, ci è parso opportuno riconoscere l'adeguato valore e il dovuto merito a una *koiné* che ha fortemente inciso sulla cultura italiana tutta, e nel campo della storia della scienza nazionale in particolare modo.

A conclusione degli auspicati momenti seminariali futuri – al di là della già annunciata creazione di un archivio digitale dei materiali audiovisivi raccolti – è nostro desiderio riunire in uno o più volumi i resoconti dei protagonisti coinvolti nell'iniziativa. Un simile contributo rafforzerebbe il senso di quanto sinora descritto: una raccolta di testi, nelle intenzioni, rappresen-

terebbe un addizionale strumento a disposizione dei ricercatori. Si tratterebbe di una raccolta valida innanzitutto a espletare da un punto di vista personale quanto accadde, ora oggetto storiografico capace di raccontare una stagione vivace della cultura nazionale. ●

Ringraziamenti

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Maria Skłodowska-Curie grant agreement n. 101026146.

Gli autori tengono a ringraziare, in primo luogo, Francesco Paolo de Ceglia (direttore del Seminario di Storia della Scienza dell'Università di Bari) per aver contribuito all'ideazione e all'organizzazione del progetto del seminario “Storici della scienza e militanza politica”; in secondo luogo, tutti vari “protagonisti” che hanno accettato di intervenire rendendo possibili gli incontri sopramenzionati e Maria Turchetto che, invitandoci a scrivere questo report, ci dato l'occasione per un'auto-analisi sui lavori svolti finora e sulle prospettive future.



Le controversie degli anni '70 fra marxisti dialettici e storici: il contesto storico

Angelo Baracca

In the 70s of the last century, in the fervor of the student and worker protest movements, a large group of young scientists and philosophers of science dedicated themselves to a reconstruction of the evolution of Science, its foundations and its structures in the course of development of capitalism by adopting Marx's approach to historical materialism, with the intention of linking scientific breakthroughs to the transformations of the composition of the capitalist classes and the structure of industrial production. To give historical concreteness to the disputes that followed, this article reconstructs summarily the political vicissitudes of the Italian ruling classes in the post-war period.

Keywords: *Science history, Political militancy*

Non dateci consigli, sappiamo sbagliare da soli
(Roma, 1968, facciata de La Sapienza)

Nel ritornare alle vivaci polemiche che quasi mezzo secolo fa intercorsero fra i giovani cultori di una nuova storiografia della Scienza – facenti capo (anche senza affiliazioni politiche specifiche) alla “nuova sinistra” post-sessantottina – e la consolidata “scuola di Geymonat” – che invece faceva sostanzialmente riferimento alla “sinistra storica” (non sempre al Partito Comunista) – ritengo importante ricostruire sia pure in termini sintetici il contesto generale della tormentata storia d'Italia degli anni del dopoguerra. Credo che le giovani generazioni ignorino molti risvolti di fondamentale importanza per comprendere la storia di questo paese, ma forse anche molti meno giovani non hanno un quadro completo di queste vicende. Lo farò senza nessuna ambizione di originalità, e la necessaria concisione mi costringerà a brevi cenni ad avvenimenti complessi. Ma in queste vicende sta la radice dei “misteri” d'Italia, che sono ancora in gran parte in attesa di risposte chiare e possibilmente definitive.

Vocazione alla subalternità: dalla rete nazifascista in Sicilia alla devozione atlantica

Per una ricostruzione a tutto campo della storia del nostro paese è opportuno partire addirittura dal 1942, quando in Sicilia, in vista dello sbarco degli alleati (9 luglio 1943), Herbert Kappler organizzò, con la complicità dell'aristocrazia e del Vaticano, una rete segreta nazifascista che si articolava in



una miriade di formazioni paramilitari clandestine, legate ai poteri criminali e al banditismo (chi ricorda la condanna di Kappler all'ergastolo e la sua fuga il 15 agosto 1977 in Germania dove visse libero e morì il 7 febbraio 1978?).

Come hanno dimostrato le ricerche del compianto storico siciliano Giuseppe Casarrubea¹, dal luglio 1943 al 1945 si giocò, soprattutto in Sicilia e nel Sud, una partita decisiva per il futuro dell'Italia. Gli Usa dal 1942 attraverso la mafia americana attivarono una rete informativa in Sicilia in vista dello sbarco. Dopo la guerra la rete nazifascista cambiò forme, integrandosi con mafia, separatismo, indipendentismo, banditismo (strage di Portella della Ginestra, 1° maggio 1947), con esplicite complicità e coperture delle forze dell'ordine: cambiò solo chi dava gli ordini, il Comando Alleato in Italia. Anche dopo la proclamazione della Repubblica, 2 giugno 1946, la rete eversiva continuò ad agire promuovendo la creazione di bande armate nel Sud, legate al Re in esilio e a una rete internazionale, in vista di un colpo di Stato, con il favore degli alleati.

Il 10 luglio 1947 venne fondata la Cia, e gli Usa decisero di fornire armi e denaro ai movimenti paramilitari anticomunisti, neofascisti e monarchici purché si organizzassero sotto un comando unico: furono i prodromi della struttura *Stay Behind* e di "Gladio", che seguì lo schema nazista. Il 1947 segnò una svolta nella strategia Usa: l'ala militarista che voleva continuare l'occupazione militare fu sconfitta, e si preparò la nascita della Nato. L'Italia firmò il trattato nel 1949.

Come ricostruire l'Italia?

Questo era in termini estremamente sintetici il turbolento contesto in cui dopo la Liberazione prese l'avvio la Ricostruzione: l'Italia usciva distrutta dalla guerra ed erano ovviamente possibili scelte industriali e tecnologiche con valenze radicalmente diverse, poiché la guerra aveva dato enorme impulso allo sviluppo di tecnologie pro-

fondamente innovative e di settori produttivi nuovi. Era l'avvio della "società tecnologica", un'opportunità unica.

Una premessa è opportuna per capire la struttura amministrativa e tecnica, ma anche politica, dell'Italia attuale. Subito, nel primo governo provvisorio dell'Italia liberata, Togliatti come ministro della Giustizia fece votare la cosiddetta "amnistia", con decreto presidenziale 22 giugno 1946 n.4, un vero colpo di spugna sui crimini fascisti: si stabiliva l'estinzione delle sentenze e della persecuzione giudiziaria concernenti reati durante la "guerra civile", episodi di giustizia sommaria e anche di collaborazionismo con i nazisti, in nome di un "rapido avvio verso condizioni di pace politica e sociale". Così i fascisti rimasero o tornarono ai loro posti nei ranghi della burocrazia statale, in particolare come prefetti di polizia, giudici, ecc.

In questo scenario, interno e internazionale, si sviluppò un confronto aspro all'interno dello stesso capitalismo imprenditoriale, fra posizioni e scelte fortemente contrapposte, che nei primi anni '60 ebbe sviluppi drammatici. Infatti, una corrente "illuminata" – anche all'interno della Democrazia Cristiana – perseguì un progetto di rinnovamento profondo dell'Italia, svincolato dagli Usa, basato sull'acquisizione delle tecnologie più avanzate, che potesse dare al paese una vera autonomia economica e commerciale e una competitività internazionale.

Nel 1948 fu riaperta la Fiera di Milano. Una significativa componente dell'intelligenza ita-



La Fiera di Milano del 1948

1. Cararrubea G, *Storia segreta della Sicilia. Dallo sbarco alleato a Portella della Ginestra*, Milano, Bompiani, 2005.

liana – poeti, scrittori, artisti, filosofi di varie scuole e tendenze – fu coinvolta attivamente nel programma di ricostruzione del paese: per molti intellettuali l'adesione alla nuova "civiltà delle macchine" fu sincera e consapevole, basata sulla convinzione di poter fare dell'industria un centro propulsore di cultura in senso lato e il luogo privilegiato della mediazione tra mondo della produzione e società civile. I nomi sono tanti: Franco Fortini, Geno Pampaloni, Paolo Volponi, Giovanni Giudici, e tanti altri, parteciparono alla rinascita industriale del paese. Nacquero riviste di riflessione generale sulla società industriale, come *Il Politecnico* fondato da Elio Vittorini (1945-47), o *Civiltà delle Macchine* fondata da Leonardo Sinisgalli (1953-1979).

Una qualificata componente di imprenditori di corpo, anche se con iniziative diverse, a questo progetto per il rilancio internazionale dell'Italia. Ricorderò brevemente i casi più significativi.

Enrico Mattei (1906-1962), "L'uomo che osò sfidare le 'Sette Sorelle' del petrolio". Ex partigiano, deputato DC, grande regista delle trasformazioni di quegli anni. Nel 1953 creò l'Eni. Stipulò accordi diretti controcorrente, detti "fifty-fifty", con i paesi produttori di petrolio.

Per un complesso gioco di interessi degli industriali elettrici, a metà anni '50 in Italia vennero ordinati 3 reattori nucleari: 2 negli USA, e non a caso Mattei si distinse ordinando per l'Eni un reattore *Magnox* britannico a grafite e alimentato a uranio naturale, per sganciarsi dalla filiera Usa di arricchimento dell'uranio. Queste iniziative, scoordinate e in competizione, proiettarono nei primi anni '60 l'Italia ad essere il terzo paese al mondo per potenza nucleare installata! Solo nel 1959 fu creato il Cnen (Comitato Nazionale Energia Nucleare), malgrado l'opposizione degli industriali elettrici che contrastavano qualsiasi iniziativa che preludesse a una nazionalizzazione: il segretario generale fu Felice Ippolito.

Adriano Olivetti (1901-1960) fu una figura originalissima di imprenditore illuminato. Anch'egli deputato, sviluppò ad Ivrea un'industria elettronica di assoluto livello mondiale, e un modello di "fabbrica a misura d'uomo" (complessi resi-

denziali, servizi sociali, biblioteca...), raggruppando attorno a sé una quantità straordinaria di intellettuali operanti in differenti campi disciplinari. Fu presidente dell'Istituto Nazionale di Urbanistica. Nella fabbrica di Ivrea fu realizzato nel 1959 il primo computer elettronico da tavolo, quindici anni prima di Steve Jobs e Bill Gates, il *Programma 101*: il lancio avvenne a New York, con un successo clamoroso; la Nasa ne acquistò 45 esemplari per compilare le mappe lunari ed elaborare la traiettoria del viaggio della missione Apollo sulla Luna. Il padre della *Programma 101* fu il geniale tecnico Mario Tchou.

In un settore diverso, Domenico Marotta (1886-1974) direttore dell'Istituto Superiore di Sanità portò l'istituto a livelli di eccellenza internazionale, riuscendo a far venire a Roma il premio Nobel inglese Ernst Boris Chain, e lo svizzero Daniel Bovet che vincerà il Nobel proprio per i lavori che svolge a Roma.

Un vero colpo di Stato nel 1962-64

I tentacoli che ho succintamente discusso dei poteri forti, interni e internazionali, non potevano certo tollerare questi sviluppi, e la reazione non tardò ad arrivare, con violenza estrema: fra il 1962 e il 1964 ebbe luogo in Italia una reazione che ebbe l'effetto di un vero colpo di stato.

Un avvertimento di quanto stava maturando fu nel 1960 il governo Tambroni. In risposta all'annuncio in giugno del Movimento Sociale Italiano di tenere il suo congresso a Genova, esplosero proteste popolari in tutto il paese, Tambroni autorizzò la polizia ad aprire il fuoco, e ai primi di luglio si contarono 11 morti e centinaia di feriti. Tambroni dovette dimettersi.

I cambiamenti dell'Italia e del quadro internazionale (coesistenza pacifica, Concilio Vaticano II) portarono dopo una lunga gestazione e superando le resistenze conservatrici nella Dc, all'"apertura a sinistra", che iniziò nel 1962 con l'appoggio esterno del Partito Socialista al IV governo Fanfani, per passare nel 1963 a una partecipazione organica del Psi al primo governo Moro. Il Psi aveva posto come condizione la nazionalizzazione dell'industria elettrica, che avvenne nel 1962 con

la creazione dell'Enel. Ma non solo la nazionalizzazione tradì le attese (gli "elettrici" ricevettero indennizzi faraonici, contando che li investissero in settori innovativi, mentre in realtà li sperperarono), ma tutti i risultati furono estremamente deludenti. Il clima politico e sociale stava cambiando, prese forza un disegno autoritario e gli eventi precipitarono. Nella calura dell'11 agosto 1962 Giuseppe Saragat, segretario del Partito Socialdemocratico (Psdi, il partito nato nel 1947 dalla "scissione di Palazzo Barberini" per intralciare la scelta a sinistra del Psi), sferrò un duro attacco contro i programmi nucleari con il pretesto dei costi del nucleare ma evidentemente con ben altri scopi... e mandanti: Usa, petrolieri, mafia (poco dopo Saragat venne eletto Presidente della Repubblica, ed è difficile pensare che sia stato casuale). Saragat sosteneva che le centrali nucleari dal punto di vista economico fossero state un vero disastro, ma il vero obiettivo era il Segretario del Cnen, Felice Ippolito.

Il 27 ottobre dello stesso 1962 venne assassinato Enrico Mattei con l'attentato all'aereo aziendale sul quale era diretto a Milano. Il disastro venne archiviato come un'avaria. Otto anni dopo scomparve misteriosamente il giornalista dell'*Ora* Mauro De Mauro che era sulla pista dei mandanti: il suo cadavere non è mai stato trovato; nel 2012 il processo sulla scomparsa di De Mauro riconobbe ufficialmente che Mattei fu vittima di un attentato. Intanto nel 1960 era morto Adriano Olivetti, stroncato da un'emorragia cerebrale sul treno che lo portava a Losanna: non venne eseguita l'autopsia, lasciando adito ad ipotesi di complotto a favore di lobby statunitensi; come si scoprì in seguito alla desecretazione di documenti della Cia, l'industriale era oggetto di indagini da parte della Cia. E, vedi le coincidenze, nel 1961 morì il geniale tecnico dell'Olivetti Mario Tchou in un incidente stradale: negli anni seguenti, si sono fatte diverse congetture sull'incidente, tra cui quella di un complotto della Cia².

2. Su Mario Tchou si veda: www.wired.it/economia/business/2021/01/20/olivetti-mario-tchou-elea-ibm/

In quel fatidico anno 1962 Domenico Marotta, già in pensione, venne denunciato per irregolarità amministrative³.

Il 3 marzo 1964 Felice Ippolito venne arrestato per presunte irregolarità amministrative: ne seguì un processo molto discusso, molto sentito dall'opinione pubblica e dalla stampa (il famoso "caso Ippolito"), che culminò con la condanna di Ippolito a 11 anni di carcere.

Nel 1964 venne liquidata anche l'esperienza d'avanguardia dell'Olivetti, quando il "Gruppo di Controllo" (composto da Fiat, Pirelli e due banche pubbliche) decise di trasferire il gioiello della Divisione Elettronica alla *General Electric*, nella totale indifferenza del governo.

Calò il sipario sul progetto e l'intensa esperienza per cambiare l'Italia: il paese fu condannato definitivamente a un ruolo internazionale subalterno! L'onda di questi eventi si prolungò alla minaccia del colpo di Stato del 1964 (il "piano Solo" del generale De Lorenzo, ma pilotato nientemeno che dal Presidente della Repubblica Segni), fino alla strage di Piazza Fontana e gli altri piani eversivi.

Un progetto parallelo: lo sviluppo della scienza di punta

Parallelo a questi sviluppi, ma non direttamente collegato, fu il progetto di portare l'Italia a livelli di eccellenza internazionale nel campo della ricerca scientifica. Edoardo Amaldi (1908-1989) era il solo componente del gruppo di Enrico Fermi che era rimasto in Italia durante la guerra, cercando di tenere viva l'attività di ricerca a Roma. Nell'immediato dopoguerra in contatto con Fermi dagli Usa stabilì collaborazioni con laboratori di ricerca di fisica delle particelle elementari (alte energie). Nel 1951 fu creato l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Infn), e una decina di anni dopo venne ideato il progetto originale degli "anelli di accumulazione": 1961 il prototipo "Ada", 1967 l'acceleratore "Adone". L'Italia acquistò un ruolo competitivo nel campo delle alte energie. Un risultato

3. Su Domenico Marotta si veda: www.scienzainrete.it/italia150/domenico-marotta/

certo eccezionale, che generò tuttavia un cronico sbilanciamento perché rimasero gravemente penalizzati settori scientifici che diventavano assai portanti per la rivoluzione tecnologica in atto (fisica dello stato solido, elettronica), e avrebbero anche richiesto investimenti molto minori.

Il ruolo innovatore di Ludovico Geymonat

Fu in questo contesto che l'opera di Ludovico Geymonat (1908-1991) giocò un ruolo importantissimo per lo svecchiamento della cultura filosofica e scientifica italiana, dominata dall'idealismo. Il rifiuto di iscriversi al partito fascista gli precluse fino agli anni '50 la carriera universitaria. Nel 1934 fu presso il Circolo di Vienna, assimilando il pensiero del neopositivismo logico. Iscritto al Partito Comunista, fu attivo nella Resistenza. Solo nel 1956 ebbe prima cattedra di Filosofia della Scienza a Milano.

La sua posizione era marxista, un marxismo che interpretava il progresso in termini dello sviluppo delle forze produttive, quello che era chiamato materialismo dialettico. Geymonat sosteneva il valore conoscitivo della scienza, difendeva la razionalità scientifica.

Prime incrinature critiche anticipatrici

Ma nel corso degli anni '60 maturarono le prime incrinature critiche. Citerò i casi più significativi. Un ruolo anticipatore fu giocato da Raniero Panzieri (1921-64). Nel 1953 tradusse il II libro del *Capitale*. Inaugurò il metodo dell'inchiesta operaia con giovani della Fiom. Nel 1961 fondò i *Quaderni Rossi*. Ebbe un ruolo importantissimo il suo articolo *Sull'uso capitalistico delle macchine nel neocapitalismo*. Panzieri riportò Marx dentro le fabbriche, tra alienazione e conflitto. Riprese il marxismo in termini di centralità dei rapporti sociali di produzione. Il suo fu un lavoro in fieri, interrotto purtroppo dalla morte prematura a soli 44 anni, fortemente anticipatore in quanto le sue "esplorazioni" teoriche venivano recepite nel rapporto diretto con le realtà di fabbrica e con l'intervento politico.



Nella mia precedente ricostruzione del precipitare delle vicende politiche italiane non ho citato un evento controcorrente, i Fatti di Piazza Statuto del luglio 1962 a Torino, quando la lotta operaia uscì dalla fabbrica e scese in piazza, con tre giorni di violenti scontri con la polizia, che provocarono decine di feriti da ambo le parti e oltre mille arresti: fu significativo che solo *Quaderni Rossi* ne diede una valutazione positiva.

La rivista *Quaderni Piacentini* (1962-1980, seconda serie 1985) fu uno dei punti di riferimento teorico-politico della cosiddetta nuova sinistra, anticipando le tematiche del movimento studentesco del 1968 e sostenendo una linea di critica intransigente alla società capitalistica.

Nel 1964 una scissione di *Quaderni Rossi* diede vita alla rivista *Classe Operaia*, animata fra gli altri da Toni Negri e Mario Tronti.

Nacquero l'Operaismo, il tema dell'"operaio massa": l'afflusso di mano d'opera dequalificata dal Sud, le trasformazioni produttive del taylorismo-fordismo, la catena di montaggio, alimentarono la contestazione della linea dei sindacati fondata sull'identificazione della "professionalità" con le "qualifiche".

Queste iniziative denunciavano in generale i limiti della sinistra ortodossa, l'ideologia del progresso separato dalle condizioni sociali, di classe. Non saprei esprimere meglio queste trasformazioni di come lo fa Maria Turchetto:

Gli anni '60 vedono le organizzazioni storiche della classe operaia legate all'idea ortodossa del progressivo "sviluppo delle forze produttive", motore del cammino dell'umanità verso il comunismo, provvisoriamente ostacolato dall'"anarchia del mercato" e distorto dall'iniqua distribuzione della ricchezza sociale che caratterizzano il capitalismo. Quest'idea, che intende il capitalismo come proprietà privata e mercato e gli contrappone un socialismo inteso come proprietà pubblica e pianificazione, comporta la sostanziale accettazione dell'organizzazione capitalistica della produzione. [...] È bene sottolineare l'importanza teorica di questa critica: la sua originalità fa dell'operaismo italiano di quegli anni un punto alto dell'elaborazione marxista europea⁴.

Intanto negli Stati Uniti i movimenti *hippy*, e la *beat-generation* rifiutavano i modelli della società consumistica americana. Dal 1964 la guerra al Vietnam sollevava dimostrazioni di protesta negli Usa. Ed esplodeva la protesta degli studenti universitari di Berkeley.

Irrompe la contestazione del '68, seguita dall'Autunno Caldo

*Acciocché l'Ateneo nulla ci perda
quel che mi dà in saper lo rendo in m...*
(sulla porta di una toilette a La Sapienza, attorno al 1968)

Con semplificazione brutale: gli studenti contestavano la "neutralità" della cultura borghese e l'"oggettività" della scienza; gli operai contestavano l'organizzazione capitalistica del lavoro che implica la nocività del ciclo produttivo. I due aspetti a mio parere erano profondamente legati: il secondo implicava, e rendeva concreta, la contestazione dell'oggettività delle conoscenze scientifiche delle applicazioni tecniche sulle quali il ciclo si basa.

I limiti delle sostanze dannose e dei fattori nocivi erano fissati da criteri standard, i Mac (*Maximum Acceptable Concentration*), limiti ammessi per legge: nel gruppo omogeneo i lavoratori constatavano comunque danni, che i delegati del CdF

registravano, e il CdF apriva vertenze contestandone l'oggettività e denunciando le nocività insiste nel ciclo produttivo e nell'organizzazione del lavoro capitalistica.

Si moltiplicarono gli interventi di fisici e medici nelle fabbriche per eseguire rilievi rigorosi delle concentrazioni dei fattori nocivi, in stretta collaborazione con i CdF e i "gruppi omogenei".

La redazione milanese della rivista *Sapere* per la serie diretta da Giulio Maccacaro fu una sede importante di confronto e coordinamento: vi partecipavano delegati di fabbrica (in particolare della Montedison di Castellanza), scienziati di varie discipline, medici, ricercatori, e anche studenti. Mi è rimasto impresso il lavoro del fisico dell'Università di Torino, Mario Maringelli, con il quale avevo stretti rapporti, il quale interveniva rilevando i livelli infernali del rumore al reparto presse della Fiat di Mirafiori: egli concludeva dal suo lavoro che tutte le modifiche del ciclo produttivo per abbassare i livelli del rumore... diminuivano la produttività! La soggettività operaia si traduceva così (potrei dire) in un'oggettività conflittuale con quella della scienza ufficiale: si esprimeva quindi una progettualità operaia di trasformazione e di conoscenza alternativa, che con la collaborazione diretta tecnici-operai-studenti si cercava di portare a sintesi.

Dopo il 1973 le lotte operaie si allargarono ai problemi ambientali e sanitari del territorio, imprimendo una direzione di classe. Questo fu importantissimo in occasione di gravissimi incidenti, come quello all'Icmesa di Seveso del 1976: dove intervenne attivamente Laura Conti, medico e attivista ambientale. L'ambientalismo italiano ha avuto una decisiva radice di sinistra, di classe, che spesso viene sottovalutata⁵.

Si aggravava intanto il disegno autoritario

La reazione e i poteri forti che si erano compatiti dopo il 1964 non potevano mancare di reagire

4. Turchetto M, *La sconcertante parabola dell'operaismo italiano*, www.alpcub.com/storia/dalloperaiomassa.htm

5. Baracca A, *Una radice trascinata, di classe, dell'ambientalismo in Italia negli anni '70: il precoce ambientalismo "rosso"*. *Memorie dei movimenti e documenti*, www.fondazionemicheletti.it/altrovecento/articolo.aspx?id_articolo=43&tipo_articolo=d_saggi&id=421

re per sconfiggere con la violenza il movimento operaio e la contestazione sociale. Alla strage di Piazza Fontana del 1969 seguirono in un crescendo il progettato golpe del 1970 di Junio Valerio Borghese, lo scandalo del Sifar, trame eversive, attentati sanguinosi, la “strategia della tensione”, nel contesto atlantico, con forniture di armi e avallo della Nato: un intreccio mai chiarito fino in fondo di complicità di apparati dello Stato (carabinieri, esercito, servizi segreti) con organizzazioni fasciste italiane (1966 “Ordine Nuovo”) e internazionali.

In Grecia fu imposta la dittatura dei colonnelli dal 1967 al 1974.

La giovane generazione di scienziati e il rinnovamento scientifico degli anni '70

L'eredità della contestazione ebbe anche importanti ricadute concrete. La giovane generazione di scienziati e intellettuali contestò i settori di ricerca dominanti, cercò e praticò campi innovativi: la contestazione Meccanica Quantistica, rifiutando il precetto *shut and calculate*, inaugurò un'intensa attività nel campo dei fondamenti della MQ; la contestazione del dominio della fisica delle alte energie incentivò lo sviluppo di settori penalizzati più importanti per lo sviluppo del Paese, come la fisica dello stato solido, l'elettronica, ecc.

Conservo un vivo ricordo personale dell'assemblea della Società Italiana di Fisica nel congresso del 1967 a Bologna, quando Giuliano Toraldo di Francia (che si occupava di ottica), cinquantenne (1916-2011), battendo i pugni sul tavolo reclamava: “Voglio le stesse condizioni che hanno i fisici delle alte energie!”. Toraldo fu eletto presidente della Sif dal 1967 al 1973.

Le polemiche degli anni '70 fra materialismo dialettico e materialismo storico

Questo quadro, per quanto schematico e incompleto, dovrebbe agevolare la contestualizzazione

delle polemiche che verso la metà degli anni '70 sorsero fra le giovani generazioni di ricercatori e quella che si poteva definire la “scuola di Geymonat” con i giovani allievi.

Fra i giovani ricercatori alcuni/e si proposero di dare seguito alla denuncia della contestazione studentesca della “non neutralità della Scienza” avviando un'attività di ricerca storica volta a rintracciare concretamente l'impronta di classe alla radice degli sviluppi scientifici nella società capitalistica. La novità di queste ricerche nel panorama italiano era che la ricostruzione storica veniva effettuata da scienziati che controllavano gli sviluppi formali dei vari settori.

Da una serie di incontri autoconvocati nei primi anni '70 si costituì un gruppo nazionale che raccoglieva fisici, matematici, filosofi, nel quale si discusse e si affinò l'approccio storico critico. Una caratteristica, non solo di queste attività, fu la riscoperta degli scritti giovanili di Marx, con il preciso progetto di applicare all'analisi della scienza il metodo che Marx aveva sviluppato per l'economia politica. In realtà non si trattò solo di giovani, perché si distinse l'attività di Marcello Cini (1923-2012), fisico teorico di spicco di una quindicina d'anni più maturo, il quale si distinse per le scelte politiche radicali con il gruppo del *Manifesto*: Cini è stato denominato infatti dall'*establishment* il “cattivo maestro”.

La polemica con la “scuola di Geymonat” scoppiò esplicitamente nel 1974 quando Geymonat e allievi pubblicarono il volume collettivo *Attualità del Materialismo Dialettico*⁶. A cui Cini e giovani collaboratori nel 1976 contrapposero *L'Ape e l'Architetto*⁷.

Dal quadro storico che ho tracciato dovrebbe risultare evidente che queste polemiche sul piano teorico e metodologico riflettevano il dissenso profondo con la linea sviluppatista della sinistra tradizionale e le scelte politiche che questa comportava. ●

6. Bellone E, Geymonat L, Giorello G, Tagliagambe S, *Attualità del materialismo dialettico*, Roma, Editori Riuniti, 1974.

7. Cini M, Ciccotti G, De Maria M, Jona-Lasinio G, *L'Ape e l'Architetto. Paradigmi scientifici e materialismo storico*, Milano, Feltrinelli, 1976.

Il confronto tra approcci marxisti al tema della scienza

Arcangelo Rossi

Tra la fine degli anni '60 e i primi anni '80 si svolge in Italia un vivace confronto tra contrapposti approcci storiografici ed epistemologici di ispirazione marxista. La controversia tra materialismo storico e materialismo dialettico, ad esempio, trovava la sua rappresentazione esemplare nei "gruppi" che facevano capo a Ludovico Geymonat e a Marcello Cini. L'articolo propone una "memoria critica" di tali discussioni e ricorda le numerose pubblicazioni che fiorirono in quel periodo, dedicando una particolare attenzione all'esperienza di *Testi & Contesti*.

Keywords: *Science history, Political militancy*

Interpreto questo mio breve contributo come una testimonianza e un momento di memoria critica sulla mia esperienza personale nel periodo fra la fine degli anni '60 e i primi anni '80.

Premetto che mi sono laureato in Filosofia nel 1969 a Pisa presso la Scuola Normale Superiore con una tesi dal titolo "Epistemologia e metodologia delle scienze storico-sociali nel pensiero di Karl R. Popper" svolta sotto la guida di Francesco Barone. Come si può facilmente immaginare, in quegli anni l'ambiente studentesco e universitario di Pisa, al pari di quello di altre università e realtà italiane, ma non solo, ribolliva di fermenti di protesta, con movimenti giovanili di varia estrazione: marxista-leninista, maoista, anarchica, etc., che reclamavano una drastica trasformazione se non una vera e propria rivoluzione della società. Uso il termine ribollire non a caso, perché l'affermarsi, il convergere ma anche il confliggere di questi vari movimenti potevano apparire non meno caotici del comportamento delle bolle d'acqua in una pentola in ebollizione. Anche io partecipavo con passione a quel clima, riconoscendomi in alcuni di tali movimenti alla sinistra del PCI. Dopo la laurea sono tornato a Roma, dove era la mia famiglia e ho iniziato a frequentare la Facoltà di Lettere e Filosofia della Sapienza nonché i Dipartimenti di Fisica e di Matematica della Facoltà di Scienze, sempre della Sapienza. In quegli anni infatti c'era un forte mescolamento culturale con una grande spinta verso l'interdisciplinarietà. Ho così iniziato il perfezionamento in Filosofia sotto la guida di Vittorio Somenzi e risale quindi a quel periodo la mia conoscenza con Elena Gagliasso e Barbara Continenza. D'altra parte molto intensa era la mia interazione con il gruppo di fisici e



matematici che in vario modo si coagulavano attorno alle figure di Marcello Cini, Giovanni Jona Lasinio e Lucio Lombardo Radice. Risale quindi in quegli anni l'amicizia con Giorgio Israel, Carlo Boldrighini, Giovanni Ciccotti, Michelangelo (detto Mimmo) De Maria, Giovanni Battimelli, Carlo Tarsitani, Grazia Ianniello, Salvo D'Agostino ed altri ancora.

In effetti, la mia tesi di perfezionamento, discussa nel 1972, verteva su "Razionalismo francese e sperimentalismo inglese nella fisica europea del 1700" e rifletteva una scelta metodologica di ispirazione marxiana a favore del materialismo storico che peraltro era il punto di vista predominante all'interno al cosiddetto¹ "gruppo Cini"². Questo lavoro di tesi costituirà poi il punto di partenza per i miei due articoli su *Scientia* pubblicati nel 1973 e nel 1975³ alla base della ormai nota *querelle*⁴.

Nel frattempo, a partire dal settembre 1971, come militare di leva, avevo svolto l'addestramento a Firenze. È iniziata così la mia collaborazione e amicizia con Angelo Baracca, all'epoca professore incaricato a Firenze, che interagiva anch'egli con Cini. La complementarità della nostra formazione, unita alla comune passione politica, furono di grande stimolo reciproco e ci portarono ad elaborare il nostro approccio teorico storicista espresso poi nei libri *Marxismo e scienze naturali*⁵, *Materia e energia*⁶, *Scienza e produzione nel '700*⁷ e negli articoli che ci videro coautori, sia su riviste accademiche che di altro tipo: da *Critica marxista* a *Sapere*, dal *Quotidiano dei lavoratori* a *Paese sera*, dal *Manifesto* a *Rinascita*.

Come ha ben discusso Fabio Lusito nell'ambito della sua tesi di dottorato dedicata allo studio della figura di Lucio Lombardo Radice⁸, in quel periodo c'era senza dubbio un vivace confronto/scontro fra contrapposti approcci storiografici ed epistemologici di ispirazione marxista. In particolare, la controversia tra materialismo storico e materialismo dialettico trovava la sua rappresentazione esemplare nella contrapposizione fra il gruppo milanese cresciuto attorno all'eminente figura di Ludovico Geymonat e il "gruppo" (nell'accezione già precisata) romano di Cini⁹. Il caso per alcuni aspetti paradossale che sorse attorno alla pubblicazione dei miei due articoli su *Scientia* (vedi nota 3) che, come già affermato, sviluppavano il mio lavoro di perfezionamento, è quindi tutto da leggere nell'ambito di questo scontro ideologico e accademico, come ben discusso da Lusito.

Nel frattempo, nel 1974, su sollecitazione di Giovanni Ciccotti, che aveva ricoperto fino a quel momento l'insegnamento di Storia della fisica nel Corso di laurea in Fisica di recente istituzione a Lecce, assunsi io stesso quell'incarico, lasciando la mia borsa di studio presso la Domus Galileiana di Pisa ed iniziando così la mia esperienza leccese. A Lecce c'erano, fra gli altri, Claudio Garola, Elisabetta Donini e Tito Tonietti ed insieme organizzammo nel luglio 1975 il convegno "Aspetti storici e strutturali dei rapporti tra matematica e scienze naturali", a cui fece seguito nel settembre del 1979 il convegno su "La nascita della meccanica quantistica negli anni venti e il contesto culturale, economico e sociale della Repubblica

1. In effetti non si trattava di un vero e proprio gruppo di ricerca, era piuttosto un insieme di persone per buona parte (ma non tutte) del Dipartimento di Fisica della Sapienza, che pur facendo attivamente ricerca su campi diversi, condivideva, sia pure con sfumature e articolazioni anch'esse diverse, un approccio storicista all'interpretazione dell'evoluzione scientifica e tecnologica, approccio che trovava tra i suoi più convinti e noti assertori proprio Marcello Cini.

2. Ciccotti M, Cini M, De Maria G, Jona-Lasinio G, *L'ape e l'architetto, Paradigmi scientifici e materialismo storico*, Milano, Feltrinelli, 1976; E. Gagliasso E, Della Rocca M, Memoli R, *Per una scienza critica. Marcello Cini e il presente: filosofia, storia e politiche della ricerca*, Pisa, Edizioni ETS, 2015.

3. Rossi A, *Le due strade della fisica I*, *Scientia*, 108: 543-564, 1973; Rossi A, *Le due strade della fisica II*, *Scientia*, 109: 829-851, 1973.

4. Lusito F, *Il caso Scientia: censure scientifiche e piccole guerre ideologiche, 1973-1975*, *Storie di Scienza*, Convegno SISS di giovani studiosi e studiosi di storia della scienza, 15-17 ottobre 2021.

5. Baracca A, Rossi A, *Marxismo e scienze naturali, per una storia integrale delle scienze*. Bari, De Donato, 1976,

6. Baracca A, Rossi A, *Materia e energia*, Milano, Feltrinelli, 1978.

7. Baracca A, Rossi A, *Scienza e produzione nel '700*, Firenze, Guraldi, 1977.

8. Lusito F, *Un marxista galileiano: Scienza e società in Lucio Lombardo Radice*. Tesi di dottorato in Storia della Scienza presso l'Università di Bari, Centro Interuniversitario di Ricerca "Seminario di Storia della Scienza".

9. Battimelli G, De Maria M, *Due pessimi discepoli a colloquio con un cattivo maestro*,

di Weimar e degli USA”. Mentre, nel 1980, in collaborazione con Angelo Baracca, Gianni Battimelli, Silvio Bergia, Mimmo De Maria nonché i già citati Elisabetta Donini e Tito Tonietti organizzammo il convegno tenutosi a Firenze/Roma su “La ristrutturazione delle scienze tra le due guerre mondiali”¹⁰.

Peraltro, i miei interessi storiografici ed epistemologici in quegli anni mi spinsero anche a proseguire nello studio dell’epistemologia popperiana, avviato con il lavoro di tesi a Pisa. Attività che si tradusse nella cura della prima traduzione italiana dell’opera di Popper *Conoscenza oggettiva*¹¹, nel mio libro *Popper e la filosofia della scienza*¹² e in altri articoli sull’argomento¹³.

Vorrei spendere ora qualche parola sull’esperienza di *Testi & Contesti. Quaderni di scienze, storia e società*, edita a Milano dalla CLUP-CLUED, portata avanti per quattro anni, dal 1979 al 1983 e il cui comitato di redazione vedeva coinvolti oltre che me, Angelo Baracca, Stefano Ruffo, Roberto Livi, Elisabetta Donini, Gianni Battimelli, anche altri fisici, matematici, chimici, storici ed epistemologi. Nelle motivazioni di questa esperienza certamente si esprimeva il bisogno di approfondire quella critica della scienza che, già praticata dal movimento del ’68, ora puntava addirittura a sottrarre a qualsiasi pretesa separatezza e neutralità perfino la scienza apparentemente più “pura”, avanzata e sofisticata.

A ben vedere, una radicalizzazione del discorso sulla scienza era già iniziata in Italia, subito dopo il ’68 anche se, come accennato sopra, era soprattutto orientata verso la tecnologia e le applicazioni. Su questo piano era in corso nel nostro Paese un appassionato dibattito pubblico, in particolare (ma non solo) sulle pagine della rivista *Sapere*. La

sua impostazione, nella gestione di quegli anni, risentiva fortemente della spinta di un movimento sindacale particolarmente maturo e consapevole ed era dunque un’impostazione di denuncia degli abusi del potere, dello sfruttamento del lavoro e dell’inquinamento dell’ambiente, attuati attraverso uno sviluppo tecnologico orientato al dominio (si pensi ai casi della diossina di Seveso e della Montedison di Castellanza¹⁴). *Sapere* riservava pertanto alla scienza pura e di base, che pure era genericamente ritenuta presupposto dello sviluppo tecnologico, un’attenzione più limitata anche se non assente. In sostanza, alla base della nuova rivista, era presente un’istanza di radicalizzazione e di approfondimento che solo in parte poteva essere soddisfatta dal taglio e dalle scelte proprie di una rivista più divulgativa come *Sapere*.



D'altronde emergeva il riconoscimento, anche da parte dei sostenitori del punto di vista più oggettivista e strutturale di critica della scienza, che lo stesso radicamento economico-sociale, nella sua

Lettera Matematica, vol. 39-40, pp. 4-12, 2001.

10. Battimelli G, De Maria A, Rossi A (a cura di), *La Ristrutturazione delle scienze tra le due guerre mondiali*, vol. 1, *L'Europa*, Roma, Editrice universitaria di Roma la goliardi-

ca, 1984; Battimelli G, De Maria A, Rossi A (a cura di), *La Ristrutturazione delle scienze tra le due guerre mondiali*, vol. 2, *Dall'Europa agli USA*, Roma, Editrice universitaria di Roma la goliardica, Roma, 1985.

11. Popper, KR *Conoscenza oggettiva*, cura di Rossi A, Roma, Armando, 1975.

12. Rossi A, *Popper e la filosofia della scienza*. 1-120, Firenze, Sansoni, 1975.

13. Rossi A, *Karl R Popper, Logica della scoperta scientifica*, *Giornale critico della filosofia italiana*, volume II:339-349, 1971.

14. Rossi A, *L'esperienza di "Testi & Contesti"*. *Pristem / Storia*, vol. 27-28:87-96, 2010.

massima concretezza, presenti sempre al fondo un carattere di scelta di valori, di punti di vista soggettivi, di prospettive. Importante era per loro non ridurre questi aspetti a pure opzioni ideologiche, ma cogliere nell'esperienza – anche la più immediata e apparentemente del tutto oggettiva – condizioni umane e vissuto concreto di queste condizioni, che restituissero anche alla scienza uno spessore carico di significato radicandola nel concreto vissuto sociale, non per una pretesa pura oggettività. Non si può infatti assumere alcuno sviluppo come assolutamente oggettivo, necessario e deterministico, prescindendo dalla soggettività irriducibile di scelte alternative¹⁴.

Pur quindi evitando di stabilire nessi troppo meccanici tra l'economia, la società e la tradizione scientifica, occorre (e occorre) riconoscere l'esistenza di nessi e condizionamenti che, pur in modo articolato e complesso, aiutino a capire lo sviluppo delle tradizioni scientifiche e il prevalere, in epoche diverse, ora di una e ora di un'altra tendenza, in funzione della concreta realtà storico e socio-economica.

Riconsiderando in estrema sintesi le varie problematiche dibattute su *Testi & Contesti* si evidenzia l'impossibilità di trovare spiegazioni di sviluppi scientifici anche assai rilevanti senza considerare, insieme alla prassi scientifica concreta, anche le condizioni contestuali in cui essa ha luogo, che non sono certo banalmente solo risorse e obiettivi economici specifici ma anche diverse visioni concrete del mondo e dei valori tra loro antagoniste. Si afferma di nuovo l'idea di esigenze e bisogni sia materiali che ideali e culturali, che devono comunque mostrarsi e motivarsi, certamente in rapporto a contesti variabili storicamente e a diverse strade possibili, ma anche in rapporto ad una durevole ma non assoluta e definitiva efficacia operativa. Si tratta di non separare la concretezza delle radici storiche – perfino delle scienze apparentemente più astratte e indipendenti come la matematica – dalla loro effettiva capacità di affrontare e risolvere problemi, dato che il primo aspetto è insufficiente alla comprensione anche se ad essa indispensabile, come lo è al tempo stesso

– insufficiente e indispensabile – il secondo.

Dopo quattro anni la rivista chiuse i battenti. Certamente si trattò di una perdita dato il carattere critico e libero che, pur con i suoi limiti, la contrassegnava. Tuttavia, la chiusura è stata anche un'occasione per una riflessione sulla necessità di affrontare in vari altri modi altre sfide di approfondimento e di confronto con rinnovato impegno, fermo restando l'interesse, almeno da parte mia, a continuare a sviluppare l'approccio non apologetico né banalmente divulgativo, ma critico e realistico nei confronti della scienza e del suo divenire, che ha ispirato *Testi & Contesti* nei suoi quattro anni di vita.

Questo può essere considerato, almeno dal mio punto di vista, come il lascito essenziale delle esperienze anche conflittuali ma sempre appassionate, vissute in quegli anni, anche se, a posteriori è inevitabile cogliere in alcune di quelle posizioni un'ingenuità giovanile e una certa dose di rigidità ideologica. Certamente molte altre considerazioni potrebbero e dovrebbero trovare spazio in una discussione più ampia su questi temi, ma la sintesi richiesta da questo breve contributo ne ha imposto una drastica selezione. ●



La fisica, la storia, il movimento: appunti sparsi delle memorie di un cane sciolto

Gianni Battimelli

The 1970s saw the growth of a movement of radical criticism of science that intertwined with the more general climate of political militancy. The author traces his approach to research in the field of the history of physics at that particular moment, characterized by a non-academic interest in the history of science, triggered by questions about the state and role of scientific disciplines and the sense of the profession of scientist.

Keywords: *Science history, Political militancy*

Mi sono laureato in fisica, a Roma, nell'aprile del 1974. Nel bel mezzo dei turbolenti anni Settanta. Cioè il periodo in cui è cresciuto il movimento di critica radicale della scienza che si è in vario modo intrecciato al più generale clima di militanza politica che per tanti della mia generazione ha segnato quegli anni. Posso, di quel periodo che dista da noi ormai quasi mezzo secolo, al più assemblare alcuni ricordi personali, senza nessuna pretesa di tentare una sintesi con pretese di esaustività. Perché di quella storia sono stato, non un protagonista, ma al più una comparsa che si affacciava su una scena molto più vasta e articolata di quella che l'esperienza personale mi ha permesso di frequentare; e perché, nel mio caso, anche la dimensione della "militanza" era di fatto molto modesta, se al termine militanza attribuiamo il suo pieno significato. Ero, come si usava dire allora, un "cane sciolto" all'interno del movimento, cosa che ha certamente contribuito a fare di me un cattivo studente senza peraltro convertirmi in un animale politico in senso stretto. Ed è doveroso sottolineare, mentre provo a buttar giù alcune riflessioni sul "come eravamo", che il tempo altera e confonde la memoria, e soprattutto cambia la persona che alla memoria fa ricorso per guardarsi indietro, e la percezione che degli eventi passati si ricostruisce.

Ero al termine del mio corso di studi, dovevo trovare un argomento per la tesi di laurea (e un relatore disposto a seguirmi), e mi trovavo in una impasse da cui non sapevo come uscire. La fisica sembrava non interessarmi più. O meglio, non c'era nessun settore della disciplina in cui mi sentissi sufficientemente preparato – e motivato – per affrontare un percorso di ricerca. Non saprei dire quanto questo fosse dovuto a mie carenze – come ho detto, non sono mai stato uno studente particolarmente brillante – o all'effetto indiretto del clima di insoddisfazione verso lo stato in cui versava all'e-



poca la ricerca in fisica fondamentale, clima che si respirava in modo particolarmente forte nell'Istituto. Dall'impasse mi tirò fuori la proposta di Giovanni Ciccotti di lavorare ad un argomento di storia della fisica. Era un settore di ricerca e insegnamento che in Istituto era già presente, e ben coltivato: Salvo D'Agostino teneva da tempo il corso, e intorno a lui si era formato un piccolo gruppo di giovani ricercatori (Sandro Petruccioli, Carlo Tarsitani, Maria Grazia Ianniello). Ma tra noi non c'erano contatti – sarebbero arrivati più tardi, e con loro collaborazioni e, in alcuni casi, durature amicizie. La proposta di Ciccotti mi permetteva di tenere insieme la curiosità intellettuale per la storia e l'epistemologia, che era stata l'autentica radice della mia scelta di studiare fisica, e lo sguardo critico sulla scienza che avevo mutuato dal clima politico e culturale del movimento – oltre, naturalmente e più prosaicamente, a consentirmi di chiudere finalmente, e con una certa soddisfazione per il prodotto finale, il mio iter di studente.

Sono così entrato sulla scena della storia della fisica nel bel mezzo di un momento particolare. All'inizio degli anni settanta aveva cominciato a farsi strada negli ambienti scientifici, e segnatamente tra i fisici, un interesse di natura non accademica verso la storia della scienza innescato dalle domande sullo stato della disciplina, dalle interrogazioni sul senso del proprio mestiere di fisici, che ricevette un impulso decisivo dalla concomitanza di altri due fattori; l'esplosione dei movimenti di contestazione studentesca, e più in genere dei sommovimenti sociopolitici che fecero seguito al '68, che tra tante e ben altre tensioni misero al centro dell'attenzione la questione del rapporto tra scienza e società, e la diffusione in Italia, rapida e fortunata grazie anche a questa coincidenza di tempi e di umori culturali, del testo di Thomas Kuhn sulle rivoluzioni scientifiche, che apparve in traduzione italiana nel 1972. Dalla visione di Kuhn della dinamica dell'avanzamento della scienza veniva offerta la possibilità di introdurre, anche nella descrizione dello sviluppo di una scienza dura come la fisica, elementi di discontinuità non riconducibili tout court ad una

qualche logica intrinseca rigidamente determinata; e il ricorso ad aggiornate categorie di provenienza marxiana suggeriva di andare a ricercare le origini dei “mutamenti di paradigma” nella dinamica delle tensioni interne alla società, sottraendo così le motivazioni sottese ai mutamenti nei quadri teorici della scienza alla ambigua vaghezza dei “riorientamenti gestaltici” e ancorandoli invece ai diversi interventi progettuali assegnati dagli attori sociali all'impresa scientifica. Come discorso generale, questa prospettiva fu elaborata, e divenne largamente nota attraverso i testi raccolti ne *L'ape e l'architetto* e il vasto dibattito che ne accompagnò la diffusione. “La progettualità scientifica contro lo scientismo”, come recitava il titolo di uno dei saggi che componevano il volume (e di cui era coautore proprio Giovanni Ciccotti), era, prima che un efficace slogan, una vera dichiarazione programmatica. Affrancati dall'idea – dominante fino allora anche e soprattutto negli ambienti intellettuali legati all'ideologia ortodossa della sinistra – della intrinseca necessità di un progresso scientifico obbediente solo a proprie regole interne, si apriva la possibilità di rileggere la storia della scienza – e di progettarne lo sviluppo – riconoscendo al suo interno la presenza di biforcazioni possibili, opzioni alternative, tensioni non riducibili allo stretto dominio della logica. Era l'idea, insomma, della “non neutralità della scienza” (e poco importa, retrospettivamente, riconoscere di quanti significati diversi e talora contraddittori questa efficace locuzione è stata poi rivestita).

Proprio nella fase terminale del mio lavoro sulla tesi, Ciccotti aveva lasciato l'insegnamento di storia della fisica che teneva per incarico a Lecce, e aveva diretto la propria attività di ricerca verso la dinamica molecolare, mentre a Lecce lo sostituiva Arcangelo Rossi. Sono così entrato in contatto con alcuni dei protagonisti di quella stagione in cui si sono coniugati strettamente l'impegno politico, nel senso più largo del termine, e l'interesse e la ricerca per la storia della scienza. A Lecce, avevo conosciuto Elisabetta Donini e Tito Tonietti, che già erano parte di una rete informale di giovani ricercatori, quasi tutti vicini

alle varie forme in cui si declinava allora la prospettiva marxiana, e quasi esclusivamente fisici e matematici, che cominciarono a vedere la storia della propria disciplina come terreno di verifica delle idee che circolavano nel movimento sulle relazioni tra scienza e società. Sorta di manifesto programmatico che diede visibilità a queste tendenze, apparve nel 1976 *L'ape e l'architetto. Paradigmi scientifici e materialismo storico*, una raccolta di saggi a cavallo tra la ricostruzione storica, la riflessione epistemologica e la critica in chiave marxiana dell'ideologia scienziata, ad opera di un gruppo di fisici romani, tra cui il mio (ormai ex) relatore di tesi. Il vivace (e "vivace" è un eufemismo) dibattito scatenato dalla sua pubblicazione produsse anche, tra l'altro, il consolidamento di uno stereotipo, secondo cui si sarebbe formata, attorno a quelle posizioni, una scuola di pensiero cui si faceva talvolta riferimento come al "gruppo di Cini". Certamente Marcello Cini era, tra gli autori di quel testo, per ragioni anagrafiche e per la sua collocazione accademica e il suo prestigio come fisico teorico, la figura che dominava la scena mediatica. Ma mi sono sempre chiesto per quali misteriosi collegamenti io sia spesso stato identificato come un "discepolo", o un allievo di Marcello, o più generalmente come uno dei componenti del "gruppo di Cini"; cioè di una entità che non è davvero mai esistita, perlomeno nel senso che normalmente si dà alla locuzione "gruppo di ricerca". Penso di non essere stato affatto un "discepolo" di Marcello, e questo per il semplice motivo che, al di là degli stereotipi che sono stati costruiti, Marcello non è mai stato in senso proprio un "maestro". Certamente è stato per molti (talvolta attribuendosi parentele con le sue posizioni grazie a più o meno evidenti forzature) una figura di riferimento, un punto di ispirazione intellettuale; ma non è stato un maestro nel senso di fondatore di una corrente di pensiero, di creatore di una scuola.

Nei giorni in cui usciva *L'ape e l'architetto*, e infuriava la polemica successiva (che a dispetto delle forzature e incomprensioni che la hanno segnata, e che sono spesso state il riflesso di tensioni interne agli steccati disciplinari dell'orga-

nizzazione accademica del sapere piuttosto che di genuini problemi legati alla natura dell'indagine storiografica, ha avuto se non altro il merito di portare come non mai nel nostro paese le tematiche sulla dinamica delle ricerca scientifica e sul suo ruolo sociale all'attenzione dell'opinione pubblica), io ero alle prese col servizio militare. Dividevo equamente il poco tempo libero tra approfondimenti marxiani e storia critica della fisica, alternando le letture di *Il marxismo e Hegel* di Lucio Colletti e de *La spirale delle alte energie*, appena prodotto da Angelo Baracca e Silvio Bergia, due fisici attivi nella, e insoddisfatti della, fisica delle particelle elementari. Era un settore di ricerca che stava attraversando, tra gli anni cinquanta e i primi anni settanta, un profondo mutamento segnato da una crescita elefantica nei suoi apparati sperimentali e da un proliferare, che a molti appariva incontrollato, delle tecniche formali utilizzate, caratterizzato dalla difficoltà di sistemare la fenomenologia sempre più complessa rivelata dai nuovi strumenti disponibili sul piano sperimentale in un quadro teorico consistente, basato su fondamenta condivise. Il senso di frustrazione per la proliferazione di modelli teorici di cui sembrava difficile cogliere il significato fisico al di là della manipolazione formale fu senza dubbio all'origine di molte delle conversioni che all'epoca portarono giovani ricercatori a guardare altrove. Il libro di Baracca e Bergia diede efficacemente voce a questa insoddisfazione, andando a rintracciare l'origine di queste difficoltà nelle modalità dello sviluppo di quel settore di ricerca correlate alla più generale dinamica dell'evoluzione della scienza nella società capitalistica avanzata. Ironia della storia, oggi sappiamo che proprio in quei giorni quella fisica produsse i primi risultati, sperimentali e teorici, che permisero di uscire da quella impasse aprendo la strada alla costruzione del nuovo paradigma del modello standard; ma questo è uno sguardo retrospettivo, che, se illumina il passato alla luce del presente, nulla toglie alla pregnanza di quello sguardo sul presente di allora.

Gli anni a cavallo tra la fine dei Settanta e i primi Ottanta sono stati segnati, nella mia percezione

di quel periodo, dalla compresenza, talvolta dalla tensione, tra le motivazioni di carattere ideale (politico, civile, “militante”) che stavano dietro alla scelta di guardare alla storia della scienza, e la spinta a trasformare quegli interessi, da escursioni intellettuali saltuarie a impegno di ricerca stabile, e riconosciuto professionalmente. Più banalmente, mentre per alcuni di noi l’attenzione alla storia delle discipline era un interesse collaterale al proprio mestiere di fisici (o matematici, o chimici...), per altri, me compreso, che un mestiere simile non lo avevano, si trattava di investirsi interamente nella figura di storici, e coniugare la tensione ideale che la sorreggeva con la stabilizzazione nell’universo dell’accademia. Le circostanze contingenti, e irripetibili, della situazione culturale e dell’assetto istituzionale della nostra università in quel periodo hanno consentito di effettuare questa transizione in modo indolore. Ma le tensioni non hanno mancato di manifestarsi. Ho ancora un vivido ricordo del sospetto, se non della ostilità, con cui fu accolta la mia presenza ad un incontro di scienziati “radical” a Parigi nel 1979, quando emerse che il mio ruolo nell’università era “ufficialmente” quello di ricercatore in storia della fisica, che non lavoravo in un laboratorio, e che non ero dunque un attivista militante, un “vero” scienziato che la storia, se del caso, la utilizzava come arma intellettuale contro l’establishment, ma un prodotto della istituzionalizzazione, e quindi dello svilimento di quell’arma da parte del sistema accademico.

Un momento importante, almeno per quanto riguarda la mia traiettoria personale, sono stati i due corsi della scuola di storia della scienza organizzati presso il centro Ettore Majorana di Erice nel febbraio 1977 e nell’estate del 1979. Si trattava naturalmente di eventi accademici, del tutto istituzionali. Ma furono frequentati da molti di quelli che avevano vivacizzato il panorama critico degli anni precedenti, e specialmente il secondo corso fu seminale nell’ibridare tensioni ideali e rigore storiografico. Fu ad Erice che avvenne l’incontro diretto con alcuni degli allievi della scuola di Kuhn, come John Heilbron e Paul Forman; di quest’ultimo, in particolare,

era stato assunto a modello di lavoro storiografico il ponderoso lavoro in cui la introduzione di elementi di acausalità nella fase della costruzione della meccanica quantistica era direttamente correlato alle tendenze culturali più generali dominanti nella Germania del primo dopoguerra. Dall’incontro tra questi rappresentanti della new wave della storiografia della scienza americana, che certamente marxisti non erano, e alcuni dei propugnatori del programma di lettura in chiave marxiana dello sviluppo della scienza che si era diffuso nel nostro paese, nacque una interazione che ha avuto esiti importanti sul fronte del riconoscimento professionale della storia delle scienze negli ambienti accademici delle “scienze dure” (ovviamente, la storia della scienza aveva già da lungo tempo in Italia una sua consolidata storia nelle facoltà umanistiche; il fatto nuovo fu allora l’affermazione della legittimità di questi studi all’interno degli istituti di ricerca legati alle facoltà scientifiche).

Già nel 1979, a valle della scuola di Erice, ci si ritrovò a Lecce a discutere in un vivace workshop su “The growth of quantum mechanics in the 20’s and the cultural, economic and social context of the Weimar republic and of the U.S.A.”; e quell’incontro di Lecce diede il via ad una collaborazione che, non senza attriti e discussioni sulle relative proprietà da accordare alla dimensione “militante” o a quella “accademica” del lavoro, portò in meno di un anno al miracolo del convegno su “La ristrutturazione delle scienze tra le due guerre mondiali”, svoltosi nell’arco di quasi due settimane tra Firenze e Roma a luglio del 1980. “Miracolo” perché, considerati i vincoli burocratici e amministrativi da cui è stata in seguito soffocata la vita delle nostre università, non è possibile, con lo sguardo dell’oggi, definirlo diversamente. Allora, più che un miracolo, fu il frutto virtuoso di una serie di irripetibili circostanze, per cui si incontrarono un clima culturale favorevole e una struttura più agile delle amministrazioni locali e delle università che sostennero l’iniziativa, per quanto essa venisse sostenuta da un gruppo di ricercatori assai poco paludato accademicamente; non poco dovette giovare al suc-

cesso dell'impresa il fatto che questo gruppo fosse riuscito, a dispetto delle relativamente scarse credenziali ufficiali, a attirare – credo di poterlo affermare senza tema di smentita – la più ampia e qualificata rappresentanza di studiosi di storia della scienza internazionalmente affermati che mai si sia concentrata in Italia in un unico evento. Per me, quell'incontro fu l'occasione per mettere le basi per il definitivo consolidamento della mia traiettoria verso la storia della fisica; nell'ottobre del 1980, sono partito per Washington con una fellowship della Smithsonian Institution, dove ho davvero cominciato a imparare il mestiere, grazie alla frequentazione dell'ambiente accademico della East Coast e alla stretta interazione con Paul Forman. Intanto, sempre nel 1979 era partita l'esperienza singolare della rivista *Testi e contesti*, animata dallo stesso gruppo che aveva animato e organizzato gli incontri di cui sopra. La rivista ebbe vita breve – durò fino al 1983 – ma fu per tutti quei pochi anni una sede importante in cui confluirono e si confrontarono due complementari processi di maturazione: l'approfondimento della riflessione di ispirazione marxiana sulle correlazioni tra sviluppo scientifico e organizzazione della società capitalistica, e la crescita dello spessore dei contributi di storia delle scienze che in vario modo a quella ispirazione si rifacevano. In un certo senso, la chiusura di *Testi e Contesti* segnava la fine di un ciclo, mentre contestualmente si apriva nel 1981 la serie, ininterrotta a tutt'oggi, dei Convegni nazionali di storia della fisica. Il consolidamento istituzionale era ormai cosa fatta, e nel mutato clima degli anni Ottanta la dimensione “militante” della storia della scienza avrebbe dovuto trovare altri canali per esprimersi. ●

**Gli autonomi.
L'autonomia operaia romana
Vol. 4, Deriveapprodi, 2017**



Questo quarto volume de *Gli autonomi* si concentra sull'esperienza politica dell'Autonomia operaia romana, la più importante (con quella veneta) per numero di militanti, realtà lavorative, studentesche e territoriali organizzate, radicamento sociale, quantità e qualità di lotte intraprese.

La narrazione riguarda principalmente la componente dei Comitati autonomi operai, i famosi “Volsci”, dal nome della via del quartiere romano di San Lorenzo che ospitava la loro sede. Ma riguarda anche tutta la variegata articolazione di decine e decine di collettivi sparsi nei quartieri della città, nelle periferie e nelle cittadine circostanti.

L'arco temporale preso in considerazione è ventennale, dagli inizi dei Settanta agli inizi dei Novanta, con epicentro il '77, l'anno “insurrezionale”.

Il libro contiene anche considerazioni teoriche che oltrepassano la perimetrazione temporale del passato, sapendosi misurare con l'attualità del dibattito sulla credibilità di un progetto rivoluzionario futuro.

uno scatto alla natura

Le lacrime della miseria

testo e foto di Stefano Piazzini



Ancona, 20/4/2020. Fotocamera: Canon EOS 400D, obiettivo Sigma macro 50mm f/1.4

Tirava scirocco il 20 aprile 2020, già dal giorno prima. In pieno confinamento da coronavirus, mi alzo presto come sempre la mattina e, oltre all'irreale silenzio e all'atmosfera ovattata, percepisco subito un senso di fastidio per il grigiore diffuso del cielo e per l'aria umida e appiccicosa, anche se non proprio calda, tipica delle giornate sciroccose. Il Monte Conero, come una specie di isola in mezzo al mare, si è ricoperto di un cappuccio, una nube orografica che si allunga in direzione sud-est. Il panorama, filtrato attraverso il grigiore mattutino, perde subito interesse e rivolgo l'attenzione alle amiche piante del terrazzo.

Dopo la consueta lotta biologica effettuata catturando con le dita afidi e larve di lepidotteri, sono colpito dalla vistosa presenza di gocce d'acqua sulla mia *Tradescantia pallida*, gentile e vigorosa pianta comune sui balconi, che per i suoi bei fiori forse non merita il nome di *Erba miseria*. Evidentemente, visto il contesto, non si tratta dell'acqua di rugiada, né di una improbabile vaporizzazione spray. Le gocce infatti non sono uniformemente distribuite, ma ornano come un diadema solo il bordo delle lamine fogliari. Si tratta della tipica manifestazione di una proprietà, nota come **guttazione**, frequente soprattutto nelle piante tropicali.

Il fenomeno, dal latino *gutta*, goccia, prevede la fuoruscita di acqua dalle foglie anziché sotto forma di vapore, come avviene normalmente con la traspirazione, direttamente allo stato liquido. Quando per l'eccessiva umidità relativa dell'aria la traspirazione non può avvenire regolarmente, nelle piante come la *Tradescantia* la pressione radicale spinge il liquido attraverso i vasi di uno speciale sistema

di trasporto. Sul margine della lamina fogliare sono infatti presenti gli stomi acquiferi, denominati **idatodi**. A differenza degli stomi aeriferi che variano di forma col turgore cellulare, queste particolari aperture stomatiche, anch'esse controllate da due cellule di guardia, sono sempre pervie. Gli idatodi sono collegati a vasi di conduzione e ad altre cellule, che formano un vero e proprio apparato escretore. La funzione escrettrice è evidenziata dal fatto che in molti casi il liquido espulso con la guttazione non è costituito da acqua pura, ma porta con sé sali in eccesso o sostanze tossiche per la pianta.



Lo stadiale negazionista

Fabio Fantini

The discovery by paleoclimatologists of short periods in the past during which there has been a large and sudden increase in global temperature seems to offer arguments for the camp of climate deniers. If intense climatic warming phenomena took place well before the release of carbon dioxide of fossil origin into the atmosphere, then even the current phase of global increase in temperatures could not be attributed to human activities. However, these are arguments that are not only specious, but also easily demolished.

Keywords: *Global warming, Denialism*

Dryas octopetala è una pianta delle *Rosaceae* diffusa nell'ambiente artico-alpino, che cresce su roccia e su detriti calcarei, anche di recente consolidazione (figura 1). Si tratta di una pianta pioniera dai vivaci fiori bianchi, generalmente tra le prime a colonizzare ambienti liberati dai ghiacci, come quelli che andavano formandosi al termine dell'ultima glaciazione. L'analisi palinologica dei carotaggi consente di determinare la diffusione di *Dryas* nell'emisfero settentrionale, in particolare dopo l'ultimo massimo glaciale di circa 20 000 anni fa. Il pianeta aveva iniziato a riscaldarsi lentamente, ma l'avanzata verso le latitudini settentrionali dell'areale di questa pianta presenta un andamento irregolare nel tempo, con bruschi arretramenti in latitudine che testimoniano transitori raffreddamenti repentini del clima.

Un breve periodo di clima freddo, che interrompe un periodo interglaciale caratterizzato da aumento delle temperature, prende il nome di stadiale. Lo stadiale evocato nel titolo occupa un arco di tempo che va da 12 800 a 11 500 anni fa e prende il nome di "Dryas recente" (figura 2), a rimarcare il ruolo della nostra piantina nella ricostruzione del clima di quel periodo.

La causa della controtendenza climatica del Dryas recente, che interessò parti consistenti del pianeta, è generalmente individuata nel riversamento nel bacino oceanico atlantico di acqua dolce proveniente dalla fusione della calotta glaciale nordamericana. Questo evento fu relativamente rapido, forse accelerato dall'energia liberata dall'impatto sul continente nordamericano di uno sciame meteorico di cui sono state individuate le tracce, e influì sul regime delle correnti oceaniche. Il Dryas recente rappresenta un episodio climatico di segno contrastante rispetto alla tendenza in atto, causato con



Fig. 1: Arbusto di *Dryas octopetala* durante il periodo di fioritura.
Da <https://www.sappada.blog/camedrio-alpino-dryas-octopetala/>

ogni probabilità da un evento fortuito. Come rapido fu l'abbassamento delle temperature che segnò l'inizio del Dryas recente, altrettanto rapido fu l'aumento delle temperature che ne segnò la fine, anzi per la verità di una rapidità senza precedenti. Allorché il transitorio raffreddamento climatico si esaurì, tornarono a prevalere le condizioni che spingevano verso l'innalzamento delle temperature. Le rilevazioni stratigrafiche, sia quelle basate su indicatori climatici microbiologico-palinologici sia quelle basate su indicatori climatici di tipo geochimico-radiometrico, indicano un periodo di velocissimo riscaldamento durato fra 80 e 150 anni. In questo periodo geologicamente assai breve, la temperatura media del pianeta risalì di oltre 8°C e il livello dei mari probabilmente si rialzò al ritmo di quasi un metro a decennio mentre, in modo forse non sorprendente, andavano estinguendosi quasi tutti gli ultimi esponenti della megafauna pleistocenica. Il pianeta reagì come una molla compressa libera di tornare alle condizioni iniziali e ristabili condizioni di equilibrio in linea con il lungo periodo di riscaldamento precedente, come se la parentesi gelida del Dryas recente non ci fosse mai stata.

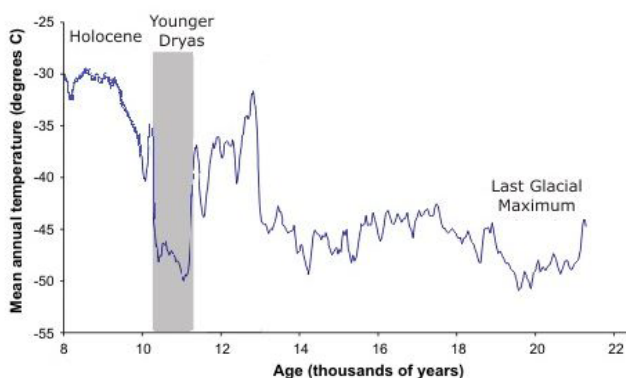


Fig. 2: Il grafico riporta l'andamento della temperatura tra il tardo Pleistocene e l'inizio dell'Olocene. I dati sono stati ottenuti tramite indicatori climatici studiati nelle aree centrali della calotta glaciale in Groenlandia. Nell'asse delle ascisse i tempi sono misurati dal tempo attuale verso il passato. L'incremento delle temperature nel brevissimo arco di tempo che segna la fine del Dryas recente risulta evidente. Da <https://ocp.ideo.columbia.edu/res/div/ocp/arch/examples.shtml>

L'evento di riscaldamento che segna la fine del Dryas recente, e contemporaneamente il passaggio dal Pleistocene all'Olocene, avvenne con sbalorditiva velocità, superiore a quella di tutte le variazioni precedenti note e, permettendoci un pizzico di ottimismo, successive. Non è difficile intuire il motivo per cui questo evento di rapido riscaldamento su vasta scala stia acquistando popolarità presso i negazionisti climatici. Ormai insostenibile la confutazione dei dati sul riscaldamento climatico globale (almeno quanto il rifiuto di considerare ustionante l'acqua in ebollizione a pressione normale, ma forse non si può mai dire), il negazionismo cerca di ripiegare sulla negazione della responsabilità antropica del fenomeno. L'attrattiva per le tesi negazioniste di un esempio geologico documentato di un consistente innalzamento della temperatura media del pianeta in un arco di tempo ancora più breve di quello intercorso dalla rivoluzione industriale ai giorni nostri è intuibile. Alla fine del Pleistocene non si poteva imputare alle comunità umane l'emissione di spropositate quantità di diossido di carbonio. Secondo il ragionamento dei negazionisti, ebbene sì, il riscaldamento globale esiste, ma è indipendente dalle attività antropiche. Segue lo scontato corollario che non dobbiamo colpevolizzarci per l'uso di combustibili fossili e che agitare lo spauracchio di un'Apocalisse imminente sia un'esagerazione tipica della nostra civiltà decadente. Almeno due ordini di ragionamento confutano l'argomentazione negazionista. Il primo riguarda la specificità episodica del riscaldamento che segnò la fine del Dryas recente, per il quale sono state individuate cause probabili, ben diverse da quelle alle quali stiamo imputando l'attuale riscaldamento climatico. Le analogie con la fase attuale possono riguardare le conseguenze, non le cause del fenomeno. E, a proposito di conseguenze, dovrebbe suscitare qualche preoccupazione il fatto che anche noi umani facciamo, a rigore, parte della megafauna, una delle componenti più a rischio nelle comunità sottoposte a stress climatico. Il secondo ordine di ragionamento riguarda la debolezza logica dell'argomentazione. Il fatto che un repentino riscaldamento climatico si sia verifi-

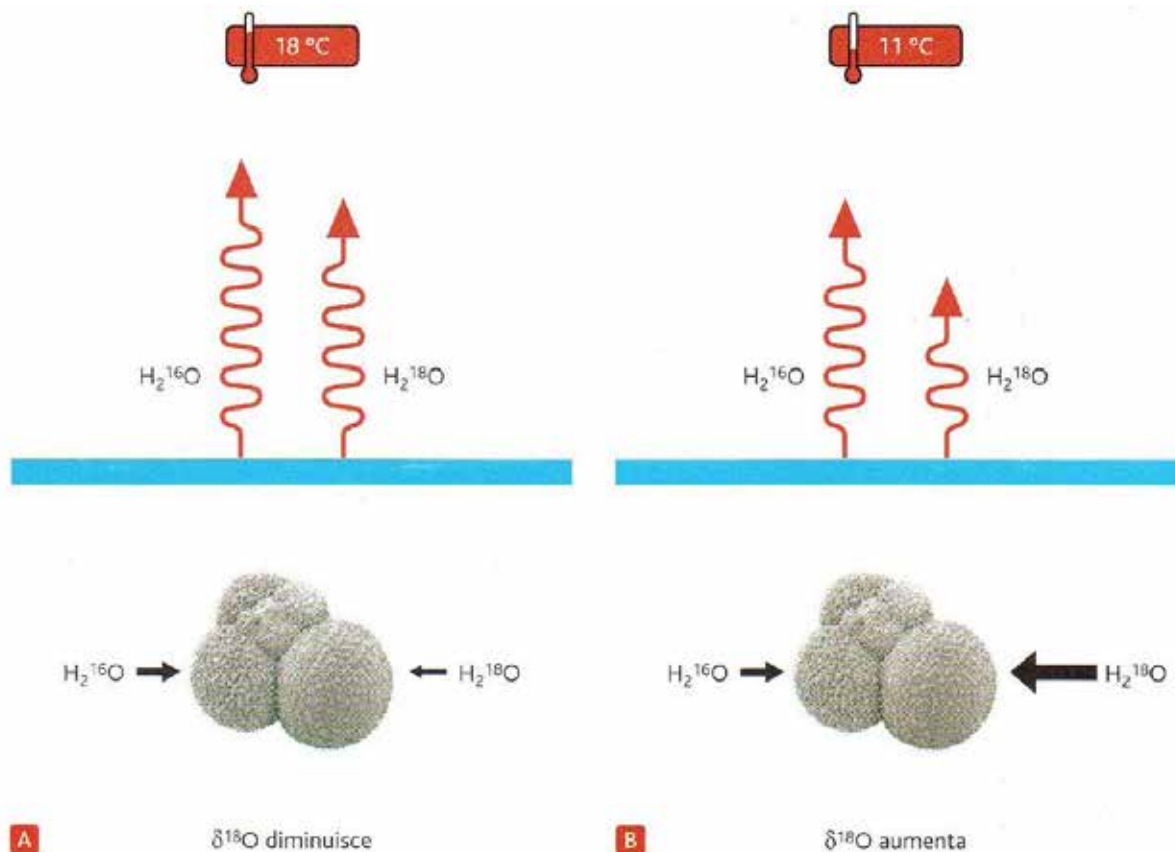
Indicatori climatici di tipo geochimico

I principali indicatori climatici di tipo geochimico si basano sulle abbondanze relative di certi isotopi per risalire alle temperature del passato. L'ossigeno dell'acqua è presente con due nuclidi principali: gli isotopi ^{16}O e ^{18}O . L'ossigeno-16 è circa 500 volte più abbondante dell'ossigeno-18, ma le molecole di acqua con ^{16}O , più leggere di quelle con ^{18}O , sono più volatili. Quando la temperatura dell'acqua diminuisce, la differenza di volatilità a favore delle molecole di acqua con ^{16}O aumenta e di conseguenza la percentuale di molecole contenenti ^{18}O che rimane nell'acqua allo stato liquido si accresce.

I foraminiferi sono organismi marini unicellulari che costruiscono gusci calcarei utilizzando carbonato di calcio. Lo ione carbonato si forma nella reazione tra acqua e diossido di carbonio. I foraminiferi incorporano nel loro scheletro l'ossigeno delle molecole di acqua, con un rapporto tra i due isotopi dell'ossigeno uguale a quello dell'acqua nella quale vivono.

In acque calde (figura A), l'evaporazione delle molecole di acqua vede lievemente favorite le più leggere molecole contenenti l'isotopo ^{16}O rispetto a quelle contenenti l'isotopo ^{18}O . Nelle acque, da cui i foraminiferi ottengono i carbonati per costruire il proprio guscio, il rapporto tra i due isotopi dell'ossigeno è lievemente sbilanciato, rispetto ai valori standard, a favore dell'isotopo ^{18}O . In acque fredde (figura B), l'evaporazione delle molecole di acqua procede più lentamente, ma il rallentamento è più consistente per le molecole contenenti l'isotopo ^{18}O . Nelle acque fredde la quantità relativa degli isotopi ^{18}O si accresce e si trasmette alla composizione isotopica dei gusci dei foraminiferi. Il simbolo $\delta^{18}\text{O}$ indica lo scostamento in parti per mille (‰) del rapporto $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ rispetto alla composizione isotopica standard. Il valore di $\delta^{18}\text{O}$ aumenta al diminuire della temperatura delle acque.

Dopo la morte, gli scheletri dei foraminiferi si depositano sul fondo e col tempo formano rocce sedimentarie. Il calcolo del $\delta^{18}\text{O}$ nei gusci fossili consente di ricostruire l'andamento delle temperature delle acque marine.



cato altre volte in passato, ben prima che la nostra specie iniziasse a liberare grandi quantità di diossido di carbonio fossile in atmosfera, implica che rapidi riscaldamenti climatici possano avvenire per una molteplicità di cause, non certo che anche l'episodio attuale abbia causa non antropica. Considereremmo probante l'affermazione di un sospetto furfante che, per discolarsi dall'accusa di un reato, ci facesse notare che un precedente reato simile non è stato certamente commesso da lui?

Esistono, piuttosto, prove circostanziate che l'attuale riscaldamento climatico ha causa antropica. Dagli anni Settanta del secolo scorso i climatologi hanno iniziato a elaborare modelli matematici per prevedere l'evoluzione climatica del pianeta. Nel corso degli anni i primi rudimentali modelli sono stati perfezionati, grazie anche alla crescente capacità di calcolo dei computer. Anche se i modelli più vecchi erano rudimentali, oggi si scopre in retrospettiva che avevano colto nel segno per quanto riguarda il tasso di aumento della temperatura globale in relazione alla concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera (e anche riguardo molti altri aspetti). Le previsioni effettuate da molti decenni a questa parte sull'evoluzione del clima globale, che tenevano conto dell'aumentata concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera, hanno trovato corrispondenza precisa nei dati successivamente misurati. Da circa 170 anni esistono registrazioni attendibili delle temperature globali (figura 3). I dieci anni più caldi di questa lunga serie sono compresi tra il 2005 e il 2021¹. Nel periodo trascorso dalla rivoluzione industriale, le crescenti emissioni di origine antropica hanno portato la concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera da circa 290 ppm a oltre 400 ppm. La concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera cresce annualmente al ritmo di 2 ppm, equivalenti a circa 8 Gt complessive, mentre le emissioni di origine antropica, non tutte destinate ad accumularsi in atmosfera, ammontano

1. <https://www.noaa.gov/news/2020-was-earths-2nd-hottest-year-just-behind-2016>

GLOBAL AVERAGE SURFACE TEMPERATURE

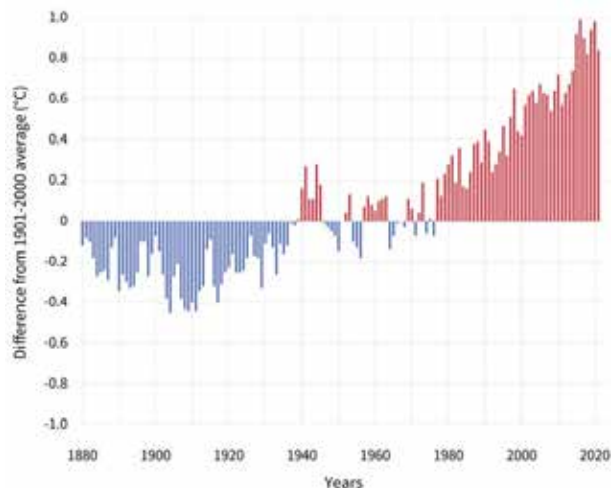


Fig. 3. Temperature medie annuali in superficie dal 1880 al 2021 comparate alla media climatica del XX secolo. Da NOAA Climate.gov, basato su dati del National Centers for Environmental Information.

a circa 32 Gt. Tra pochi mesi potremo affermare, stando alle proiezioni di giugno 2022², che gli undici anni più caldi della serie sono concentrati tra il 2005 e il 2022.

Nella ricerca scientifica la conferma sperimentale di dati previsti per via teorica rafforza la fiducia nelle teorie e nei modelli che quelle previsioni hanno consentito. I modelli matematici che simulavano l'impatto delle attività antropiche sul clima globale hanno permesso previsioni rigorosamente quantitative, la cui conferma sperimentale continua, ahinoi!, senza interruzioni. Allo stato attuale delle conoscenze, l'individuazione nelle attività antropiche delle cause del riscaldamento climatico, e per conseguenza anche la determinazione dei possibili rimedi (nell'ipotesi che si desidera mitigare il fenomeno), appare non confutabile.

La comunità scientifica ha individuato il fenomeno, ne ha appurato le cause e suggerito le misure da attuare per ridurre il danno. Ora la palla passa ai decisori politici, le cui iniziative vanno però

2. <https://www.noaa.gov/news/june-2022-was-earths-6th-warmest-on-record>


inserite in un contesto planetario caratterizzato dalla pesante contraddizione tra la località delle decisioni e la planetaria interconnessione delle conseguenze di ogni intervento. Le società umane sono visibilmente lontane da un coordinamento globale capace di armonizzare i loro sforzi e di garantire una ripartizione condivisa dei costi e dei benefici dei cambiamenti da affrontare. La tendenza antistorica³ a privilegiare gli interessi locali, cosiddetti sovrani, rischia di bloccare sul nascere l'indispensabile collaborazione di tutte le comunità umane per affrontare le sfide del riscaldamento globale. Sfide che la guerra attualmente in corso in Ucraina, che ha fatto pesantemente arretrare le iniziative di transizione energetica in Europa, rende ancora più difficili da affrontare. C'è da temere che in Italia, nei prossimi tempi, sentiremo ancora parlare (non sempre con cognizione di causa) del riscaldamento globale che pose termine al Dryas recente per spingere a sottovalutare l'importanza della decarbonizzazione delle nostre fonti energetiche. ●



3. Lo storico israeliano Y. N. Harari osserva che la direzione generale della storia si può desumere dal numero di mondi umani separati (vale a dire che

ciò che avviene in uno di questi mondi non influenza gli altri) presenti sul pianeta. Il numero dei mondi umani separati si è progressivamente ridotto nel

Luigi Ferrajoli
Per una Costituzione della Terra.
Feltrinelli, 2022



Esistono problemi globali che non fanno parte dell'agenda politica dei governi nazionali, anche se dalla loro soluzione dipende la sopravvivenza dell'umanità. Il riscaldamento climatico, il pericolo di conflitti nucleari, le disuguaglianze, la morte di milioni di persone ogni anno per mancanza di alimentazione di base e di farmaci salvavita e le centinaia di migliaia di migranti in fuga segnano il nostro orizzonte presente e futuro. In gran parte dipendono dall'assenza di limiti ai poteri selvaggi degli Stati sovrani e dei mercati globali. Tuttavia, secondo Luigi Ferrajoli, un'alternativa istituzionale e politica è possibile e la sua stella polare è una Costituzione della Terra. Non si tratta di un'ipotesi utopistica. Al contrario, è la sola risposta razionale e realistica allo stesso dilemma che Thomas Hobbes affrontò quattro secoli fa: la generale insicurezza determinata dalla libertà selvaggia dei più forti, oppure il patto di convivenza pacifica basato sul divieto della guerra e sulla garanzia dell'abitabilità del pianeta e della vita di tutti. La vera utopia, l'ipotesi più inverosimile, è l'idea che la realtà possa rimanere così come è: l'illusione cioè che potremo continuare a fondare le nostre democrazie e i nostri tenori di vita sulla fame e la miseria del resto del mondo, sulla forza delle armi e sullo sviluppo ecologicamente insostenibile delle nostre economie. Solo una Costituzione della Terra, che introduca un demanio planetario a tutela dei beni vitali della natura, bandisca le armi e introduca idonee istituzioni globali di garanzia in difesa dei diritti di libertà e in attuazione dei diritti sociali di tutti può realizzare l'universalismo dei diritti umani, assicurare la pace e, prima ancora, la vivibilità del pianeta e la sopravvivenza dell'umanità.

corso della preistoria e della storia umana fino alla unificazione in un unico mondo, quello globalizzato in cui viviamo. Una globalizzazione che de-

grado ambientale e fenomeni pandemici non si stancano di rammentarci.

Frans de Waal
*Diversi. Le questioni di genere viste con gli occhi
di un primatologo*

Raffaello Cortina Editore, Milano 2022



Il libro tratta questioni di *genere*, ossia relative al ruolo sociale delineato biologicamente e culturalmente (“il genere è come un cappotto culturale che i sessi indossano quando escono”, p. 59). Un primatologo come Frans de Waal può giovare di un osservatorio privilegiato, dal momento che ha studiato a fondo i nostri cugini più prossimi: gli *scimpanzé* e i *bonobo*, che hanno organizzazioni sociali molto diverse, con un orientamento – passatemi i termini – *maschilista* i primi e *femminista* i secondi. Ci viene perciò proposta una curiosa comparazione “triangolare” tra scimpanzé (*Pan troglodytes*), bonobo (*Pan paniscus*, specie riconosciuta come distinta dallo scimpanzé comune solo dal 1933) e *Homo sapiens* che – per usare le parole di Jared Diamond – sarebbe appropriato classificare come “il terzo scimpanzé”. Come sempre, questo autore ci offre una lettura piacevole, interessante, ricca di aneddoti e racconti personali ma al tempo stesso significativa sul piano dell’approfondimento scientifico e filosofico. Impossibile dar conto in breve spazio di una trattazione così ampia, che affronta comportamenti relativi a gioco, corteggiamento, accoppiamento, cure parentali, violenza, cooperazione e amicizia. Vorrei soffermarmi piuttosto alcuni spunti critici che fanno giustizia di diffusi stereotipi e pregiudizi.

L’autore sottolinea innanzitutto che la primatologia, sull’argomento genere, “cominciò con il piede sbagliato, compiendo estrapolazioni a partire dall’osservazione delle amadriadi” (scimmie che appartengono al gruppo dei cercopitecidi). Nel libro *The Social Life of Monkeys and Apes* (1932), Solly Zuckerman “sostenne in sostanza che i primati maschi sono naturalmente superiori e violenti e che le femmine non hanno quasi voce in capitolo” (p. 108). Si tratta, secondo Frans de Waal, di una generalizzazione arbitraria che non teneva conto di specificità importanti della amadriadi (l’inconsueta differenza di dimensioni tra i sessi, il fatto che queste scimmie vivono in gruppi molto ristretti), ma che ebbe un successo mediatico notevole creando luoghi comuni duri a morire, per nulla pertinenti agli scimpanzé, ai bonobo e allo stesso uomo.

Frans de Waal non nega affatto i comportamenti violenti di queste specie, né che la violenza sia pesantemente legata al genere, e nemmeno che la violenza esercitata dai maschi sulle femmine sia più alta tra gli uomini che tra la maggior parte degli altri primati. Tuttavia ha scelto di privilegiare lo studio dei comportamenti di collaborazione rispetto a quelli di conflitto e in particolare di approfondire le pratiche di riconciliazione. Non si tratta semplicemente della scelta “sentimentale” di un uomo pacifico, ma di un punto di vista che – ancora una volta – permette di superare criticamente alcuni radicati luoghi comuni. Ad esempio, la *dominanza* di un individuo nell’ambito di un gruppo – per indicare la quale negli anni ’40 del Novecento l’etologo svizzero Rudolf Schenkel coniò il termine “maschio alfa” – è stata troppo spesso associata a caratteristiche di prestanta fisica e di violenza, mentre è fortemente legata a prestazioni eminentemente sociali come la capacità di mediare, creare alleanze, risolvere conflitti proponendo “l’interesse della comunità al vantaggio personale” (p. 247). In questo senso, “una femmina di bonobo può trovarsi sopra tutti gli altri nella sua comunità a dispetto della presenza di maschi molto più muscolosi di lei” ma anche “tra gli scimpanzé perfino il maschio più piccolo può diventare l’alfa” (p. 251) e in ogni caso non potrà prescindere dalle femmine alfa del suo gruppo e dall’alleanza con esse. Le relazioni sociali entro i gruppi di primati sono dunque molto più complesse rispetto al “cliché del maschio-signore-supremo tra le scimmie che venne imposto a tutti noi in un’epoca in cui le nostre conoscenze erano limitate” (p. 377). Ed evidentemente estendere questo cliché alle complicatissime società umane, come certa sociobiologia ha preteso, è un errore clamoroso. Le differenze tra generi ovviamente esistono ed è arduo stabilire quanto dipendano dalla natura e quanto dalla cultura. Nonostante oggi prolifichino posizioni radicali nel senso del determinismo biologico e in quello del determinismo culturale, che danno luogo a infinite e indecidibili controversie, secondo Frans de Waal “l’unica posizione possibile è quella *interazionista*, secondo cui esiste un’interazione dinamica” (p. 67) tra i due aspetti. Non si tratta di una comoda opzione “cerchiobottista”, ma di una profonda avversione – molto più interessante sul piano filosofico – dell’autore nei confronti dei *dualismi*: opporre natura e cultura è fallace quanto opporre umanità e animalità, o mente e corpo. Nemmeno la differenza sessuale, del resto, è così spiccata e assoluta: “segue [...] la consueta distribuzione bimodale con aree di sovrapposizione e ampio spazio per le eccezioni [...]. La nostra biologia è più flessibile di quanto si pensi. La stessa flessibilità contraddistingue i nostri compagni ominidi” (pp. 381-383). Ma certo siamo *diversi*, come dice il titolo del libro. Un mondo senza generi e senza sesso sarebbe quanto mai noioso. “In ultima analisi è questo miscuglio di donne, uomini, bambine e bambini con un’ampia varietà di esperienze pregresse a rendere la vita interessante” (p. 387). Se impariamo ad esercitare amore e rispetto reciproco, conclude il libro, capiremo che “non abbiamo bisogno di essere la stessa cosa per essere uguali” (p. 389).

Maria Turchetto

Il cervello che (non) dorme (parte prima)

Giulio Bernardi

Research conducted over the last 20 years on sleep and the effects of its deprivation have shown that sleep has an essential role in maintaining psychophysical well-being and body efficiency. Thanks to new techniques such as high-density electroencephalography (which involve recording brain activity from up to 256 electrodes), it has become possible to precisely locate the source of the electric waves that are generated during sleep. It was thus discovered that sleep is not a global and uniform phenomenon and that wakefulness and sleep can, in part, “coexist.” In fact, during wakefulness parts of the brain can temporarily fall asleep - especially after prolonged “use” - with negative consequences for behavioral performance. On the other hand, during nocturnal sleep, partial awakenings of some brain regions seem to underlie the generation and development of our dreams.

A second article will deal with studies aimed at manipulating sleep and dreams to understand their functions and their physiological significance. The “TweakDreams” project directed by the author deals with methods and approaches aimed at modulating the emergence and content of conscious experiences during sleep.

Keywords: *Sleep studies, “TweakDreams” project*

Importanza del sonno

Il sonno occupa circa il 30% della nostra vita. Ciò significa che su 80 anni di vita, almeno 25 saranno spesi dormendo. Questi numeri ci impressionano in particolare perché tendiamo a considerare il sonno come tempo perso, come tempo sottratto alla nostra “vita”. L’idea del sonno come una sorta di morte reversibile è di fatto un pregiudizio che ci portiamo dietro da tempi remoti. Già nell’antichità greca e poi romana il mito del sonno, Hypnos come fratello di Thanatos, la morte, rifletteva una visione del sonno come una sorta di “piccola morte”.

La nostra visione negativa del sonno dipende in larga parte dal fatto che, quando ci troviamo in questo stato, non possiamo svolgere attività biologicamente essenziali come mangiare o bere, ma anche socialmente importanti come lavorare o divertirsi. Un animale o essere umano addormentato è immobile e vulnerabile, non percepisce ciò che accade attorno a lui ed è dunque esposto a potenziali rischi e pericoli. Queste considerazioni hanno portato negli anni a ritenere il sonno come una cosa di cui quasi vergognarsi, tanto che spesso sentiamo persone che si vantano di dormire 2-3 ore per notte, o di non dormire affatto, per essere più attive e produttive.

La ricerca scientifica ci dice però che le cose stanno molto diversamente. Infatti, se non dormiamo a sufficienza, quel tempo che passiamo in veglia è un tempo in cui siamo meno efficienti, meno capaci di sfruttare effica-



cemente quelle ore che crediamo di guadagnare. Questo perché il sonno svolge funzioni cruciali di cui non possiamo fare a meno.

Un semplice indizio che può farci ben comprendere l'importanza del sonno risiede nel fatto che tutti gli animali, dal moscerino della frutta al gorilla, pur con inevitabili differenze, dormono. Non solo. Animali che si trovano ad affrontare condizioni particolari, anche estreme, hanno sviluppato peculiari soluzioni evolutive pur di poter mantenere la capacità di dormire.

L'esempio più noto è quello dei delfini che, in quanto mammiferi marini, respirano l'aria atmosferica e se dormissero sott'acqua annegherebbero. Per risolvere questo problema la natura ha dotato i delfini di una capacità particolare: possono dormire con solo metà del loro cervello mentre l'altra metà rimane sveglia. Hanno un occhio aperto, vedono cosa succede intorno, possono nuotare e respirare, e allo stesso tempo metà del cervello è immersa nel sonno. Non sono solo i delfini ad aver sviluppato questo tipo di soluzione. Sappiamo che altri animali hanno la capacità di ottenere questo sonno chiamato "uniemisferico" (ossia di un solo emisfero cerebrale), e alcuni hanno anche la possibilità di passare da un sonno uniemisferico ad uno "biemisferico" (in cui l'intero cervello è addormentato) a seconda delle condizioni in cui si trovano. È questo il caso di alcuni uccelli migratori¹, che possono avere un sonno uniemisferico durante le loro migrazioni e uno biemisferico quando si trovano a terra.

Da un punto di vista puramente biologico queste osservazioni ci dicono che il sonno deve avere almeno una funzione essenziale per la vita. Il modo più semplice e diretto che abbiamo per capire quale sia questa funzione è provare a non dormire e vedere che cosa accade. Randy Gardner² è un ragazzo americano noto per essere il detentore del record del più lungo periodo passato senza

dormire certificato scientificamente. Negli anni '60, quando era un liceale, Gardner si è prestato a questo esperimento rimanendo sveglio per 11 giorni e 25 minuti complessivamente mentre la sua attività cerebrale e le sue funzioni venivano monitorate.

In effetti la mancanza di sonno causa una serie di alterazioni che includono difficoltà nel mantenere attenzione e concentrazione, difficoltà di memorizzazione e apprendimento, disregolazioni emotive con irritabilità e comportamenti aggressivi, e poi ancora depressione, ansia, e, in casi estremi, paranoia e persino allucinazioni. Per dare un'idea dell'entità di queste alterazioni possiamo pensare che l'ultimo giorno di privazione di sonno fu chiesto a Gardner di contare all'indietro da 100 in passi di 7 e lui riuscì a contare appena tre-quattro volte prima di scordarsi quello che stava facendo e chiedere cosa avrebbe dovuto fare e perché. Questo in condizioni normali non accadrebbe a nessuno di noi.

Quando consideriamo l'idea di rimanere svegli per un periodo più o meno lungo di tempo, la prima cosa che viene in mente alla maggior parte di noi è quella di ricorrere all'aiuto del caffè. In effetti siamo abituati a pensare il caffè come mezzo per combattere la sonnolenza. In realtà il caffè non rappresenta una soluzione efficace, specialmente nel lungo termine, per almeno per due motivi.

Il primo è legato al suo meccanismo d'azione. Quando il cervello è attivo durante la giornata produce una serie di sostanze di scarto che chiamiamo metaboliti. Uno di questi è l'adenosina, che si lega ad alcuni recettori presenti nel cervello portando ad un aumento della sonnolenza. È fondamentalmente un indicatore del bisogno di dormire³.

La caffeina agisce legandosi agli stessi recettori a cui si lega l'adenosina ma non dà lo stesso tipo

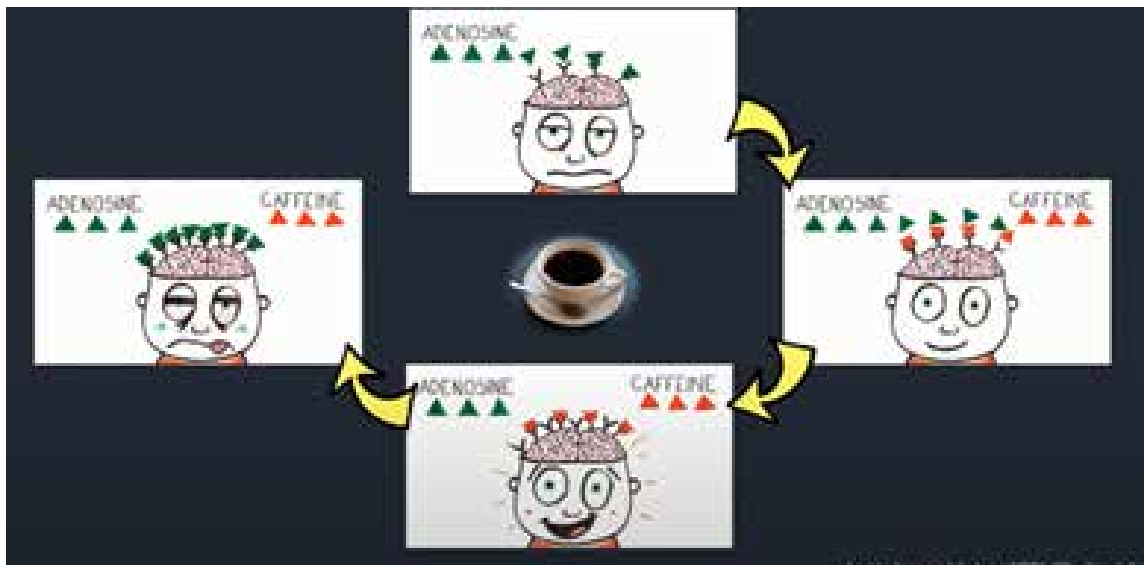
1. Rattenborg NC, Voirin B, Cruz SM, Tisdale R, Dell'Omo G, Lipp HP, Wikelski AL, Vysotski AL, *Evidence that birds sleep in mid-flight*, Nat Commun 7, no.1: 1-9, 2016.

2. Keating S, Il ragazzo che è rimasto sveglio per 11 giorni. www.bbc.com

3. AsapSCIENCE, *Your Brain on Coffee*, <https://www.youtube.com/watch?v=4YOWEq-GykDM>

di segnale, ossia non comunica al cervello che c'è bisogno di dormire (si comporta dunque come un'antagonista dell'adenosina). questo ci permette di mantenere uno stato di allerta, riducendo la sonnolenza. Il problema è che mentre siamo svegli l'adenosina continua ad accumularsi nel cervello. Inoltre il cervello reagisce all'occupazione

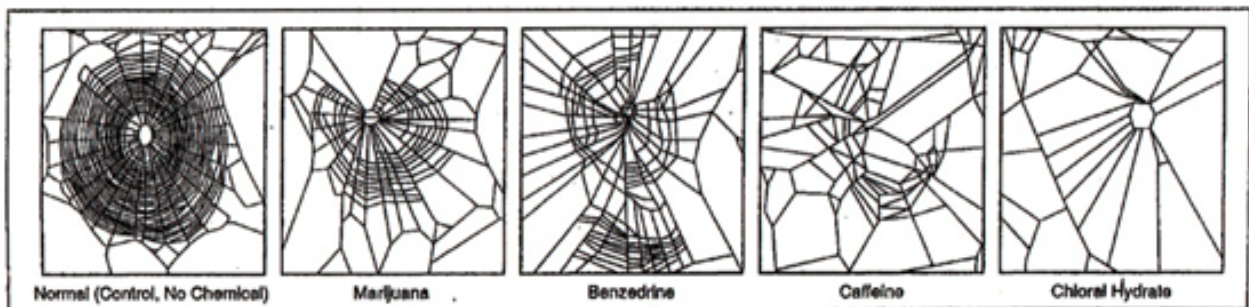
dei recettori da parte della caffeina producendo un maggior numero di recettori. Pertanto, quando l'effetto della caffeina termina il nostro cervello si ritrova praticamente immerso nell'adenosina che si è accumulata insieme ad altri metaboliti e ci sono molti recettori pronti a legarla. Alla fine ci sentiamo peggio di prima. Quello che possiamo



Effetti del caffè sul funzionamento cerebrale

fare, se non vogliamo andare a dormire è prendere un altro caffè... e qui entra in gioco il secondo problema, perché il caffè non è una sostanza qualunque, ma è una sostanza che ha anche degli effetti "tossici" sull'organismo. Uno studio condotto negli anni '90 ha indagato gli effetti di diverse sostanze somministrandole a dei ragni e poi valutando la struttura della ra-

gnatela che questi producevano⁴. In particolare sono state studiate le ragnatele prodotte quando i ragni si trovavano sotto gli effetti di sostanze tra cui LSD, marijuana e caffeina. Questo semplice studio ha evidenziato che la caffeina ha effetti molto significativi sulla capacità del ragno di produrre una ragnatela che abbia una struttura logica. Questo perché la caffeina è una sostanza



4. Noever R, Cronise j, Relwani ra, *Using spider-web patterns to determine toxicity*, NASA Tech Briefs 19, MFS-28921 82, 1995.

eccitante. Chiaramente noi non siamo ragni e su di noi gli effetti sono diversi, ma il punto è che la caffeina, presa in elevate quantità, può avere effetti negativi, tossici. Nell'essere umano sono in particolare frequenti aumenti rilevanti dei livelli di ansia e stress. È chiaro dunque che eccedere con il caffè non sia una buona idea, e anche che, pure se noi non lo percepiamo, il nostro cervello si stanca comunque mentre siamo svegli.

Effetti della perdita di sonno

Che si prenda caffè o meno, quello che accade è che se restiamo svegli per molto tempo inizieremo a sviluppare una serie di sintomi che includono confusione, impulsività, irritabilità, vuoti di memoria, difficoltà cognitive, disattenzione, mal di testa, allucinazioni, alterato giudizio morale, e iperreattività emotiva... solo per citare i principali. Questi chiaramente sono sintomi che hanno un impatto rilevante sul comportamento, sulla nostra capacità di interagire con l'ambiente esterno in maniera corretta, di mantenere attenzione e non fare errori. Alcuni degli incidenti più gravi della storia recente come il disastro di Chernobyl o il disastro del Challenger del 1986 sono stati attribuiti ad errori umani causati dalla mancanza di sonno. Anche senza andare a scomodare questi eventi estremi, tutti noi sappiamo che la mancanza di sonno può avere importanti conseguenze anche nella vita di ogni giorno. Tra tutte la più conosciuta sono certamente gli incidenti d'auto. Quello che forse non tutti sanno è che mentre tendiamo a pensare i sintomi ed effetti che abbiamo descritto come conseguenza della perdita di molte ore di sonno, ci sono in realtà indicazioni che anche perdere un'ora di riposo possa avere effetti significativi. In America è stato condotto un piccolo ma interessante test su un giocatore della National Basketball Association. Nello specifico è stata valutata la performance del giocatore confrontando i casi in cui aveva

dormito più di 8 ore prima della partita e quelli in cui aveva dormito meno di 8 ore⁵. Notiamo subito che questo valore, "8 ore", è qualcosa che troviamo spesso citato quando si parla di sonno perché è il numero di ore di riposo che tipicamente gli esperti consigliano per giovani adulti.

In realtà ognuno di noi ha un suo specifico fabbisogno di ore di sonno: 8 ore è il fabbisogno medio, ma avremo chi ha bisogno di 9 ore e chi riesce ad essere perfettamente efficiente anche con 7, o perfino 6 ore. Tornando al nostro giocatore di pallacanestro, ciò che si è visto è che un sonno di maggior durata era associato a più punti per minuto di gioco, una maggiore percentuale di punti su tiro libero, una maggiore percentuale di punti su tiro da 3 e anche un minor numero di falli commessi, indicando un miglior controllo emotivo. Questo ci dimostra che anche perdere poco tempo di sonno può avere un impatto sul comportamento, magari più sottile, ma comunque significativo. E non è una cosa di poco conto perché il tipo di società in cui viviamo ci spinge a perdere ore di sonno ogni notte. Infatti non ci svegliamo quando ci sentiamo riposati, ma quando sentiamo suonare la sveglia. La maggior parte di noi perde dunque minuti o ore di sonno ogni giorno e poi, se tutto va bene, riesce a recuperare almeno in parte durante il fine settimana.

La perdita di sonno non ha effetti solo sul comportamento ma anche su molti altri aspetti che possono avere un impatto sulle nostre interazioni sociali, come la postura o l'espressività facciale. In altre parole, la perdita di sonno non influenza solo come ci comportiamo noi, ma anche come ci vedono gli altri. Persone fotografate dopo un periodo di veglia prolungata o un sonno insufficiente vengono giudicate dagli altri, sulla base del loro aspetto, come meno affidabili, più aggressive e, generalmente, meno competenti. Questo significa che la mancanza di sonno ha un impatto importante sulle nostre relazioni.

5. Walker M, *Why we sleep: Unlocking the power of sleep and dreams*, New York, Simon and Schuster, 2017.

Effetti importanti del sonno

Gli studi sugli effetti della perdita di sonno ed altre ricerche condotte negli anni hanno permesso di dimostrare che il sonno svolge numerose funzioni essenziali non tutte necessariamente limitate al cervello. Ad esempio numerosi studi⁶ hanno dimostrato un effetto positivo del sonno sul funzionamento e l'efficacia del sistema immunitario. Non stupisce dunque il fatto che quando siamo ammalati sopraggiungano la stanchezza e il bisogno di dormire, mentre ci sentiamo decisamente meglio al successivo risveglio. Il sonno ha poi un effetto sulla regolazione del metabolismo per cui chi dorme poco ha una maggior tendenza a un appetito sregolato e a prendere peso. Per quanto riguarda il cervello, i ricercatori hanno identificato almeno tre effetti importanti del sonno. Un primo effetto riguarda lo smaltimento di quelle sostanze di scarto, i metaboliti, che abbiamo menzionato in precedenza. Possiamo dire che durante il sonno il cervello viene "ripulito" con dei meccanismi speciali. Il secondo effetto è quello di favorire l'apprendimento e il consolidamento delle memorie. In effetti, se impariamo qualcosa e poi ci corichiamo, durante il sonno la memoria che abbiamo acquisito viene rafforzata e messa in relazione con quelle che già avevamo. Questo è un esempio di come, quando si studia per un esame, abbia forse poco senso passare la notte prima degli esami svegli a studiare, mentre è molto più importante studiare e poi dormire per consentire al cervello di rafforzare quelle memorie che abbiamo acquisito. Il terzo effetto, che rimane forse più misterioso nei suoi meccanismi, è quello della regolazione dell'umore e delle emozioni. Infatti, quando non dormiamo abbiamo una maggiore reattività emotiva e tendiamo a diventare più aggressivi.

Le fasi del sonno

Da quello che abbiamo detto appare chiaro che il sonno svolge numerose funzioni ed è altrettanto



La cuffia elettroencefalografica ad alta densità di elettrodi indossata da Giulio Bernardi

chiaro che sia fondamentale per noi identificarle e comprenderne i meccanismi. Tipicamente lo studio del sonno e delle sue funzioni si basa su una metodica chiamata elettroencefalogramma, o EEG. L'EEG fu usato e descritto per la prima volta nel 1928-29, e costituisce dunque una delle prime e più importanti metodiche di indagine in vivo sul cervello. Negli anni i sistemi per la registrazione EEG si sono evoluti notevolmente e oggi abbiamo a disposizione i cosiddetti EEG ad alta densità, cioè con molti elettrodi – ad oggi, fino a 256.

Questi elettrodi misurano, da diversi punti dello scalpo, l'attività elettrica prodotta dalla sincronizzazione di migliaia o milioni di neuroni cerebrali, permettendo dunque di "vedere" cosa succede in diverse parti del cervello. Queste nuove tecniche ci hanno permesso di andare oltre quella che era lo studio classico del sonno che, basandosi su un ridotto numero di elettrodi (spesso meno di 10), si limitava perlopiù a valutare l'alternanza dei cosiddetti "stadi". In effetti, quando una persona è sveglia vediamo all'EEG una attività

6. Watson NF, Buchwald D, Delrow JJ, Altemeier WA, Vitiello MV, Pack AI, Bamshad M, Noonan C, Gharib SA, *Sleep Duration Discordance in Monozygotic Twins*, Sleep, 40, 1, 2017.

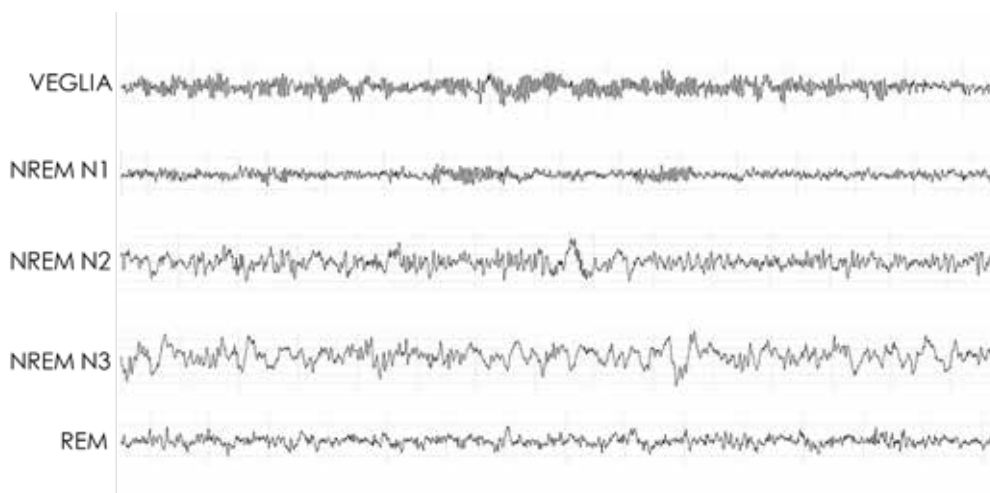
con oscillazioni molto rapide e di bassa ampiezza. Successivamente, nel corso dell'addormentamento, si entra in quello che viene chiamato sonno NON-REM (o NREM), a sua volta diviso in tre sottofasi: dalla prima chiamata N1, alla terza, N3, l'attività EEG diventa più lenta e di maggiore ampiezza. Compare in questo stadio la cosiddetta onda lenta del sonno che rappresenta un fenomeno particolare, cioè l'alternarsi di uno spegnimento e una riaccensione dei neuroni cerebrali. Si ritiene oggi che l'onda lenta abbia un ruolo importante nel funzionamento del sonno e che, similmente a quando il nostro computer o smartphone si riavvia per completare un aggiornamento, così l'onda lenta del sonno favorisca la riorganizzazione delle informazioni nel cervello. Dopo aver passato circa un'ora nel sonno NREM, si entra tipicamente in un ulteriore stadio detto REM, che rappresenta un momento di parziale riattivazione del cervello. Nel sonno REM vediamo una attività EEG che è più simile a quella della veglia, ossia più rapida e senza onde lente. Vediamo inoltre movimenti oculari rapidi (il nome REM viene infatti dall'inglese "rapid eye movements") e una diffusa netta riduzione del tono muscolare. Il sonno REM, con la sua maggiore attività, è noto per essere quello in cui sogniamo di più e in cui i nostri sogni sono più vi-

vidi e ricchi (è d'obbligo comunque precisare che possiamo sognare in tutte le fasi del sonno). La classificazione che abbiamo appena descritto permette di studiare come i diversi stadi del sonno si alternano durante la notte. Vediamo dunque che quando ci addormentiamo passiamo dalla veglia al sonno NREM più leggero fino a raggiungere quello più profondo che è particolarmente lungo e consolidato all'inizio della notte.

In seguito aumenta progressivamente la porzione di tempo occupata dal sonno REM che diviene prevalente nella seconda parte della notte. Valutando la presenza, durata e proporzione dei diversi stadi del sonno possiamo dire se una persona ha un sonno di buona o di peggiore qualità. Quella che otteniamo è però un'informazione piuttosto grossolana.

La regolazione locale del sonno

Grazie ai nuovi metodi come l'EEG ad alta densità abbiamo scoperto che il sonno non è un fenomeno globale e uniforme e che veglia e sonno, o i diversi stadi del sonno, possono in parte "coesistere". Si è osservato per esempio che quando siamo svegli alcune parti del cervello possono entrare in uno stato di sonno locale, ossia si addormentano, mostrando delle onde lente simili a quelle del sonno notturno. In modo speculare



Le fasi del sonno. Quando ci addormentiamo l'attività del cervello passa da essere rapida a essere progressivamente sempre più lenta e di alta ampiezza, andando via via dallo stadio NREM N1 a quello indicato come N3. Ogni 60-90 minuti il cervello torna ad uno stato di relativa attivazione, simile a quello della veglia. Questo stadio è indicato come sonno paradossale, o REM.

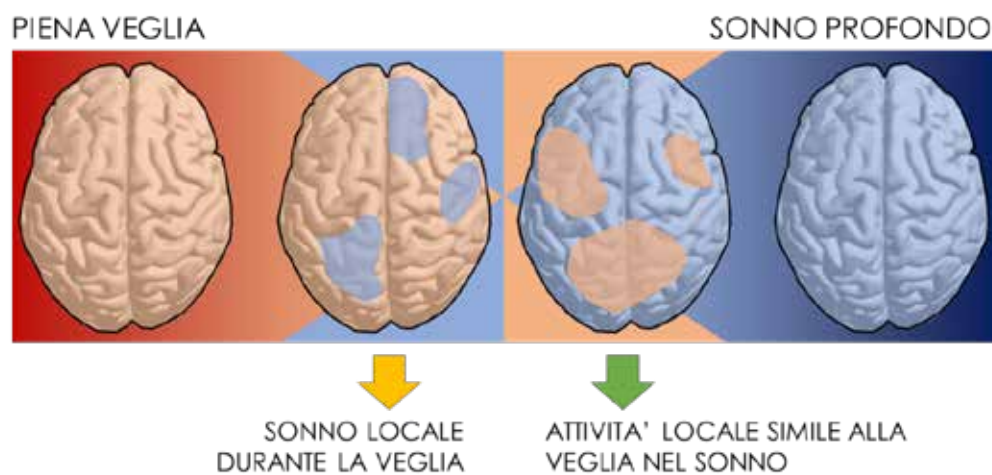
quando ci troviamo immersi nel sonno parti del cervello possono risvegliarsi parzialmente mostrando attività simile a quella della veglia. Questi due fenomeni sono molto interessanti e molto importanti per vari motivi. Il primo, quello del sonno locale nella veglia è interessante perché rappresenta probabilmente la conseguenza di un affaticamento cerebrale e la causa dei nostri errori in situazioni di stanchezza. Infatti, durante la giornata, il cervello si affatica progressivamente: i neuroni producono metaboliti che si accumulano e al contempo accumulano bisogno di sonno, un bisogno di “fare pulizia” per poter continuare a funzionare in modo efficiente. In effetti il bisogno di sonno è più forte in quelle regioni del cervello che sono maggiormente utilizzate durante la veglia. Queste regioni sono le prime a mostrare i segni del sonno locale, ossia si addormentano durante la veglia. In uno studio pubblicato dieci anni fa⁷ ad alcuni volontari fu chiesto di passare molte ore della giornata (e della notte) ascoltando audiolibri o giocando con un simulatore di guida. Quello che è stato visto in questo studio è che dopo aver ascoltato l’audiolibro i

volontari tendevano a mostrare la comparsa di sonno locale, quindi di onde lente, nella parte più anteriore (o “frontale”) del cervello.

Quando invece avevano giocato con il simulatore di guida i volontari avevano una maggior quantità di onde lente nella parte più posteriore del cervello. Le regioni cerebrali maggiormente coinvolte in ciascuno dei due compiti (ascoltare audiolibri o giocare col simulatore) si affaticavano e iniziavano a mostrare una attività simile a quella del sonno.

In uno studio successivo da noi condotto⁸ abbiamo dimostrato che il sonno locale ha anche un impatto sul comportamento.

Avevamo chiesto ai volontari di svolgere un compito relativamente semplice: sullo schermo del computer venivano proposti diversi stimoli in sequenza rapida, ad alcuni stimoli i volontari dovevano rispondere premendo un pulsante mentre, quando comparivano altri stimoli più rari, non dovevano dare alcuna risposta. Abbiamo visto che quando comparivano delle onde lente, quindi degli episodi di sonno locale, in alcune regioni cerebrali importanti per lo svolgimento del com-



Regolazione locale del sonno. Durante la veglia, alcune parti del cervello possono addormentarsi temporaneamente con effetti negativi sul comportamento. D'altra parte, durante il sonno alcune parti del cervello possono riattivarsi temporaneamente dando origine ai sogni notturni.

7. Hung C, Sarasso S, Ferrarelli F, Riedner R, Ghilardi MF, Cirelli C, Tononi G, *Local experience-dependent changes in the wake EEG after pro-*

longed wakefulness, Sleep 36, 1:59-72, 2013.

8. Bernardi G, Siclari F, Xiaoqian Y, Zennig C, Bellesi M,

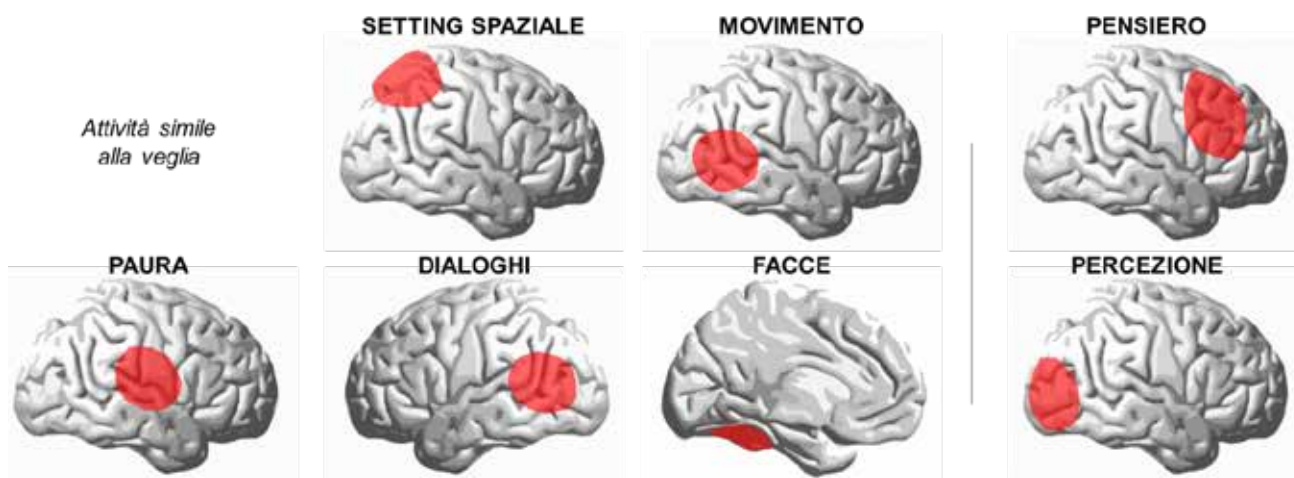
Ricciardi E, Cirelli C, Ghilardi MF, Pietrini P, Tononi G, *Neural and behavioral correlates of extended training during sleep deprivation in humans:*

evidence for local, task-specific effects, Journal of neuroscience 35, 11:4487-4500, 2015

pito, i volontari avevano maggiore probabilità di commettere errori, e quindi di premere il pulsante anche quando era presentato uno stimolo a cui non dovevano rispondere. Il fenomeno del sonno locale sembra dunque poter offrire una valida spiegazione dell'affaticamento mentale legato allo svolgimento di attività ripetitive o alla veglia prolungata. È stato inoltre visto che l'affaticamento di particolari regioni del cervello lascia una traccia anche sul nostro sonno. Infatti quando infine andiamo a dormire, le regioni del cervello che sono state più intensamente utilizzate durante la giornata sono quelle che dormono più profondamente. Sono cioè quelle che mostrano più onde lente. E le onde lente che abbiamo in queste regioni lasceranno a loro volta una traccia nella memoria del nostro cervello. Infatti, la comparsa di una maggiore attività ad onde lente nelle regioni cerebrali coinvolte in un determinato compito è associata ad un maggiore apprendimento relativamente al medesimo compito.

Come già menzionato, in modo speculare al sonno locale durante la veglia, possiamo osservare la riattivazione di alcune parti del cervello durante il sonno, ossia possiamo avere durante la notte delle regioni del cervello che si svegliano parzialmente. In effetti, si ritiene oggi che i nostri sogni notturni siano il frutto di questi parziali risvegli del nostro cervello.

Gli esseri umani sognano probabilmente per una grandissima parte della notte: le persone risvegliate dal sonno REM, che rappresenta circa il 25% del nostro sonno, riportano di aver sognato in quasi il 100% dei casi, mentre per il sonno NREM la percentuale scende a circa il 50% dei casi. E questo appare in accordo con quanto abbiamo detto in precedenza, ossia che il sonno REM è di per sé uno stadio più attivo e simile alla veglia. In uno studio⁹ pubblicato alcuni anni fa abbiamo chiesto ad alcuni volontari di dormire in laboratorio e queste persone venivano svegliate più volte durante la notte e ogni volta veniva chiesto loro se avessero o meno avuto un sogno. Abbiamo quindi confrontato le condizioni in cui queste persone riportavano di aver sognato rispetto a quando invece riportavano di non aver sognato niente. Abbiamo così osservato che quando le persone sognano c'è una maggiore attivazione di alcune regioni nella parte posteriore del cervello. Perché proprio queste regioni? Probabilmente perché sono legate all'elaborazione di informazioni sensoriali specialmente visive, e i nostri sogni sono in maggioranza visivi. Si può dunque ipotizzare che l'attività che abbiamo osservato rappresenti il correlato cerebrale dei sogni visivi, ma che in realtà l'attività del cervello possa cambiare a seconda di quello che è il contenuto del sogno. E in effetti sembra che le cose



Risvegli parziali e sogni. Risvegli parziali di diverse regioni del cervello durante il sonno sembrano associarsi a diversi contenuti delle esperienze oniriche notturne.

stiano proprio così⁹. Se sogniamo ad esempio il volto di qualcuno che conosciamo o anche che non conosciamo, possiamo avere più attivazione di quella parte del cervello che processa i volti, se ci sono dei dialoghi, c'è qualcuno che parla, ci saranno attività in un'altra regione ancora, se c'è movimento ci saranno altre regioni e così via. Quindi a seconda di qual è il contenuto del sogno questo corrisponde alla riattivazione di parti del cervello molto specifiche.

Sogni e creatività

Salvo casi particolari, in cui i sogni prendono la forma di pensieri piuttosto che di immagini, la parte più anteriore del cervello rimane generalmente più spenta, più disattivata. In effetti la parte anteriore del cervello, quella cosiddetta frontale, è legata in particolare al ragionamento e alla pianificazione, e in qualche modo supervisiona quello che il resto del cervello fa e come lo fa. È la parte che cerca e analizza le connessioni logiche. Il fatto che questa parte tenda a rimanere spenta è dunque un elemento interessante. In effetti sappiamo che i sogni hanno la capacità di generare nuove informazioni, di collegare le memorie delle esperienze creando qualcosa di nuovo, e questo potrebbe essere possibile proprio grazie al fatto che la parte frontale del cervello è disattivata e quindi il cervello stesso è, in un certo senso, più libero di creare nuove associazioni. Questa è una cosa che in realtà gli artisti fanno da molto tempo. L'esempio più noto è certamente quello offerto da Salvador Dalí il quale ha più volte dichiarato di essersi lasciato ispirare dai sogni per i suoi dipinti. Ma gli artisti non sono gli unici ad aver trovato ispirazione nei sogni. Anche molti scienziati hanno dichiarato di aver raggiunto le loro intuizioni proprio attraverso i sogni, probabilmente grazie al fatto che il cervello, durante il sonno, rielabora quelle informazioni che

ha processato durante la veglia ed è però libero di farlo in maniera nuova, creando nuove associazioni. Giusto per fare alcuni esempi, sembra che Mendeleev abbia avuto l'idea della tavola periodica dopo averla sognata, mentre Bohr avrebbe avuto la sua idea sulla possibile struttura dell'atomo dopo aver sognato il Sole con i pianeti che gli ruotavano attorno. Il sogno è dunque un momento di creatività e di risoluzione dei problemi.

Il futuro dello studio del sonno

Quelli che fin qui ho descritto sono solo alcuni frammenti di conoscenze derivanti dalle ricerche che stiamo portando avanti e che sono portate avanti nel mondo. C'è però ancora molto da fare e da capire, in particolare per quanto riguarda come il sonno è regolato a livello globale e locale, e come può influenzare il nostro comportamento. Lo studio della regolazione locale del sonno potrebbe aiutarci a comprendere le basi di alcune malattie come l'insonnia. Ci sono evidenze che l'insonnia possa rappresentare una condizione in cui alcune parti del cervello rimangono troppo attive, ossia non riescono ad addormentarsi profondamente. Capire cosa determina il tipo di attività nelle diverse regioni del cervello è dunque importante per sviluppare trattamenti adeguati per queste condizioni. Anche se molto rimane ancora da fare, quello su cui ormai non abbiamo alcun dubbio è che dormire non è una perdita di tempo. Dormire è essenziale perché il cervello possa funzionare correttamente durante la giornata.

Il 13 Marzo 2020, la giornata mondiale del sonno¹⁰, ha introdotto il motto "Better sleep, better life, better planet" (sonno migliore, vita migliore, pianeta migliore) proprio perché un sonno adeguato ci permette di vivere al meglio la nostra vita, ma anche di prendere decisioni in maniera corretta, logica, e di apprendere da quello che facciamo, e dai nostri errori. ●

9. Siclari F, Baird B, Perogamvros L, Bernardi G, LaRocque JJ, Riedner B, Melanie B., Postle BR, Tononi G, *The neural correlates of dreaming*, Nature neuroscience 20, 6: 872-878, 2017; Sterpenich V, Perogamvros L, Tononi G, and Schwartz S, *Fear in dreams and in wakefulness: Evidence for day/*

night affective homeostasis, 10. <https://worldsleepday.org/Human Brain Mapping> 41, 3: 840-850, 2020.

Lo stato vivente della materia

Marco Buiatti

In the previous issue we published in the focus section some of the many speeches that animated the study day "Marcello Buiatti: a legacy for the future" held in Pisa on 13 May 2022 in memory of the geneticist who died in October 2020. As promised, we continue in this number by proposing the interesting contribution of Marco Buiatti, son and collaborator of Marcello.

Keywords: *Living state of matter, Neonatal stimuli*

Prima di tutto come figlio ci tengo a dedicare un ringraziamento, come mia mamma ha già detto stamattina, a Elena, a Maurizio, a Renato e Alessandro che hanno promosso e organizzato in primo luogo questa giornata con noi e senza i quali sicuramente questa giornata non avrebbe avuto luogo. Ringrazio tutti i relatori, tutti quelli che sono intervenuti e tutto il pubblico, e anche quelli che non hanno potuto venire in presenza e che ci seguono via streaming.

Però sono qui più in veste di collaboratore di mio padre che di figlio e in questa veste vorrei parlarvi di un aspetto del suo lavoro che è diventato sempre più dominante negli ultimi trent'anni della sua carriera. La sua domanda di base era una domanda fondamentale: cosa caratterizza gli esseri viventi? Cosa li rende specifici e diversi dalla materia non vivente? Il suo libro *Lo Stato vivente della materia* è in questo senso molto significativo. Mio padre era molto affascinato dalla potenza esplicativa e quantitativa della matematica e della fisica nello studio sia del mondo fisico che in quello degli esseri viventi. Per questo ha intitolato questo libro *Lo Stato vivente della materia*: lo immaginava proprio come uno stato analogo a quelli che sono stati ben definiti dalla fisica classica: lo stato liquido, lo stato gassoso e lo stato solido. In parallelo al libro, ha scritto con me un articolo che ha lo stesso titolo, *The Living State of Matter*, in cui ho cercato di aiutarlo con la mia competenza di allora giovane fisico appena laureato per dare una definizione più precisa di alcuni punti fondamentali che sicuramente caratterizzano gli esseri viventi e non gli esseri non viventi. In occasione di questa giornata ho ripreso questo



articolo (Biology Forum 2001) cercando di sintetizzare i punti fondamentali. Ne ho scelti sei, da leggere in sequenza, ognuno parte da quello precedente per aggiungere un aspetto nuovo.

Il primo è che, rispetto ai sistemi fisici che si descrivono con la termodinamica classica, i sistemi viventi sono *sistemi aperti*, cioè scambiano continuamente informazioni, energia e talvolta anche materia con l'ambiente esterno.

Allo stesso tempo (secondo punto) questi sistemi sono *compartimentati*, cioè dotati di una struttura che è fondamentale perché gli elementi di questi sistemi siano fisicamente abbastanza vicini per interagire tra di loro. Tengo a precisare che quando mio padre parlava di *elementi*, anche se partiva dal DNA perché la genetica era la sua disciplina, intendeva il termine in senso largo: potevano essere le cellule, i tessuti, gli organi e persino gli organismi che interagiscono gli uni con gli altri.

Terzo punto: per interagire fra di loro questi elementi devono riconoscersi. Questo è un *leitmotiv* a cui mio padre teneva moltissimo. Tutto il materiale biologico all'interno della cellula per interagire con altri materiali molto diversi deve trovare un modo di riconoscerli. Una volta che si riconoscono, interagiscono tra di loro.

Quarto punto: due elementi che interagiscono formano un elemento nuovo che non è la somma dei due elementi iniziali. Mio padre teneva davvero molto a questo concetto, anche negli ultimissimi anni della sua vita: $A + B$ non è uguale ad AB . È un concetto tanto semplice quanto fondamentale. Elementi diversi si mettono insieme, interagiscono e formano delle cose nuove.

Piano piano questa catena di interazione si propaga tra più elementi e su scale spaziali e temporali sempre più grandi. Pensiamo alle cellule che si mettono insieme per fare un tessuto, questo tessuto fa un organo, quest'organo interagisce con altri organi e fa tutto l'organismo. Il quinto punto riguarda proprio questa struttura gerarchica caratteristica degli esseri viventi.

Ma come si forma? Come si sviluppano gli esseri viventi, sfruttando il fatto che sono sistemi aperti e che scambiano continuamente energia e informazioni con l'esterno? Ecco l'ultimo punto, di cui

parlerò anche più avanti. Come cambiano i sistemi viventi? Come interagiscono col mondo esterno? Essi interagiscono con *variazioni correlate*. Variazioni correlate è un termine che mio padre ha sempre tenuto a dire di aver preso da Darwin: non è che ad ogni cambiamento dell'ambiente gli esseri viventi si trasformano completamente: nel cambiamento devono comunque mantenere gran parte della loro struttura iniziale, perché questa permette loro di mantenere le funzionalità già acquisite. Quindi l'organismo da una parte si sviluppa integrando la variabilità del mondo esterno, ma dall'altra mantiene una struttura iniziale che viene conservata, in una specie di continuo compromesso che permette la crescita armoniosa della vita. Ora proseguirò il mio intervento seguendo l'approccio che io e mia mamma abbiamo condiviso quando abbiamo ideato, insieme agli altri organizzatori, questa giornata. L'idea è non solo celebrare il mio babbo per il lavoro che ha fatto, ma anche vedere in quali campi sono fiorite le sue idee. Riguardo a questo vi rivelerò una piccola sorpresa alla fine del mio intervento.

Vi propongo due brevi esempi dal mio lavoro di neurofisico (un fisico convertito alle neuroscienze) in cui emerge molto chiaramente "lo stato vivente della materia". Entrambi gli esempi riguardano lo studio del cervello, forse il sistema più complesso che conosciamo. Il primo è relativo alla *cognizione sociale*. Noi esseri umani siamo animali molto sociali, viviamo in relazione con gli altri, i nostri genitori, la nostra famiglia, le persone che ci circondano. E per stare in relazione con gli altri dobbiamo costruire piano piano una cognizione sociale, una capacità in cui siamo straordinari. Siamo infatti molto bravi a riconoscere chi sono le altre persone, cosa pensano, cosa si aspettano da noi. Nell'ambito delle neuroscienze cognitive è provato che una funzione fondamentale per relazionarsi con le altre persone è il riconoscimento dei volti. Negli ultimi vent'anni, con l'avvento della risonanza magnetica funzionale e di altri metodi di neuroimmagini, abbiamo capito molto bene quali sono le aree cerebrali che si occupano dell'elaborazione dei volti. Sono aree distribuite, ma che ruotano intorno a un'area principale nella

zona occipito-temporale. Un'area molto riproducibile, indipendentemente dalle culture e dall'età. Ma da dove viene questo modulo funzionale? Abbiamo acquisito questa capacità con l'esperienza oppure ha origini precedenti? Per capirlo, io ed altri ricercatori (tra cui mia moglie Manuela Piazza) abbiamo studiato questa capacità negli umani che hanno meno esperienza di tutti, i neonati. Sappiamo già che i neonati, anche a pochissimi minuti di vita, sono più attratti dai visi delle persone che da qualsiasi altro tipo di oggetto. E allora ci siamo chiesti se questo modulo funzionale, ben identificato negli adulti, sia già presente nei neonati prima che abbiano esperienza visiva. Abbiamo registrato l'attività cerebrale tramite elettroencefalogramma dei neonati nel reparto maternità dell'ospedale di Rovereto presentando loro delle facce stilizzate, due punti per gli occhi e uno per la bocca, confrontandole con uno stimolo di controllo molto simile al primo tranne che per l'orientamento invertito dei tre puntini, grazie al quale lo stimolo non corrisponde più a una faccia. Abbiamo quindi identificato un'area cerebrale che risponde molto di più ai volti che ai non-volti¹. Questa regione è proprio la stessa regione specializzata per il riconoscimento dei volti negli adulti, una predisposizione probabilmente sviluppata durante l'evoluzione, che potrebbe quindi avere anche una base genetica. Questo è un esempio della *variazione correlata* di cui vi ho parlato prima: esiste una funzione di base, la capacità di riconoscimento di volti, che evolutivamente è stato conveniente mantenere nello sviluppo di qualsiasi essere umano; tutti i cambiamenti che ci hanno permesso lo sviluppo della cognizione sociale si sono basati su questa predisposizione iniziale, che si mantiene durante lo sviluppo di ogni individuo. Secondo esempio. Negli ultimi vent'anni è stato scoperto – una scoperta che è valse un premio Nobel – che nel cervello sia degli esseri umani che

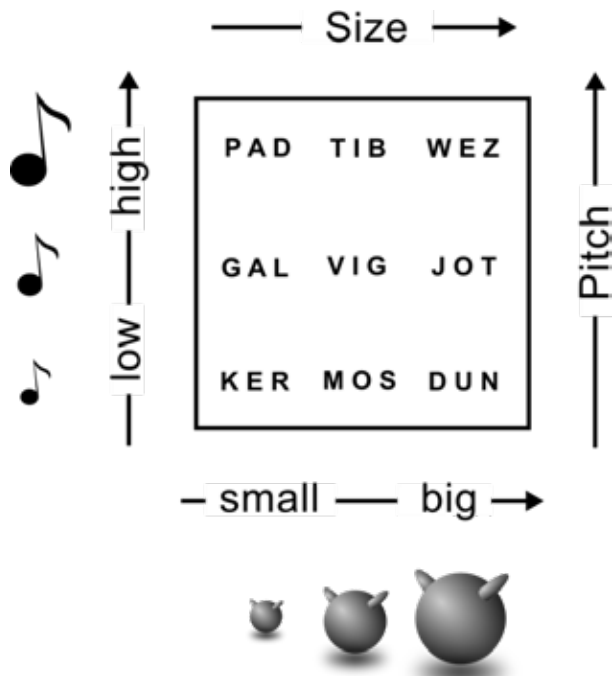
dei roditori ci sono diverse cellule che permettono capacità incredibili di navigazione spaziale. Ci sono cellule nell'ippocampo che si attivano quando si è in una certa posizione nello spazio, e poi – scoperta ancor più intrigante – ci sono cellule nella corteccia entorinale (contigua all'ippocampo), dette *cellule griglia*, che rappresentano appunto delle “griglie” o reti spaziali, di forma esagonale, e si attivano al passaggio nei nodi della griglia. Questa creazione incredibile del cervello permette di navigare, ad esempio, attraverso una città, identificando le relazioni spaziali tra le vie, i palazzi, le piazze che conosciamo per costruire la mappa della città. Adesso pensate al mondo dei nostri pensieri, dei nostri concetti. C'è chi ha proposto che, quando pensiamo alle relazioni tra i concetti che usiamo, spesso usiamo delle metafore spaziali. Ad esempio si può dire di una persona che mi è più vicina per dire che mi è più cara, o più lontana per dire che mi è indifferente. Si può anche associare lo spazio alla similarità tra significati: una pecora è più vicina a una capra che a una formica. E se ci pensate questa metafora spaziale si usa tantissimo. Allora c'è chi ha pensato che non si



Registrazione elettroencefalografica di un neonato presso la Neonatal Neuroimaging Unit del Centro Interdipartimentale Mente e Cervello dell'Ospedale di Rovereto (TN)

1. Buiatti M, Di Giorgio E, Piazza M, Vallortigara G, *Cortical route for facelike pattern processing in human newborns*, PNAS 2019.

tratta solo una metafora: la rappresentazione delle relazioni tra concetti potrebbe basarsi sugli stessi neuroni che servono alla navigazione nello spazio. Questo è uno studio ideato da mia moglie, Manuela Piazza, inventandosi dei “concetti” nuovi: animaletti che possono essere più piccoli o grandi e possono avere un verso che ha un tono alto e un tono basso; ha associato a questi animaletti delle parole inventate, e poi ha presentato queste parole a dei soggetti adulti nella risonanza magnetica funzionale.



Stimoli utilizzati per lo studio pubblicato in Viganò et al., 2021: concetti di "animaletti" inventati di tre dimensioni diverse e che emettono suoni con tre toni diversi.

La domanda era: passando da una parola all'altra, navigando cioè in questo spazio concettuale creato nella testa dei soggetti che partecipavano allo studio, si ritrova lo stesso tipo di codice neurale nella stessa area cerebrale che si trova quando si naviga nello spazio fisico? Utilizzando un'analisi

dei dati basata su un modello che riproduce quel codice neurale, abbiamo dimostrato che è proprio così! Questo è un secondo esempio di come il nostro cervello, basandosi su una funzione di base (la navigazione spaziale), riesce a creare una nuova funzione, il sistema neurale che rappresenta la relazione tra i concetti. Questo concetto in neuroscienze si chiama “riciclaggio neurale”, secondo me perfettamente compatibile con il concetto di *variazioni correlate*.

Questi sono due esempi di dove si ritrovano alcune delle idee che mio padre ha proposto in maniera totalmente pionieristica già alla fine degli anni '80. Altri esempi sono emersi dai relatori che mi hanno preceduto, sottolineando un approccio che è per sua natura multidisciplinare: ci vuole l'osservazione, ci vuole la conoscenza del sistema biologico, ma ci vuole anche la capacità di modellizzazione, di quantificazione.

E allora qui introduciamo l'ultimo punto, la sorpresa che vi ho preannunciato. Un giorno mia mamma, nell'ottica di pensare questa giornata verso il futuro, ha detto: “a me piacerebbe promuovere un premio di laurea intitolato a Marcello”. Ne abbiamo parlato insieme e abbiamo pensato che sarebbe bello istituirlo, proprio per promuovere lo studio dello *stato vivente della materia*. Tramite Manuela Giovannetti, ho parlato con Riccardo Mannella, fisico che fa parte del CISSC (Centro Interdipartimentale per lo Studio dei Sistemi Complessi), e poi con Roberto Marangoni, attuale direttore del CISSC. Ci è sembrato che il CISSC sia proprio il contesto migliore per istituire questo premio. Potranno partecipare laureate e laureati provenienti da diverse discipline come matematica, fisica, biologia, neuroscienze. La speranza è che l'approccio interdisciplinare per lo studio del mondo vivente immaginato da mio babbo continui e fiorisca nelle nuove generazioni. ●

Due dediche di Marcello

Nei cinque minuti che ho a disposizione vorrei raccontarvi il contenuto di due dediche su libri che Marcello mi scrisse e che testimoniano tanto la sua bella sensibilità e intelligenza, quanto l'importanza che l'incontro con lui ha avuto nella mia vita.

L'incontro avvenne a Firenze, dove io all'epoca io studiavo con Francesco Dessì. La "Specola" si presentava, per noi studenti e laureandi, come un teatro i cui corridoi restituivano storie e discipline cariche di personaggi e oggetti: teche, microscopi, preparati, ampolle, stabulari, vasche in giardino gracidanti di anfibi saltellanti.

Di tanto in tanto, io lasciavo l'ala degli zoologi e mi spostavo nei corridoi che portavano alla genetica. Lì, Marcello mi riceveva con un'attenzione e una generosità non comuni. Capitava di parlare per mezz'ora o anche un'ora. E io ero solo uno studentello venuto dalla Sicilia. Quelle chiacchiere contribuirono ad accendere in me curiosità e interessi. La scienza, la biologa ed anche la filosofia che già allora bussava alla porta dei miei giorni e si mostrava così impertinente e luccicante da trascinarci in ciò che poi è diventato il mio lavoro di oggi.

Dei dialoghi tra scienza e pensiero filosofico, tra riduzionismi e approcci critici, tra conoscenza e società, Marcello mi parlava. Direi, *ci parlava*, perché io non ero il solo a beneficiare di questi scambi di idee e racconti che facevano parte della sua agenda. Il suo studio era un via-vai. Come me c'erano altri studenti e altre studentesse, una piccola comunità di menti che germogliavano, persone con le teste su cui si moltiplicavano foglie e clorofille (con tutto ciò che capita quando le idee cominciano a darsi a queste ossigenazioni).

Fu Marcello, poi, a farmi conoscere RESVIVA, il Centro Interuniversitario di Ricerche Epistemologiche e Storiche sulle Scienze del Vivente, invitandomi a Roma a un incontro sulla torretta di Villa Mirafiori che, tra l'eterogeneità delle persone intervenute e la suggestione del luogo, mi parve tratto da una delle pagine della *Comédie humaine* di Honoré de Balzac.

Un giorno, durante una di queste visite, Marcello mi regalò uno dei suoi libri. Dentro mise una dedica. E ieri, recuperato il volume dalla mia libreria, l'ho ricopiata. Dice: "A Emanuele Coco, curioso come me, forse per una strana consonanza fra la mia cultura di ebreo della diaspora e la sua di siciliano mescolato". Il mescolare – il *melting pot* di eterogenee origini familiari e variegati interessi intellettuali – era un tema caro a Marcello. Ed era per me molto importante. Non solo perché io ero appunto un siciliano in Toscana, non solo perché siciliano sì ma con un pezzo di famiglia scozzese nel sangue, non solo perché un mio avo era stato amministratore a Bombay, un altro lettore all'Università di Glasgow e la mia bisnonna imprenditrice che dispensava balate di ghiaccio nella Catania pre-Piano Marshall. Non solo per questo, ma anche per via di un certo disagio che mi dava il panorama dei miei eterogenei interessi intellettuali che

all'epoca mi sembravano incompatibili tra loro.

In quegli anni infatti – quasi conclusa la laurea in biologia – volevo darmi agli studi filosofici. Filosofi a casa mia erano stati un prozio non vedente di cui Franco Battiato ricorda le lezioni al liceo, e mio nonno materno – di cui Leonardo Sciascia raccontò l'antifascismo scrivendo la sua prefazione alle *Lettere Spirituali* di Giuseppe Rensi: "ebbi la fortuna di trovare un professore che la filosofia amava raccontarcela per problemi, invece che – come programmi e libri di testo imponevano – per cronologia. [...] Si chiamava Giuseppe Bianca, passò poi ad insegnare all'università [...] Per tutto l'anno si parlò anche di filosofia [...] ma si parlò soprattutto del fascismo, allora imperante e di orecchio tanto pronto e sensibile qual quello di Gerardino, protagonista della commedia di Brancati *Le trombe di Eustachio*, appunto scritta in quegli anni a simboleggiare la delazione sempre in agguato [...] Quel che il professore diceva del fascismo che non amava e che noi apprendevamo a non amare, a quell'orecchio arrivò: ma per delazione di un suo collega, non per leggerezza di qualcuno di noi alunni. Difeso dal preside, da alcuni colleghi e da tutta la nostra classe, per il professore fu però guaio di poco momento".

Malgrado i precedenti familiari, io temevo di perdermi nella vilipesa *tuttologia*. Non avevo all'epoca letto le vicende di Lamarck né, evidentemente, il meraviglioso saggio su *Animus e Anima* con cui Jung tracciò il diritto per i calzalai di essere al contempo poeti. A tranquillizzarmi e incoraggiarmi verso il *benevolo disordine della vita*, in quegli anni, furono tre persone: mio padre, la lettura di Jorge Luis Borges e Marcello.

E qui arriva la seconda dedica. Accompagna un altro suo libro che ieri, cercandolo tra gli scaffali della mia biblioteca, non ho più trovato. Ho fatto tanti traslochi, non solo da una città all'altra, ma anche da una stanza all'altra. Adesso che vivo in vicino al mare gli effetti dell'umidità marina impongono continue ristrutturazioni di pareti, con conseguenti spostamenti di libri e quant'altro. Non trovando il libro ci sono rimasto male. Pensavo di trovare Marcello lì, e non c'era. Poi mi è sembrato che fosse la metafora di una sensazione che ho vissuto altre volte in questi anni: volgere lo sguardo verso i luoghi dove avrei incontrato Marcello – Firenze, Pisa, la torretta di Villa Mirafiori – e non trovarlo. In questi casi devo ricorrere alla memoria, al ricordo delle cose che mi ha insegnato e che ancora oggi io propongo nei miei corsi universitari.

La dedica non la rammento per intero. Ma ricordo come finiva. Era uno scherzo sulle nostre teste non proprio chiomate. Diceva: "abbiamo la testa tonda per pensare a 360 gradi".

Ecco, il suo scherzo, il suo invito, mi sembra bellissimo: avere la testa tonda per pensare a tutto campo. Con questo auspicio – più che mai urgente – con queste sue parole, oggi condivido con voi il mio ricordo di Marcello.

Emanuele Coco

Crisi ambientale e questioni di genere

Alessia Fallocco

We live in the midst of an evident environmental and climate crisis, which we try to cope with every day and for which, unfortunately, we must accept responsibility. In the face of disaster, our environmental awareness matures and there are more and more attempts we make in the hope of emerging unscathed from this state of crisis. Women seem to be particularly virtuous in this, inclined to care for the environment to a greater extent than men. An idea resulting from the socialization of biological sex, gender, on the basis of which an attitude of domination by men over women has been justified for centuries. The exaltation of the feminine could be nothing but the umpteenth strategy of the patriarchal power to regenerate itself. The environment would not benefit from maintaining such a characterized gender difference, because there would never be a convergence of solutions such as to bring the whole human species (men and women together) towards the exit from the crisis.

Keywords: Climate crisis, Gender issues

Grazie mamma...

Una donna cammina tra le corsie del supermercato e gli occhi corrono quasi in automatico a quei prodotti dal packaging in cartone riciclato. Li infila nella maxi busta della spesa che, con poco più di un euro, ha acquistato la volta precedente con la volontà di dire addio alle odiose ed eco-insostenibili buste di plastica. Non ha alcuna intenzione di rendersi complice di quanti, attraverso la plastica, stanno soffocando il Pianeta. Complice, sì, perché c'è ancora qualcuno là fuori che sembra ignorare il degrado ambientale che ci circonda. E spesso sono uomini. Numerose indagini di mercato ormai, tra cui quelle portate avanti da Mintel nel 2018, evidenziano come siano le donne ad essere più attente alla salute del Pianeta optando per l'adozione di comportamenti eco-sostenibili in numero maggiore rispetto agli uomini¹. Sono più le donne che all'automobile preferiscono i mezzi pubblici meno inquinanti; sono le donne ad utilizzare le buste riciclate per fare la spesa, a essere disposte a pagare di più per prodotti rispettosi dell'ambiente, a dedicare più tempo e attenzione alla raccolta differenziata incoraggiando



1. The eco gender gap: 71% of women try to live more ethically, compared to 59% of men
<https://waste4change.com/blog/the-eco-gender-gap-are-women-greener-than-men/>

parenti ed amici a fare altrettanto. Il Pianeta le ringrazierà prima o poi. Le ringrazierà proprio come quella bella bambina dai riccioli d'oro fa con la mamma nella reclame dei prodotti per pulizia domestica Winni's, prodotti *green*. Un sorriso si disegna sulle labbra della nostra protagonista, una vocina graziosa riecheggia nella sua testa mentre si accinge ad afferrare la scatolina con lo shampoo solido: "Grazie mamma, perché scegli l'ecologico che nasce vegetale". Già, grazie. Grazie a tutte le donne che con le loro scelte d'acquisto consapevoli e i loro comportamenti tanto virtuosi quanto quotidiani tentano di dare al Pianeta un po' di respiro. Grazie a tutte quelle mamme che, scegliendo "l'ecologico che nasce vegetale", almeno tentano di decelerare quella corsa verso l'esaurimento delle risorse del Pianeta. E continuano a sperare nonostante i fallimenti. Nonostante il *Global Footprint Network* abbia fissato per il 28 Luglio 2022 la data dell'*Earth Overshoot Day*, giorno in cui la specie umana ha esaurito le risorse messe a disposizione dalla Terra per l'anno corrente². Con ben 156 giorni di anticipo. 156 giorni che trascorreremo consumando risorse altrimenti destinate alle generazioni future, vivendo di fatto a spese dei nostri figli e dei nostri nipoti. Eppure le donne non si fermano. Non smettono di scegliere "l'ecologico che nasce vegetale". La nostra protagonista non posa la scatolina con lo shampoo solido, piuttosto si convince ancora di più dell'importanza del suo acquisto: lei non vivrà alle spalle dei suoi figli. Questo dovrà essere chiaro a tutti, amici e parenti, ma soprattutto a suo marito. Ogni volta che va a far la spesa torna con una succulenta bistecca da due etti e la sera stessa la cucina, scottandola appena sulla piastra. Gli piace al sangue, accompagnata dal purè. È convinto che alla carne non si possa rinunciare e che tutte quelle storie circa la nocività del prodotto siano puro terrorismo

mediatico. Tipico degli uomini. Sì, proprio tipico degli uomini. Uno studio pubblicato di recente sul *Journal of Industrial Ecology* ha evidenziato come le spese degli uomini provochino il 16% delle emissioni di gas ad effetto serra in più rispetto a quelle delle donne, soprattutto per effetto delle diverse scelte verso cui dedicano il budget a loro disposizione³. Generalmente spendono di più in energia e mangiano più carne rispetto alle donne, anche considerando le proporzioni di peso e fabbisogno calorico, e questo vale anche nel caso in cui appartengano alla stessa famiglia. Il marito della nostra protagonista non fa eccezione. Donne virtuose e uomini decisamente meno attenti all'impatto ambientale delle proprie scelte quotidiane. È l'*eco-gender gap*, il fenomeno per cui, studi alla mano, possiamo ormai tranquillamente affermare che le donne siano decisamente più attente alla cura dell'ambiente rispetto agli uomini, propensi all'inverso per consumi ancora troppo inquinanti⁴. Una tendenza che il *Nielsen Consumer Panel* confermerebbe e che dovrebbe portarci ad una conclusione ben precisa: dobbiamo prendere esempio dalle donne se vogliamo smettere di avvelenare ed inquinare il pianeta⁵. Donne: una speranza per l'ambiente. Quel gentil sesso lasciato a lungo ai margini della società rivela ora tutta la sua forza, ed è una forza che risiede nella gentilezza; nella predisposizione alla cura; nel saper porgere l'altra guancia. Di fronte al degrado ambientale i valori femminili appaiono come gli unici davvero in grado di aiutarci a costruire una nuova e più sana relazione con il Pianeta. È compito di tutti, uomini compresi, riscoprirli ed adottarli. Non più sesso debole: le donne sono ora pazienti maestre di virtù. Un traguardo niente male per quello che fino a poco tempo fa era definito "il sesso debole". Le donne si trasformano tutt'a un tratto in pazienti maestre di virtù. Ma è davvero così? Davvero possiamo

2. www.overshootday.org/newsroom/press-release-july-2022-english/

3. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jiec.13176>

4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jiec.13176>

5. https://www.repubblica.it/cronaca/2019/11/20/news/donne_molto_più_ecologiste_degli_uomini-241437627/

dire che un importante traguardo sia stato raggiunto e che l'adozione dei virtuosi comportamenti femminili salverà il Pianeta? La risposta a queste domande è no. E grazie alla riflessione eco-femminista possiamo dimostrarlo.

Ecofemminismo

Termine coniato nel 1974 da Françoise d'Eubonne, l'ecofemminismo indica un paradigma teorico nuovo che vede la possibilità per le donne di realizzare una vera e propria rivoluzione ecologica. Tale possibilità deriverebbe non tanto da una predisposizione tutta femminile alla cura verso il prossimo, o da una loro maggiore affinità con il mondo naturale, quanto piuttosto dal riconoscimento di un'importante connessione tra il dominio imposto alle donne dalla società patriarcale e il dominio imposto alla natura dagli esseri umani che quella medesima società la compongono. Secondo il pensiero ecofemminista non è l'acquisto del prodotto eco-sostenibile da parte della brava mamma di famiglia a fare la rivoluzione, ma la critica forte a quella struttura che ascrive una naturalità a questo comportamento sociale. È proprio l'idea di un'essenza femminile maggiormente orientata verso il mondo naturale, predisposta alla cura dell'altro e di quanto le circonda, ad essere il bersaglio critico dell'ecofemminismo. Una struttura teorica originale dalla cui adozione gioverebbero tanto l'etica femminista quanto quella ambientalista. Qualsiasi nostro pensiero, elaborazione teorica o azione, infatti, avviene all'interno di quella che la filosofa eco-femminista Karen J. Warren chiama "cornice concettuale", ovvero un insieme di credenze fondamentali e valori assunti che danno forma al modo di vedere noi stessi e il mondo che ci circonda⁶. Alcune cornici concettuali sono oppressive: spiegano, giustificano e conservano relazioni di dominio e subordinazione.

Se non si guarda con occhio critico tale cornice concettuale, allora, non si potrà mai dare un'etica che sia realmente rivoluzionaria. Questa è la grande novità dell'ecofemminismo. Ponendosi come struttura teorica nuova, ci fornisce strumenti utili alla luce dei quali rileggere i nostri paradigmi di riferimento e revisionare, migliorare, superare tanto l'etica femminista quanto quella ambientalista.

L'etica dell'ambiente ha spesso rifiutato il pensiero femminista. La crisi climatico-ambientale che incombe su di noi e di cui la specie umana deve ritenersi responsabile, emerge dall'analisi di dati e fatti incontrovertibili. Le soluzioni che richiede sono precise e prescindono dall'appartenenza ad un genere o ad una classe sociale: acquistare il sapone per pavimenti Winni's è cosa buona e giusta perché si è dimostrato che contribuisce effettivamente a ridurre l'impatto antropico sul Pianeta, ma incentivare acquisti di questo genere prescinde da una riflessione sul genere. È questione di pura analisi statistica. Eppure esiste una differenza comportamentale tra uomini e donne per quanto concerne la lotta al cambiamento climatico e al degrado ambientale. Non solo. Spesso sono le donne a svolgere compiti che in qualche modo implicano un maggior contatto con l'ambiente naturale, divenendo vittime predilette degli anomali fenomeni climatici. L'adozione di una riflessione femminista è dunque necessaria. Volendo generalizzare, il femminismo è quel movimento che punta ad eliminare l'oppressione sessista. Per realizzare questo obiettivo deve



6. Warren KJ in Faralli C, Andreozzi M, Tiengo A (edd), *Donne Ambiente e Animali non-umani. Riflessioni bioetiche al femminile*, Milano, LED, 2014.

eliminare tutti i fattori che contribuiscono alla continua e sistematica subordinazione delle donne agli uomini. L'uguaglianza salariale a parità di prestazione lavorativa, ad esempio, è un tema femminista nella misura in cui la sua analisi ci rivela uno status di soggiogamento reiterato nel tempo delle donne. Trasportare acqua in grosse ceste sulla testa o procurare legna per il focolare diventano temi femministi nel momento in cui capiamo che l'essere le principali responsabili di questi compiti esclude le donne dalla piena partecipazione ai processi decisionali e politici. A tutto questo si deve aggiungere il fatto che, nella maggior parte delle società attuali, tali compiti sono ritenuti "di minore importanza" rispetto ai compiti tradizionalmente affidati agli uomini. Acquistare prodotti eco-sostenibili è allora sì un comportamento virtuoso, ma anche percepito come forma di lotta blanda⁷.

Si ha così l'idea che l'acquisto del sapone per pavimenti Winni's sia cosa buona e giusta, segno evidente di uno stile di vita consapevole ed eco-sostenibile. Ci aspettiamo siano le donne a prendere per prime l'iniziativa di apportare queste modifiche ai propri consumi, in accordo con la loro tendenza a prendersi cura di quanto e chi le circonda, dando il là alla rivoluzione ecologica che ci salverà la pelle. Ma sono donne. Comportamento virtuoso o meno siamo tutti inconsciamente convinti che nel lungo periplo questa strategia di lotta si rivelerà fallace, debole, come debole è il loro sesso. Meglio pensare ad altre soluzioni⁸. L'azione contro il cambiamento climatico, nel momento in cui rifiuta di ascrivere piena validità al pensiero femminile e di riconoscere una natura reazionaria alla trasformazione dei consumi da parte delle donne, perde un importante punto di vista: quello femminile. Considerando le donne come soggetti prima o poi destinati a fallire, perchè fondamentalmente più deboli rispetto agli uomini, la società perde

di vista quelli che dovrebbero essere i migliori *exempla* sul piano comportamentale [9]. Questa la riflessione femminista. Tuttavia mi sembra incompleta.

Esiste, di fatto, una differenza comportamentale tra uomini e donne per ciò che concerne la lotta al cambiamento climatico. Tale differenza poggia sull'appartenenza a due generi diversi per cui, come già detto, abbiamo umani maschili meno attenti alla questione ambientale e alla cura del circondario e umani femminili virtuosi. Una diversità comportamentale fondata sulla diversità di genere. E' proprio qui che risiede il problema, in questa diversità. Quando parliamo di genere femminile e genere maschile non parliamo mai di una differenza pura e semplice, come avviene nell'ambito della nomenclatura scientifica. Un esemplare di *Danaus Plexippus*, la farfalla monarcha, è senz'altro diverso nel nome e nell'aspetto da un esemplare di *Papilio Machaon*, la farfalla Macaone, eppure in questa diversa denominazione noi non troviamo alcuna traccia di indizi che lascino intendere la superiorità della prima farfalla sulla seconda. Con la differenza di genere la questione è ben diversa. Parliamo di una differenza costruita socialmente e connotata valorialmente. Una differenza per cui non soltanto A è diverso da B, ma è anche migliore di B e dunque autorizzato a sfruttarlo. Una differenza per cui l'umano maschile è stato preso, arbitrariamente, a modello; completo; diverso da un femminile costruito piuttosto come "essere manchevole dei tratti maschili". Un essere amputato. Una differenza che ha spinto i membri tutti della società occidentale a credere che le donne, così deboli, dovessero e potessero essere controllate, sottomesse, usate per uno scopo. Ma davvero l'esistenza di una differenza sul piano sessuale e del genere può giustificare lo sfruttamento? La risposta è no. Eppure è esattamente ciò che accade. Mi rimetto

7. P. Mohai, "Gender differences in the perception of most important environmental problems", in "Environmentalism and race, Gender,

Class Issues", vol. 5, n.1, 1997: <https://www.jstor.org/stable/41674853?seq=1>

8. [\[ticle/154879/misogyny-climate-deniers\]\(https://www.repubblica.it/cronaca/2019/11/20/news/don-\)](https://newrepublic.com/ar-</p>
</div>
<div data-bbox=)

9. [\[ne_molto_piu_ecologiste_degli_uomini-241437627/\]\(https://www.repubblica.it/cronaca/2019/11/20/news/don-\)](https://www.repubblica.it/cronaca/2019/11/20/news/don-</p>
</div>
<div data-bbox=)

alle parole della filosofa eco-femminista Karen J. Warren quando sostengo che se uno sfruttamento si da ed è giustificato dalla differenza che caratterizza il genere maschile e quello femminile, è perchè viviamo in un mondo sottoposto alla logica del dominio. Quella che noi chiamiamo realtà non è mai un insieme di fatti asciutti e oggettivi. Gli elementi del reale sono oggetto di una interpretazione; connotati valorialmente come migliori o peggiori per noi e i nostri fini; di volta in volta posizionati e ricalibrati lungo assi immaginari. Ogni giorno, noi umani tessiamo la tela che costituisce la nostra cornice concettuale, la nostra realtà, il mondo in cui ci muoviamo. Tanti fili invisibili lungo i quali disponiamo fatti ed elementi. Naturalmente non senza una logica. Ed è una logica del dominio, ribadisce Warren, a legare insieme i fili della realtà occidentale. Una logica tale per cui gli elementi della realtà sono disposti lungo un asse verticale: a ciò che sta in alto si attribuisce valore positivo. A ciò che sta in basso si attribuisce valore negativo. Ciò che sta in alto ha dunque un valore superiore ed ha diritto a sfruttare ciò che sta in basso e che ha dunque valore minore. Un diritto ascrivito arbitrariamente dalla logica del dominio ai membri del gruppo sociale dominante. ovunque ci sia una differenza che giustifica lo sfruttamento di ciò che è diverso, una logica del dominio è in azione. All'interno della cultura occidentale si è storicamente sostenuto che le donne fossero più affini al mondo naturale rispetto agli uomini, identificati piuttosto con il regno del mentale. Si è sostenuto fossero diverse. Si è anche storicamente sostenuto che quanto era affine al mondo naturale fosse inferiore rispetto a quanto era affine al mondo del mentale. Donne inferiori in quanto associate alla natura inerte. Natura inferiore in quanto associata a corpo preposto all'esclusiva riproduzione del capitale "specie umana". Così come la differenza e debolezza delle donne autorizza lo sfruttamento di queste da parte dell'umano maschile, così l'inerzia e la materialità della natura autorizzano il suo sfruttamento da parte degli umani, ideatori e costruttori. Chi è allora il vero nemico dell'ambiente? I comportamenti inquinanti degli umani o

quella logica per cui si è ritenuto che essi potessero disporre a proprio piacimento del mondo naturale? E non è forse la medesima logica ad aver sostenuto lo sfruttamento dell'umano femminile da parte dell'umano maschile? In quest'ottica, immaginiamo pure di poter invertire le cose. Immaginiamo che le donne possano finalmente far sentire la loro voce e ad imporre i loro comportamenti virtuosi ed eco-sostenibili. Cosa succederebbe agli uomini? Cosa succederebbe agli scettici che procedono con cautela pure nell'acquisto del sapone per pavimenti Winni's paventando la possibilità di un green-washing fine a sé stesso? Verrebbero probabilmente ostracizzati come un tempo venivano ostracizzate le donne. Non resteremmo così nel gioco della logica del dominio? "Quello su cui tutte le co-femministe concordano è il modo in cui la logica del dominio ha funzionato nella società occidentale per giustificare e sorreggere le dominazioni gemelle sulle donne e sulla natura", sostiene Warren, e potrebbe funzionare ora per giustificare e sorreggere la dominazione delle donne sugli uomini. Forse anche una diversa dominazione della natura. Alla luce di questo, ritengo che la questione ambientale e la questione di genere non possano essere scisse. Restando all'interno del medesimo quadro di riferimento, continuando il gioco della logica del dominio, non produrremo che etiche parziali. Non si darà vero ambientalismo semplicemente ricavando un orto sovversivo dal cortile incolto dietro casa e non si darà vero femminismo semplicemente ascrivendo nuovi diritti e opportunità alle donne. La questione ambientale non verrà mai risolta fintanto che gli umani penseranno di poter sfruttare ciò che è diverso, nè la questione femminile verrà risolta fintanto che gli umani maschili penseranno di poter sfruttare il sesso debole in virtù proprio di questa presunta debolezza. Rinvenendo nella logica del dominio il minimo comune denominatore a queste due forme di sfruttamento, apparentemente diverse ancorché profondamente affini, l'eco-femminismo si rivela una struttura teorica fondamentale, le cui riflessioni dovranno essere abbracciate tanto dall'etica femminista quanto dall'etica ambienta-

lista. Permetterà ai due movimenti di cogliere le connessioni tra i diversi sistemi di dominio (naturismo, razzismo, classismo e sessismo), farsene carico e impegnarsi seriamente nell'abbattimento di tutte le forme di oppressione. Se così non fosse, se l'etica dell'ambiente continuerà ad avere la presunzione di fornire soluzioni "neutrali", fondate sulla sola analisi dei dati scientifici e l'etica femminista continuerà ad esaltare il virtuosismo

ecologico delle donne, dovremmo riscrivere il copione della bella bimba assunta per recitare il ruolo di brava figliola nella reclame dei prodotti Winni's. Ci toccherà allungarlo un po' e sperare che lo ricordi: "Grazie mamma, perché scegli l'ecologico che nasce vegetale assecondando una logica del dominio che non permetterà mai a me e alla natura che credi di proteggere un futuro equo e prospero".



Carolyn Merchant
La morte della natura. Donne, ecologia e rivoluzione scientifica
Editrice Bibliografica, 2022

Quest'anno è stato ripubblicato *La morte della natura* di Carolyn Merchant, edito per la prima volta nel 1980 e oggi considerato un vero classico non solo dell'ecofemminismo, ma della storia della scienza moderna. Ritengo molto opportuno riproporre questo testo, perché gran parte della letteratura ecofemminista contemporanea propone una critica a mio avviso troppo estesa, che abbraccia di fatto tutte le società patriarcali, mentre la critica proposta da Carolyn Merchant raggiunge un obiettivo più specifico, ponendo sotto accusa la rivoluzione scientifica dell'età moderna e la visione meccanicistica della natura che essa comporta. *La morte della natura* contrappone la visione *organica* del mondo, prevalente fino al Rinascimento, alla visione *meccanica* introdotta dalla rivoluzione scientifica del XVII secolo che pensa una natura morta e inerte, mossa solo attraverso forze esterne.

Questa nuova visione del mondo accompagna grandi trasformazioni economiche e sociali, il cui epicentro è rappresentato, all'epoca, dall'Inghilterra: insieme alle idee di Francis Bacon, William Harvey, Isaac Newton ci vengono descritte le *enclosures* nelle campagne inglesi, lo sfruttamento moderno delle miniere, l'enorme pressione sulle foreste. Il nuovo spirito scientifico interpretava la

natura in un senso conforme alle nuove modalità con cui la società organizzava l'appropriazione e lo sfruttamento di quella stessa natura, gettando le basi del capitalismo. Così "la natura animata vivente morì, mentre il denaro inanimato morto fu dotato di vita. Capitale e mercato avrebbero assunto sempre più gli attributi organici della crescita, della forza, dell'attività, della gravidanza, della debolezza, del decadimento e del collasso, oscurando e confondendo le nuove relazioni sociali sottostanti della produzione e della riproduzione che rendono possibili la crescita e il progresso sociale. La natura, le donne, i negri e i lavoratori salariati furono avviati al nuovo status di risorse 'naturali' e umane per il sistema del mondo moderno".

Da storica del pensiero economico, devo aggiungere che la nascente scienza economica dell'epoca – ahimè assai trascurata da storici e filosofi della scienza – offre un riscontro puntuale a questa tesi. Per i cameralisti e i mercantilisti del XVII e XVIII secolo la "popolazione", ossia gli uomini e le donne abili al lavoro, rappresenta appunto una "risorsa naturale" – una "ricchezza della nazione" dirà Adam Smith – alla stregua delle miniere e delle foreste.

La saldatura di questa critica con le tematiche femministe avviene su due livelli. Da un lato, Carolyn Merchant rimarca come la visione della natura inaugurata dalla scienza meccanicista è ancora una visione al femminile: ma la natura non è più la madre che nutre, bensì un soggetto passivo da violentare e fare a pezzi per carpirne i segreti. Dall'altro lato, al nuovo pensiero scientifico vengono contrapposti i saperi eterodossi, perseguitati e marginalizzati, di cui spesso erano portatrici le donne – streghe, guaritrici, ostetriche.

Non bisogna pensare tuttavia che la posizione di Carolyn Merchant sia ingenuamente antiscientista: il suo obiettivo polemico non è la scienza *tout court*, ma la scienza riduzionista e meccanicista, complice del capitalismo nello sfruttamento della natura e dei viventi. Carolyn Merchant segue, in questo senso, il vasto movimento critico che, a partire dagli anni '70 del secolo scorso, denunciava l'uso capitalistico della scienza e invitava a considerare la "costruzione sociale della scienza".

Maria Turchetto

matematica. Anche la consapevolezza dell'utilità della matematica, che piaccia o no, è generalmente diffusa. Tutti usiamo la matematica di base. Alcune delle teorie matematiche più comuni sono utilizzate in ambito scientifico come strumento e linguaggio di base che consente una descrizione esatta. La fisica, che è sempre stata intimamente legata alla matematica, ha bisogno di una matematica molto profonda e i problemi fisici spesso danno origine a nuova matematica. Anche alcune parti di altre scienze sono strettamente legate alla matematica, ad esempio parti dell'informatica (matematica informatica), dell'economia (matematica finanziaria) e, forse sorprendentemente, della biologia (biologia matematica o biomatematica). Per la sua indiscussa utilità e la sua presunta difficoltà, la matematica suscita un senso di rispetto. Di solito non è quindi imbarazzante rivelare che si è matematici di professione a nuovi conoscenti. Questi potrebbero pensare che si tratti di una professione riservata a persone noiose, ma ovviamente non lo diranno. L'unica cosa di cui noi matematici abbiamo un po' paura è l'inevitabile risposta "cavolo, non mi piace...", oppure "i numeri non sono il mio forte...". Come spiegare che nemmeno a voi interessano i numeri concreti, ma che trovate il concetto di numero immensamente bello?

Matematica scienza del calcolo?

La matematica ci ricorda immediatamente i calcoli. Nelle materie matematiche a tutti i livelli di istruzione, dalla scuola elementare all'università, abbiamo costantemente a che fare con calcoli e altri tipi di operazioni. Quando noi matematici abbiamo a che fare con problemi molto più astratti, che non ricorderebbero in alcun modo ai profani la matematica imparata a scuola, in gergo matematico parliamo spesso

di soluzioni di calcolo. Perché allora il punto interrogativo nel titolo di questo paragrafo?

Prima di rispondere, vediamo due semplici esempi che illustrano il modo di ragionare matematico. Innanzitutto, c'è il famoso aneddoto su uno dei più celebri matematici di tutti i tempi, Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Ai matematici piace ripetere questo aneddoto, quindi sarà probabilmente familiare a molti lettori. Non importa: fornisce un ottimo spunto per spiegare l'essenza della matematica ed è interessante di per sé. Alcuni dubitano della veridicità della storia. Ma ha importanza se un aneddoto è vero?

L'aneddoto risale al periodo in cui Gauss era un ragazzino. Durante una lezione scolastica, l'insegnante diede a tutti gli alunni il compito di contare la somma dei primi cento numeri naturali, ovvero di trovare la somma di

$$1 + 2 + \dots + 100.$$

Presumibilmente, l'insegnante voleva solo guadagnarsi un po' di tranquillità e occupare i suoi alunni con un compito che richiede un'enorme quantità di tempo ed è quindi praticamente impossibile, anche se richiede solo le più elementari conoscenze di calcolo. Con grande sorpresa di tutti, Gauss diede quasi subito la risposta giusta. Egli ragionò come segue. La somma del primo e dell'ultimo numero, $1 + 100$, è pari a 101. La somma del secondo e del penultimo numero, $2 + 99$, è anch'essa uguale a 101. E così via. Anche $50 + 51 = 101$. Dobbiamo solo sommare 101 a se stesso 50 volte. La risposta è quindi

$$50 \times 101 = 5050.$$

A titolo di curiosità, lasciatemi ricordare che la matematica iraniana Maryam Mirzakhani, la prima donna a ricevere la Medaglia Fields¹, nelle interviste faceva riferimento a questo aneddoto come il primo ricordo del suo inna-

1. La Medaglia Fields viene assegnata ogni quattro anni, in occasione del Congresso dell'Unione Internazionale, ai matematici più meritevoli, che

devono avere meno di 40 anni. In termini di prestigio, la Medaglia Fields è paragonabile al Premio Nobel (che non esiste per la matematica). Insieme ad

altri tre matematici, Maryam Mirzakhani ha ricevuto la Medaglia Fields a Seul nel 2014.

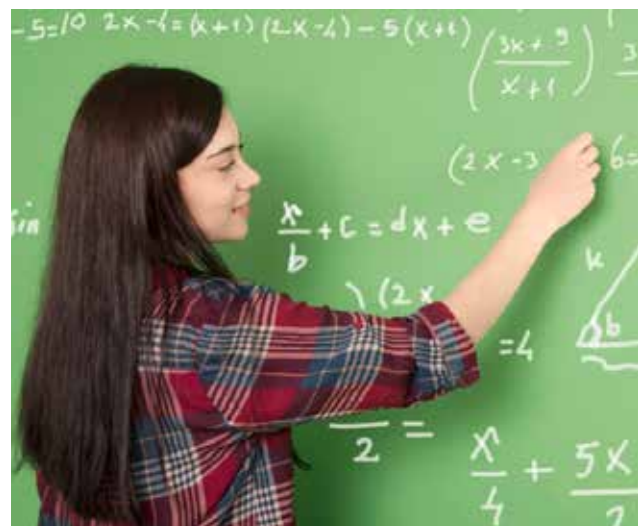
moramento per la matematica. Ricordo che anche a me fece una forte impressione quando mio padre me lo raccontò da bambino. Uno dei motivi di interesse è che un bambino brillante sorprende e forse anche un po' ridicolizza un insegnante che ha dato un compito insensato. Ma qual è il messaggio matematico? Il problema in sé sembra risolvibile, anche se seguiamo ciecamente la sua formulazione e aggiungiamo un numero dopo l'altro. Ma poiché non siamo macchine, bensì esseri umani, quasi certamente commetteremmo un errore in qualche passaggio. Se l'insegnante chiedesse agli alunni di calcolare la somma del primo milione di numeri naturali, il compito sarebbe in un certo senso più semplice. In particolare, sarebbe chiaro che è quasi impossibile risolverlo per via diretta, quindi si sarebbe costretti a pensare alla individuazione di un principio generale. Il problema sarebbe ancora più chiaro se si chiedesse di calcolare la somma dei primi n numeri naturali, dove n è un numero naturale qualsiasi². In questo modo sapremmo immediatamente che non è necessario cercare alcuna proprietà speciale del numero 100 e che il problema richiede la scoperta di un metodo intelligente. Porre il problema in un contesto più generale e astratto lo rende in realtà più "facile". In generale, quando si cerca di risolvere un problema concreto, conviene pensare in modo astratto, uscire dagli schemi e porsi delle domande. Questo vale per tutte le attività umane, ma in matematica si manifesta nel modo più immediato.

Vediamo un altro esempio. Anch'esso è ben noto, anche se molto meno dell'aneddoto su Gauss. Immaginiamo un torneo di tennis, che si gioca con un sistema a eliminazione diretta. Quante partite si dovranno giocare? Supponiamo che ci siano 16 giocatori. Ci sono 8 partite al primo turno, 4 al secondo, 2 al terzo e l'ulti-

ma partita si gioca all'ultimo turno. Il numero totale di partite è quindi $8+4+2+1 = 15$. Se il numero di giocatori è 32, 64, 128, ecc. il risultato può essere calcolato con lo stesso schema. Ma cosa succede se il numero di giocatori è più sfavorevole, per esempio 13? Concordiamo che se c'è un numero dispari di giocatori, uno di essi passerà al turno successivo per sorteggio, mentre gli altri si sfideranno. Quindi ci sono 6 partite al primo turno e rimangono 7 giocatori. Nel secondo turno ci sono 3 partite e rimangono 4 giocatori. Ci sono due semifinali e infine la finale, quindi in totale ci sono $6 + 3 + 2 + 1 = 12$ partite. Ora, supponiamo che ci siano n giocatori nel torneo, dove n è un numero qualsiasi. La prima impressione è che il problema sia un po' fastidioso. In ogni turno dovremo considerare se è rimasto un numero dispari o pari di concorrenti. Ma vediamo il problema dal seguente punto di vista. In ogni partita c'è un perdente (e un vincitore), quindi il numero di partite è uguale al numero di tutte le sconfitte. Il numero di sconfitte è pari al numero di concorrenti che sono stati sconfitti. Infatti, ogni concorrente può essere sconfitto una sola volta, dopodiché non potrà più gareggiare. E allora quanti sono i concorrenti sconfitti? Tutti, tranne il vincitore del torneo. Il numero di partite è pertanto pari a $n - 1$.

In matematica, siamo sempre alla ricerca di una prospettiva da cui vedere l'essenza del

2. La risposta è $n(n+1)/2$ come si può facilmente verificare con il metodo di Gauss.



problema. Cioè, una prospettiva che ci permetta di allontanarci dal concreto. Come ci piace dire, vogliamo vedere la foresta e non solo i singoli alberi. Il lavoro di ricerca del matematico ricorda un escursionista su una montagna, ossessionato dall'idea di trovare un punto di vista da cui vedere finalmente tutti i pendii e le valli. Non sa se tale punto di osservazione esista, e anche se esistesse non ha idea di quale sia il sentiero che conduce là. Cerca. Può sempre decidere di tornare indietro e abbandonare il pensiero del punto panoramico. Senza perseveranza, a volte senza sfida, non troverà di certo il punto panoramico.

La matematica è dunque la scienza del calcolo? Certo, si occupa di calcolo, ma una descrizione del genere sarebbe troppo superficiale e fuorviante. Quanto c'era di calcolo negli esempi precedenti? Entrambi i problemi erano, a prima vista, difficili da risolvere. Il primo è stato trasformato, grazie a un'idea intelligente, in un unico semplice calcolo, mentre il secondo è stato risolto senza alcun tipo di calcolo. Una descrizione più appropriata sarebbe che la matematica è la scienza che evita il calcolo.

Matematica pura

Come ogni disciplina scientifica, la matematica si divide in numerose sottodiscipline. La divisione più elementare, ma meno nota al grande pubblico, è quella in matematica applicata e matematica pura (chiamata anche matematica teorica, ma trovo questo termine meno appropriato). A volte è difficile tracciare una linea di demarcazione tra queste due parti della matematica, perché confluiscono continuamente l'una nell'altra. Tuttavia, la maggior parte dei matematici può definirsi "applicati" o "puri".

La matematica applicata si occupa delle applicazioni dei metodi matematici a varie aree della scienza e della tecnologia. Queste applicazioni sono estremamente varie e interessanti, ma non ne parlerò. Non ne so abbastanza di matematica applicata.

Che cos'è la matematica pura? La risposta più diretta è che si tratta di matematica per amo-

re della matematica. La sua forza motrice è la matematica stessa, nasce da sé. I suoi obiettivi sono sfide intellettuali alle quali non possiamo resistere. Esiste da migliaia di anni. Il desiderio di esplorare la matematica pura è innato in noi. La sua caratteristica fondamentale è l'astrattezza. La matematica pura si occupa di concetti che esistono solo nella nostra mente. Anche concetti semplici come i numeri uno, due, tre, ecc. non esistono al di fuori della nostra coscienza.

Le scienze naturali non possono dare risposte certe. Al contrario, le risposte fornite dalla matematica pura non possono che essere definitive. La matematica pura si basa sul concetto di dimostrazione, che non lascia spazio a dubbi sulla veridicità. Mi spiego meglio. Le "regole del gioco" della matematica pura sono chiare e predeterminate. Il punto di partenza è un insieme di verità fondamentali generalmente accettate, chiamate assiomi. Tramite un ragionamento logico si ricavano asserzioni matematiche dagli assiomi. Una sequenza di conclusioni logiche che porta a un'asserzione è chiamata dimostrazione, mentre un'asserzione è chiamata teorema. Se tutte le conclusioni logiche della dimostrazione del teorema sono corrette, nessuno può contestare il teorema. Si possono formulare opinioni sul suo interesse, sulla sua importanza, sulla sua originalità, ma non sulla sua correttezza né sulla sua veridicità.

In matematica la parola dimostrazione ha un significato diverso da quello a cui siamo abituati. Quando nella vita di tutti i giorni, e anche nelle altre scienze, diciamo che qualcosa è stato dimostrato, intendiamo dire che la dimostrazione è così forte che il dubbio non è più ragionevole. Tali dimostrazioni possono essere migliori, più convincenti, o peggiori, meno convincenti. Per esempio, come semplice dimostrazione che la Terra è rotonda, ci piace citare come le navi scompaiono all'orizzonte. Le fotografie della Terra dallo spazio, ovviamente, forniscono una dimostrazione incomparabilmente migliore. Tutte le dimostrazioni in matematica sono uguali, questo è assolutamente

certo. Naturalmente alcune sono più e meno esplicative, alcune più facili e altre più difficili da capire. Per uno stesso teorema, spesso si trovano diverse dimostrazioni. Ognuna di esse può avere qualche vantaggio rispetto alle altre, ma tutte confermano in modo ugualmente inequivocabile la verità del teorema. Naturalmente, sto parlando di dimostrazioni corrette, cioè prive anche di un solo errore. In una dimostrazione lunga e complessa non è facile verificare se non si sia insinuato qualche errore. Ma cosa sia e cosa non sia un errore è assolutamente indiscutibile. Se viene trovato nella vostra presunta dimostrazione, non avete altra scelta che accettarlo e cercare di modificare la parte in cui è stato commesso l'errore. Potreste riuscirci. In caso contrario, l'intero lavoro è stato inutile e si deve ricominciare da zero. Il fatto che ci fossero centinaia di conclusioni logiche corrette, ma solo una fosse errata, non vi aiuta.

Lo scopo della matematica pura non è solo quello di scoprire i fatti matematici, ma anche, se non soprattutto, di comprenderli. La dimostrazione di un teorema non ci dà solo la soluzione del problema, ma ci fa capire il problema stesso. Chiedersi "perché" è spesso più stimolante che chiedersi "cosa". Ad esempio, conoscere la formula della somma dei primi n numeri naturali è utile, ma la formula stessa ci lascia indifferenti. Siamo affascinati dalla sua derivazione. Vogliamo capire, non solo sapere. La matematica pura ha qualcosa di atemporale. Certo, non può sfuggire ai cambiamenti, ma questi avvengono molto lentamente. Quando prendo in mano un articolo di ricerca matematica vecchio di cento anni, ho la sensazione che potrebbe essere stato scritto da un collega nell'ufficio accanto, se non avessi notato la notazione macchinosa e la stampa antiquata. Le consuetudini di citazione scientifica sono quindi diverse in matematica rispetto alla maggior parte delle altre scienze. Spesso facciamo riferimento a fonti relativamente vecchie. Gli articoli di matematica più citati spesso passano inosservati nei primi anni dopo la pubblicazione. La matema-

tica pura è anche relativamente indipendente dagli sviluppi tecnologici. Il coinvolgimento dei computer ha rivoluzionato i metodi scientifici delle scienze naturali e della tecnologia, ma ha un effetto piuttosto limitato sulla maggior parte della matematica pura. In effetti, a volte possiamo usare il computer per verificare che, ad esempio, una congettura matematica sia valida per numeri molto grandi. Ma non possiamo usarlo per dimostrare che vale per tutti i numeri. Comunque sia, l'infinito è distante da qualsiasi numero, per quanto si voglia grande, quanto lo è dal numero uno. L'applicabilità ad altre aree non è l'obiettivo primario della matematica pura. In effetti, l'ispirazione per i problemi nasce spesso dalla fisica e da altri campi. Con il tempo, però, questi problemi vengono tradotti in un linguaggio matematico più astratto, diventano indipendenti dalle loro fonti e i matematici li considerano interessanti di per sé.

Allora perché la società dovrebbe sostenere gli individui a impegnarsi in una materia che non si preoccupa più di tanto della propria utilità? Almeno una risposta è chiara. La matematica pura è il pilastro della matematica applicata, il suo sfondo teorico. Tuttavia il significato di matematica pura è più complesso. Questo aspetto sarà discusso nelle prossime sezioni e solo brevemente riassunto nelle righe seguenti. La matematica pura è una base della cultura matematica, che modella in modo sottile ma significativo la società. La matematica pura è anche una forma d'arte. Infine, alcuni risultati della matematica pura si rivelano, in modo del tutto inaspettato e di solito decenni o secoli dopo la loro scoperta, utili per la scienza e la tecnologia.

D'ora in poi, quando parlerò di matematica, mi riferirò in linea di principio alla matematica pura.

Cultura matematica e importanza educativa della matematica

Nel suo impegno intransigente verso la verità, il mondo della matematica è diverso dal mon-

do in cui viviamo. È il mondo come vorremmo che fosse. La matematica non può cambiare il mondo reale, ma può renderlo migliore o almeno più sopportabile. In altre parole, la cultura matematica tocca ognuno di noi e modella la nostra personalità.

La matematica ci insegna a rispettare le argomentazioni. Accettiamo solo ciò che non può essere confutato. Un errore, una piccola disattenzione in una lunga considerazione matematica annulla completamente l'intero sforzo. Quale altra scelta abbiamo allora se non quella di soppesare attentamente ogni pensiero? Prendiamo anche l'abitudine di essere prudenti nell'esprimere le nostre opinioni. I nostri errori, dopo tutto, sono dimostrabili.

Con la matematica impariamo che pensare è una scorciatoia per raggiungere un obiettivo, non una perdita di tempo. Pensare conviene! Pensare non è solo utile, è anche divertente. La gioia di una soluzione raggiunta grazie allo sforzo mentale è a volte incommensurabile.

Da un lato, avere a che fare con la matematica rafforza la fiducia in se stessi. Dall'altro, ci fa capire i nostri limiti. Sia nostri che dell'umanità. Capita spesso di non riuscire a risolvere un problema che poi si rivela facile. E ci sono così tanti problemi apparentemente semplici che rimangono irrisolti dopo che alcune delle persone più intelligenti hanno lottato per trovare una soluzione.

In matematica, non si dice di qualcosa che è "quasi dimostrato". Può essere dimostrato o non dimostrato, non c'è una via di mezzo. Quando si risolve un problema, bisogna coprire tutte le possibilità, altrimenti non si è fatto nulla. Lo studio della matematica è quindi un'eccellente formazione mentale e i nostri laureati ottengono buoni risultati in un'ampia gamma di professioni. Insegniamo loro teoremi e prove, ma è più importante quello che imparano in realtà: precisione, sistematicità, ragionamento astratto e concentrazione sull'essenziale. L'insegnamento di una matematica "non pratica" ha conseguenze pratiche elevatissime.

I risultati delle ricerche di noi matematici pro-

fessionisti non hanno un impatto immediato e diretto sul mondo che ci circonda. Credo che una delle nostre missioni principali sia quella di "contagiare" la società con la cultura matematica. Anche se indiretta, la nostra influenza sullo sviluppo della società è comunque significativa.

Estetica della matematica

La matematica è bella. È di questo che intendo scrivere. Sono consapevole che con questo pensiero potrei risultare invadente o paternalistico. La maggior parte delle persone associa la matematica principalmente all'esercitazione scolastica, che è davvero tutto fuorché bello. Ma non c'è nulla di bello nemmeno nell'imparare la notazione musicale. Ciò che è bello è la musica.

Si può dire in generale che la scienza è bella. C'è qualcosa di bello in ogni scoperta scientifica, cioè quando si incontra una verità finora sconosciuta. Ma la bellezza in matematica ha altre dimensioni. L'estetica è uno dei criteri di valutazione dei lavori matematici. Una dimostrazione matematica o un teorema possono essere definiti eleganti.

Questa è la parola a cui ci siamo abituati, ma in realtà è solo un sinonimo limitato della parola bello. Il *referee* del nostro elaborato matematico potrebbe scrivere "La dimostrazione del teorema principale è elegante". Quanto ci piace leggerlo! Non c'è complimento più bello.

Che cosa c'è di bello nella matematica? È difficile rispondere a questa domanda, perché la bellezza è più una questione di cuore che di mente. Mi limito a dire che le opere matematiche, a volte in quanto sorprendenti, a volte per la loro semplicità e a volte per il loro intreccio con altre idee, suscitano un senso di eccitazione che è tipico dell'esperienza dell'arte. Certo, l'arte della matematica è in qualche modo ermetica. Ma ci sono altre forme d'arte che possono essere comprese in tutti i loro aspetti solo da pochi.

In diversi elementi la matematica è più vicina all'arte che alla scienza. Prendiamo l'astrattez-

za, la caratteristica più evidente della matematica. Anche alcune parti dell'arte sono astratte. Soprattutto la musica, che, come è noto, è particolarmente vicina ai matematici. Molti matematici di successo sono anche musicisti. Un'altra caratteristica importante della matematica è la ricerca dell'essenza. Anche nell'arte si cerca l'essenza. Un pittore o uno scrittore sottolinea un dettaglio che dice molto di più di ciò che emerge in superficie e si nota da solo. Un elemento importante della matematica è anche il suo stile specifico. Il vocabolario scarso, l'apparente uniformità, l'ascetismo, i rituali (definizione, teorema, dimostrazione; e ancora definizione, teorema, dimostrazione...). Così come l'impressione di reticenza e di non essere invadenti. E ancora la raffinatezza. Tutte queste sono anche caratteristiche di alcuni stili artistici, come per esempio il minimalismo. In matematica, prestiamo molta attenzione alla notazione e alla presentazione dei nostri risultati. L'estetica è quindi anche una caratteristica del simbolismo e delle figure matematiche. Riporto una delle identità più famose

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

che collega le cinque costanti più importanti della matematica: i numeri interi 0 e 1, la costante naturale e , la costante π legata al cerchio e l'unità immaginaria i (il numero complesso che soddisfa $i^2 = -1$). Ciascuna di queste costanti ha le proprie radici. Questa uguaglianza, comunque, le unisce in una sola.

Noi matematici abbiamo libertà nel nostro lavoro, come gli artisti. Non siamo impegnati a rivelare semplicemente il mondo in cui viviamo. Siamo liberi di porci qualsiasi domanda, purché la troviamo interessante e intellettualmente stimolante. Siamo limitati da una sola cosa: la verità.

La matematica è il mondo che sogniamo. Un mondo di perfetta giustizia e armonia. Anche l'arte rivela il mondo dei nostri sogni. Se l'artista è un cercatore di bellezza e lo scienziato è un cercatore di verità, il matematico è un cercatore di belle verità. ●

Lorenza Foschini,
L'attrito della vita
Indagine su Renato Caccioppoli
matematico napoletano
La nave di Teseo, 2022
EAN: 9788834611234



Napoli, 8 maggio 1959. Renato Caccioppoli, genio della matematica, pianista prodigioso, affascinante affabulatore, coltissimo e poliglotta, ritenuto nipote del fondatore del movimento anarchico Michail Bakunin, si uccide sparandosi un colpo di pistola alla nuca nella sua casa di Palazzo Cellammare. Adorato da studenti e colleghi, modello di libertà e anticonformismo per un'intera generazione, Caccioppoli ha incantato con il suo carisma e la sua intelligenza non solo alcuni tra i più celebri intellettuali del secolo – André Gide, Pablo Neruda, Eduardo De Filippo, Benedetto Croce, Alberto Moravia, Elsa Morante – ma anche e soprattutto il popolo napoletano, che da sempre guarda a lui con stupita ammirazione. Perseguitato dal regime fascista, afflitto da quello che la scrittrice e amica Paola Masino definirà “l'attrito della vita”, la sua morte lo consegna definitivamente alla storia della città. Questa indagine meticolosa e documentata ci racconta chi fu realmente Caccioppoli e ci restituisce un'immagine non stereotipata, e per certi versi inedita, di una Napoli leggendaria.

Tra Matematica e Fisica: una prospettiva interdisciplinare

Maria Arcà,
Emiliano Degiorgi

Maria Arcà and Emiliano Degiorgi participated on 1 April 2022 in the training meeting for first and second grade secondary school teachers "Between Mathematics and Physics: an interdisciplinary perspective" in the course "Teaching mathematics between didactic research and practice scholastic" promoted by the Italian Association for Research in Mathematics Education (AIRDM) and by the Italian Commission for Mathematics Education (CIIM) (1). For the numerous hints of reflection on science education starting from the first years of school, the editorial staff asked the two Associations to share the lesson with NATURAL-MENTEScienza and the authors to review the presentation as an article. The following text is the result of the kindness of all the subjects involved.

Keywords: *Teaching mathematics, Teaching physics*

Vi ringraziamo molto dell'invito. Io ci tenevo a partecipare anche perché, per mia esperienza professionale, non sono una matematica e mi incuriosiva entrare in un contesto diverso. Per questo, insieme a Emiliano Degiorgi, fisico e insegnante di scuola secondaria di primo grado, abbiamo cercato di capire come la matematica si mette in relazione con le altre discipline, ma anche come le tante discipline utilizzano necessariamente la matematica nella loro dimensione quantitativa, provando a metterci nei panni dei ragazzi che a scuola avviano la loro formazione matematica e scientifica. Non tanto dal punto di vista della quantità di conoscenze che riescono ad accumulare e sperabilmente a elaborare, ma dal punto di vista dei loro modi di guardare il mondo: come si costruiscono quei modelli mentali che sono così importanti per la costruzione di un pensiero scientifico? Cosa aspettarsi dalla matematica? Come l'insegnante riesce a capire quello che i ragazzi non capiscono, raccordando tra loro i vari problemi connessi al linguaggio, alle rappresentazioni scientifiche, alla vita abituale? Ci sembra che questo punto non venga particolarmente curato, né sia particolarmente presente nella letteratura e nei libri a cui i ragazzi fanno riferimento nel loro studio. Io ho lavorato moltissimi anni con il maestro Manzi e per lui era fonda-



1. <https://youtu.be/CiuLRBUIfA>

mentale “imparare a pensare”, il suo obiettivo era come insegnare ai ragazzi a pensare. Ci sembra che questo sia un compito che la scuola sta invece trascurando. È stato detto in una quantità di seminari come la parcellizzazione in unità didattiche all’interno di una stessa disciplina porti al nozionismo, e tutti abbiamo esperienza di come sul sussidiario un argomento sia presentato in una coppia di pagine e poi, a seguire, spesso si trovi un argomento non collegato o addirittura completamente diverso. Così, attraverso i libri di testo, la scuola di oggi presenta un sapere costruito attraverso i nomi delle cose più che attraverso le relazioni tra aspetti di un fenomeno da interpretare. Basta pensare all’elenco delle nomenclature biologiche che dovrebbero garantire la conoscenza del funzionamento del corpo umano, o ai nomi delle proprietà delle operazioni nelle prime classi della primaria, spesso non compresi dai ragazzi proprio a livello linguistico. La scuola, poi, si impegna in una sorta di valutazione ossessiva con prove di ingresso e prove di uscita, poi di nuovo prove di ingresso nella classe successiva, prove a metà percorso... senza trovare più il tempo per insegnare o per parlare insieme di quello che si dovrebbe poi valutare. Sappiamo tutti, invece, che il pensiero ha bisogno di tempi lunghi per svilupparsi, ha bisogno di una sorta di processo che chiamiamo di metamorfismo mentale. Cioè, come nel metamorfismo geologico, le idee devono entrare in profondità nelle teste dei ragazzini, mescolarsi con le altre e poi riemergere modificate, alterate; proprio come le rocce metamorfiche che riemergono trasformate dopo la loro permanenza nel sottosuolo.

Se andassimo a guardare le modalità dell’insegnamento e dell’apprendimento, potremmo trovare anche delle relazioni didattiche palesemente scorrette. C’è bisogno di onestà reciproca. Serve che gli studenti sappiano essere onesti in quello che dicono e in quello che capiscono, senza fare finta di sapere per compiacere l’insegnante. Ma moltissimi insegnanti potrebbero essere molto più onesti nel loro insegnamento, cioè accorgersi che anche loro fanno finta di insegnare, quando quello che dicono diventa routine, pras-

si didattica per risparmiare tempo, disinteresse per i ragazzi e mancanza di impegno. È proprio la mancanza di onestà reciproca che rende il sistema scolastico così problematico e spesso così cervelotico. Un altro punto che secondo noi viene trascurato, e che troviamo estremamente importante, è la cura del passaggio dal concreto all’astratto. Non si tratta di far fare esperimenti più o meno semplici ma di indicare come, attraverso varie attività, i ragazzi possano procedere nella costruzione di modelli esplicativi densi di significato, procedendo lentamente nel non facile lavoro di costruire conoscenza scientifica correlando il sistema dei fatti al sistema di pensiero. La conoscenza è invisibile e avere accesso all’invisibile vuol dire non fermarsi all’evidenza concreta ma, per esempio, immaginare *relazioni* tra eventi, sviluppare *modi* di collegare eventi, utilizzare *strategie* di pensiero causali o le tante strategie che guidano il pensiero e che sono necessarie per capire quello che ancora non si conosce.

Costruire modelli della realtà

A scuola si possono portare i ragazzi a sviluppare *capacità di rappresentazione e modellizzazione* di fenomeni (quasi) quotidiani, imparando a pensare su cose da poco per riuscire poi a far crescere il pensiero sulle cose importanti. Bisogna sviluppare linguaggi capaci di esprimere questo pensiero, mentre sappiamo che le crocette dei test sono poco espressive da ogni punto di vista; ricordiamo che grandi pensatori e grandi filosofi ci hanno insegnato che “un modo di parlare è un modo di vivere”. E se si parla male, probabilmente si capisce anche male. Questo ovviamente è un problema importante a scuola.

Elaborare la costruzione di modelli è una delle più grosse difficoltà che i ragazzi si trovano ad affrontare, e le insegnanti non si accorgono di quanto la capacità di astrazione sia importante fin dai primi momenti di ogni apprendimento. Sembra che i modelli, o gli schemi, siano opera di grandi scienziati e non ci si rende conto che qualsiasi cosa che si arriva a conoscere, sia nella vita concreta sia nella vita scientifica, è sempre un modello di qual-

cos'altro: ogni modello di realtà corrisponde a un modo di pensare, a un modo di guardare il mondo. Dunque, la capacità di astrazione è un processo inevitabile, necessario per vivere, ma deve essere attentamente mediato dalla formazione scolastica. Perché se si spera che questa capacità si sviluppi attraverso l'automatismo, nel modo mnemonico con cui si ripetono quotidianamente pensieri altrui, la competenza scientifica praticamente non viene acquisita. Certo, per padroneggiare bene le potenzialità delle varie discipline sono necessari anche esercizi un po' noiosi, ma se uno sa a che cosa devono servire, si possono anche fare.

La necessità di fare modelli generali di realtà è difficile da comprendere, ma fin da piccoli si può cominciare a capire che quello che diciamo e quello che pensiamo sono astrazioni dai fatti, sono modelli dei fatti. I modelli *assomigliano* un po' alla realtà ma non proprio tanto.

E le stesse parole sono in realtà un modello degli oggetti a cui si riferiscono, *rimandano* all'idea delle cose e *la costruiscono* nei suoi tratti generali o particolari; ma le parole possono avere significati molteplici. I grafici e i disegni sono delle ben strane rappresentazioni della realtà, eppure ne rappresentano esattamente certi aspetti. La modellizzazione, non imposta didatticamente ma didatticamente costruita con attenzione e pazienza, diventa lo strumento chiave per ogni interpretazione scientifica. L'elaborazione di ogni modello richiede i suoi strumenti (da un fornello ad un microscopio elettronico...) le sue modalità di rappresentazione (una foto, un filmato, un grafico costruito matematicamente), le sue concettualizzazioni (misura, proporzionalità, andamenti, relazioni causali costruite sulla base di un semplice se... allora). È divertente pensare che mentre tutti si immaginano che la scienza si occupi di fatti e fenomeni concreti, in realtà la scienza si occupa di dare interpretazioni e rappresentazioni astratte dei fatti concreti; e non bisogna confondere la rappresentazione con la realtà.

Per capire questo ci vuole studio, attenzione e pazienza. Ed è importante anche fare il passaggio inverso: attraverso il modello, attraverso il

grafico che realtà si riesce a vedere? Io certe volte immagino che attraverso il modello si riescano a vedere, come in trasparenza, aspetti di realtà, e che sia così possibile rivedere, seppur deformati, i fenomeni cui il modello si riferisce e le trasformazioni che li coinvolgono. Il progressivo passare dal visibile al mentale e dal mentale al concreto visibile è un'operazione concettuale molto delicata, molto raffinata, ma per la scuola occuparsi di questo sembra proprio una perdita di tempo... Proprio per la loro parzialità i modelli possono imbrogliare: come si fa ad accorgersi che un modello non rappresenta quello che sembrerebbe ovvio e, solo guardando meglio, ci si accorge che rappresenta un'altra cosa? I possibili errori di interpretazione danno un'idea di come, a volte, si prende la rappresentazione semplificata come se fosse la realtà, dimenticando che nella realtà c'è una profondità e una vastità di sguardo che la rappresentazione non riesce a mettere in evidenza.

Nel delicato processo di formazione, l'impegno comune delle discipline è quello di aiutare i ragazzi a capire e a pensare, a elaborare modelli personali che potranno confluire in più complessi modelli scientifici. Bisognerà rendersi conto della varietà e qualità delle interazioni/relazioni che legano un evento ad un altro, immaginare strutture in cui sia possibile individuare lunghe o brevi catene causali, trovare linguaggi o altre modalità di rappresentazione per renderle evidenti a chi non è ancora capace di vederle. La semplificazione è utile solo quando ci si rende conto che ogni modello – ogni esperimento – è solo un piccolo ingrandimento di un frammento selezionato di un quadro molto più complicato. Così in biologia la fragilità e la complessità del sistema vivente non può essere ridotta ad accurate nomenclature dell'apparato digerente ma può meglio essere rappresentata dalle relazioni tra diversi livelli di complessità; o le caratteristiche fisiche del moto senza attrito, straordinariamente al di fuori di ogni esperienza, non possono essere ridotte ad una semplice rappresentazione grafica ma possono (e devono) essere corroborate dalla percezione corporea del movimento.

Gli specifici “modi di guardare il mondo” delle diverse discipline portano a diverse modalità di modellizzazione, ma al fondo resta sempre quella che è in realtà una falsa speranza. Si spera cioè che possa esistere un modello comprensivo, un modello totale che possa rappresentare “tutto”. Invece i modelli sono frammentari e parziali, e di solito riguardano pezzettini, aspetti dei fatti; questa è la differenza infinita tra il modello e la realtà. Sono state dette molte frasi significative (che talvolta sono diventate luoghi comuni) tipo “la mappa non è il territorio, il territorio non è la mappa”, che indicano complessivamente che la rappresentazione non è la realtà. Eppure, anche parlando, passiamo continuamente dall’astratto linguistico al concreto fattuale, e questo funziona, perché sappiamo bene come non prendere la realtà per la sua rappresentazione o la rappresentazione per la sua realtà. Provate a pensare alle esperienze di galleggiamento fatte con i bambini: come è possibile immaginare di pensare che, mettendo un pezzo di pongo nell’acqua, si riesca a capire come mai navi immense galleggiano e che, nella loro immensità, galleggiano così bene. Come fa il pezzettino di pongo non completamente appiattito a rappresentare la nave, come fa il pezzettino di pongo che non va a fondo ad essere un modello che fa capire come la nave non vada a fondo, e “dimostrare” che la ragione di questi due

galleggiare è sostanzialmente la stessa. L’efficacia del modello è abbastanza importante. L’esigenza epistemologica dell’insegnante porta non solo a conoscere e analizzare le esperienze concrete, ma a sviluppare sensibilità e conoscenza per capire cosa non si capisce, per capire come i ragazzi non capiscono.

Modi di guardare e variabili

Bisognerebbe ragionare sulla dialettica tra capire e non capire e su come, a partire da esperienze piccolissime e parziali, si possa costruire una conoscenza auto consistente di vasto potere interpretativo, e non sia frammentata come i dischetti di legno nel sacchetto della tombola, che sopra hanno tutti dei bellissimi numeri ma tutti perfettamente indipendenti l’uno dall’altro.

L’aver cura del pensiero non vale solo per i bambini piccoli. Vale anche per la scuola superiore, con persone che sembrano grandi e ragionevoli. È necessario che la scuola, oltre a istruire, abbia cura del modo di pensare dei ragazzi, abbia cura delle loro idee, del loro sviluppo di conoscenze, dando loro la possibilità di trasformare le cose che vedono, che leggono, o che fanno in un sapere più ampio e comprensivo, che serva effettivamente nella vita per rendersi conto dei fenomeni del mondo. Certo, le discipline sono diverse ed è importante che ognuna abbia la sua competenza

specificata, però è anche importante riconoscerne le sovrapposizioni e le intersezioni, sia metodologiche sia nelle strategie cognitive di base, per non dare ai ragazzi un’immagine di mondo frammentario e sordinato. Dei ragazzini di 4^a elementare rappresentano con disegni il loro modello di aria (Fig. 1). Spesso si dice che siccome l’aria è invisibile, i ragazzini non possono neppure immaginarla. Guardate invece che c’è chi la immagina in particelle divise, o chi ne im-



Fig. 1: modelli di aria

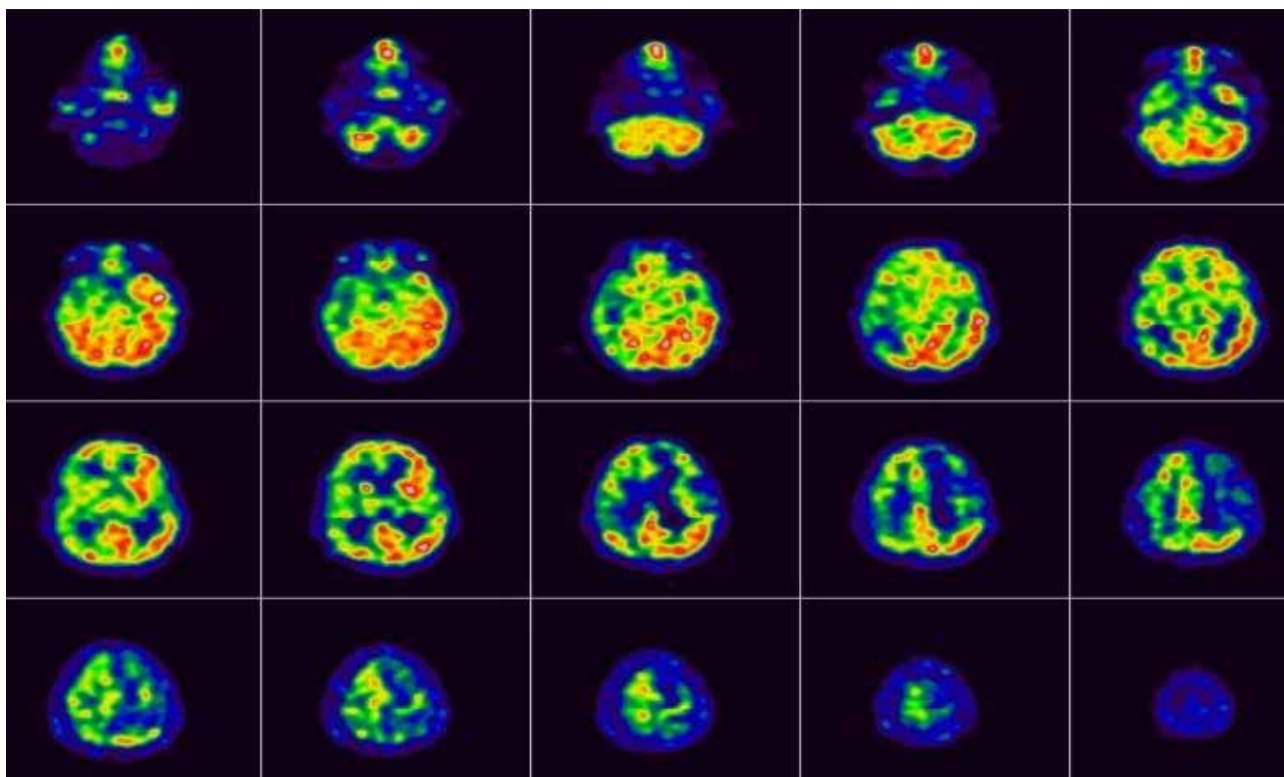


Fig.2 Immagini di sezione del cervello sotto stimolazione sensoriale (Neuroimaging).

immagina una struttura complessa: le particelle sono legate tra loro non con ganci ma con fili quasi invisibili, formando una rete continua. Il fatto che l'aria sia invisibile è indicato, in tutti i disegni, con il simbolo della lente d'ingrandimento, perché i bambini sanno bene che bisogna ingrandire molto quello che non si vede. Quindi se ragazzini di 4^a elementare sono capaci di vedere "l'invisibile", è importante che questa capacità non venga perduta.

Studi di *neuroimaging* mettono in evidenza le zone in cui si verificano le attivazioni cerebrali in relazione a stimoli controllati (Fig. 2). Quindi ci si potrebbe domandare, provocatoriamente, se sia possibile far sviluppare, attraverso l'insegnamento, le macchie che rappresentano la risposta del cervello al pensiero scientifico e alla matematica. Perché se non si sviluppano le macchie e ci si ferma soltanto alle parole o alla ripetizione del sussidiario, il discorso resta sterile e si dimentica facilmente mentre, se si sviluppa una macchia, probabilmente la conoscenza resta più stabile, soprattutto più integrata con le altre e più significativa.

La matematica si propone come un sistema che faccia da ponte tra discipline diverse e quindi deve inventare sistemi simbolici che colleghino i diversi aspetti del mondo. Però, secondo me, alcune cose devono essere molto esplicitamente chiarite. Che cosa viene veramente simbolizzato, per esempio nel conteggio, e come si riesce a capire che certi simboli rappresentano azioni di vita quotidiana? Forse fin dalla scuola dell'infanzia molti significati potrebbero essere approfonditi con maggiore cura. I fisici modellizzano per mezzo di grafici, su piano cartesiano, alcuni aspetti di realtà, i chimici usano altri formalismi, e i biologi altri ancora. Si possono guardare le differenze e le somiglianze cercando modalità di contaminazione e sovrapposizione tra le diverse discipline soprattutto ragionando su come vengono rappresentati cambiamenti e trasformazioni. In un modo o in un altro i modelli permettono strategie di confronto tra i diversi "succedere" dei fenomeni, e per capire meglio è importante non solo ragionare sui diversi contenuti disciplinari ma, soprattutto, sulle strategie che servono per interpretarle. Si possono di volta in volta

privilegiare strategie di confronto oppure strategie di relazioni causali. Come scegliere? Come fanno i fisici a individuare le variabili importanti? Nel percorso didattico è importante capire cosa guida le scelte: i *modi* di guardare un fenomeno portano a scegliere le variabili che devono essere considerate, mentre molte altre devono essere trascurate.

A partire dalla percezione delle qualità /proprietà degli oggetti, fin dalla scuola dell'infanzia, si può gradualmente costruire l'idea di variabile in senso fisico, e qui, secondo me, possono cominciare le difficoltà dei ragazzi. I passaggi che portano dalle percezioni alla misura sembrano facili, ma non è proprio così. Tra l'altro esistono misure che non sono solo misure di lunghezza (quelle privilegiate didatticamente), e non sempre a scuola si lavora sulle misure di peso o (in casi molto raffinati) su misure di trasparenza o di luminosità. C'è a monte il problema generale di come si danno numeri alle variabili (lunghezze e non lunghezze), e come si passa dalla misura alla rappresentazione dei dati sullo spazio. Si deve riuscire a capire il significato della formalizzazione, e capire come la matematica permette di mettere in evidenza la forma dei fenomeni. Per esempio, è possibile cominciare a rappresentare la variabilità delle variabili, dando una forma simbolica alle semplici percezioni di *più* e *meno*, di maggiore di... o minore di... sia in senso statico (è di più) o in senso dinamico (diventa di più). Lo spazio di un foglio diventa il grande palcoscenico su cui le variabili rappresentano le loro relazioni, è lo sfondo per i modelli iniziali. Per cominciare, semplicemente alzando o abbassando le mani (con i gesti di un direttore d'orchestra per variabili) si può indicare come la variabile diventi-di-più o diventi-di-meno; poi a questi cambiamenti si possono far corrispondere segni grafici, prima soltanto arbitrari e poi sem-

pre meglio definiti, strutturandoli attraverso misure e infine rappresentandoli su un piano cartesiano. (Fig. 3 e 4). Queste sono forme date da bambini al cambiamento della fame durante la giornata e al cambiamento dell'arrabbiatura della mamma durante la giornata.

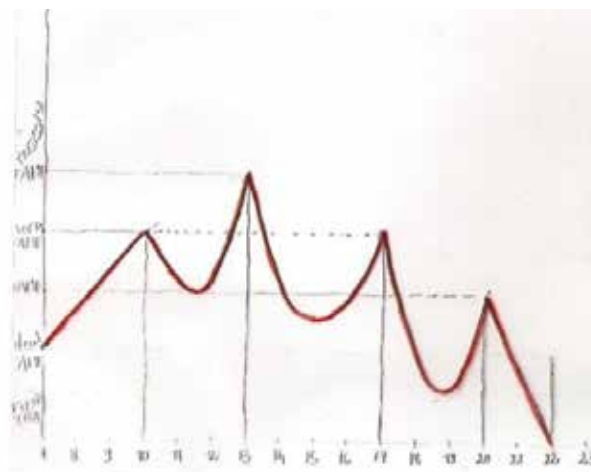


Fig. 3: grafico della fame

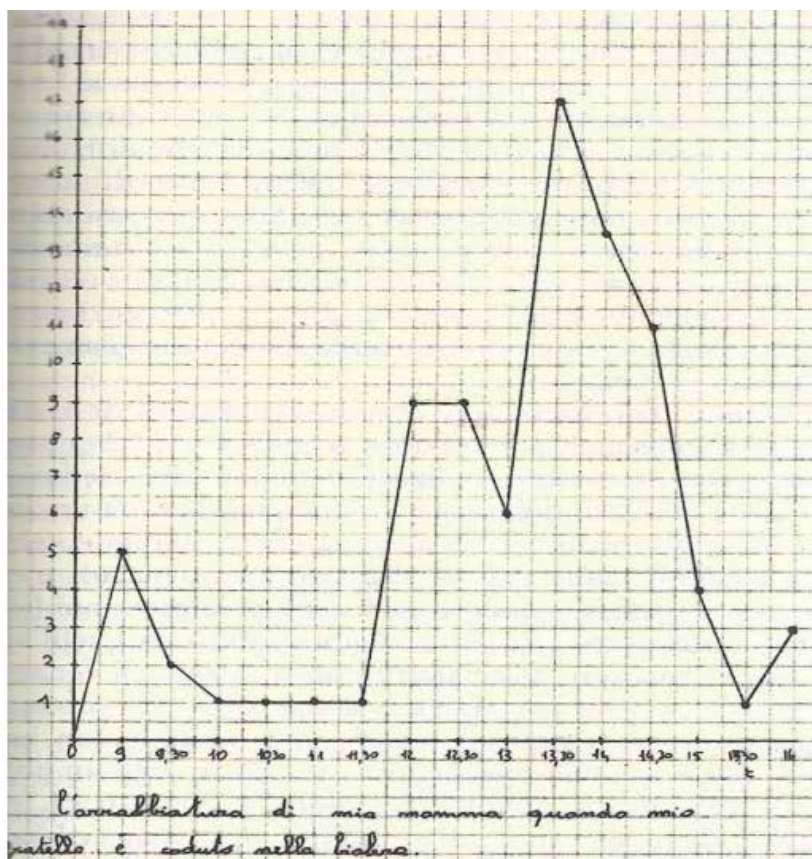


Fig. 4: grafico della rabbia

Si comincia con forme semplici, che rappresentano con evidenza un crescere e un diminuire nel tempo, ma bisogna gradualmente orientare pensiero e rappresentazioni a passare da andamenti temporali ad andamenti causali.

Dall'esperienza alla formalizzazione matematica: le difficoltà dei ragazzi

Si dice che il piano cartesiano rappresenta uno spazio astratto, ma come si costruisce uno spazio astratto? Cosa significa? Sì, per ricordare una esperienza che si immagina condivisa dai ragazzi si dice che è un po' come a battaglia navale solo che sono punti invece che quadretti... O cose del genere. Come si fa a capire se i ragazzi hanno capito il significato potente di questo tipo di rappresentazioni? Alcune domande potrebbero mettere in evidenza importanti difficoltà di base, aiutando gli insegnanti a riflettere se, nella loro pratica, riescono a superarle.

Che cosa sono gli assi che rappresentano le variabili? Com'è possibile immaginare che una variabile sia un asse? Com'è possibile immaginare che cosa rappresentano i punti nello spazio? Com'è possibile che la continuità di una linea rappresenti l'andamento di un fenomeno? E poi, come fa una linea su un piano (sia pure speciale) a rappresentare l'andamento di una variabile in funzione di un'altra variabile (compreso il tempo)?

Molte cose vengono troppo spesso date per scontate in maniera superficiale ma è su queste che il pensiero dei ragazzi poi spesso si blocca, o cade nelle procedure di soluzione automatica.

È anche importante prendere spunto da quello che i ragazzi sanno benissimo, che è parte della loro esperienza, e trasformarlo in concetti interpretativi potenti. Riflettiamo ancora una volta sulle parole. I bambini anche piccolissimi dicono: *più tiro l'elastico più si allunga*. L'insegnante sa vedere in questo un abbozzo di pensiero proporzionale trasformando questa frase in: *se tiro poco si allunga poco, se tiro di più si allunga di più*, trovando correlazione causale tra il tirare e l'allungarsi? E con i più grandi si può ancora trasformare l'esperienza in una specie di esperimento per vedere se è vero che: *se metto peso "uno" l'elastico*



Fig. 5: Molle diverse, allungamenti diversi.

si allunga di un po' e se metto peso doppio l'allungamento potrebbe essere doppio. La costanza dei modi di succedere, trasformata in tabella e poi in grafico, contribuisce a visualizzare la proporzionalità tra peso e allungamento, la formalizzazione permette di vedere la forma dell'allungamento. E a scuola sono innumerevoli e necessarie le possibili proposte di *esperienza-esperimento* in cui lo stesso "modo di succedere" dei fatti può essere ritrovato e sovrapposto (sia come concettualizzazione che come formalizzazione) a quello visto per pesi e allungamenti. (Figg. 5, 6 e 7).

L'idea che le forme matematiche rappresentano le forme del succedere degli eventi è veramente importante, anche se non è affatto evidente come una rappresentazione matematica possa rappresentare un aspetto di realtà. Attraverso una varietà di esperienze si riesce a vedere (e a capire) che una stessa forma di linea su un piano spazio-tempo può rappresentare un modo di camminare, su un piano peso-volume rappresenta un modo di galleggiare, su un piano tempo-panini rappresenta la fame durante la giornata. Si stabilizza così un'idea di pen-

siero proporzionale, attraverso un grafico capace di descrivere una varietà di fatti diversi. La retta sul piano non riguarda la loro diversità (a questo pensano le coordinate) ma il loro stesso modo di succedere. E questa è una delle concettualizzazioni più importanti che la scuola possa dare ai ragazzi. In sintesi, la formalizzazione matematica permette di mettere in evidenza una stessa forma di comportamento in fenomeni diversi studiati nella loro specificità da discipline diverse. Non si tratta di banalizzare in esercizietti le relazioni tra fisica e matematica, tra matematica e biologia, tra biologia e fisica e chimica... e storia,

ed epistemologia... ma di uscire dallo specifico disciplinare per costruire su basi matematiche delle modalità interpretative per alcuni (pochi o tanti non si capisce) aspetti del mondo.

Concludiamo ribadendo la necessità di imparare a pensare, sul fatto che ci sono idee grandi che possono connettere i vari saperi disciplinari, che ci sono modi di ragionare comuni a diversi contesti, che ci sono strategie cognitive utili per comprendere le diverse situazioni e che su questi “dati di fatto” la scuola può costruire un sapere stabile, intelligente e, soprattutto, capace di crescere ed espandersi in conoscenze più ricche e più comprensive. ●

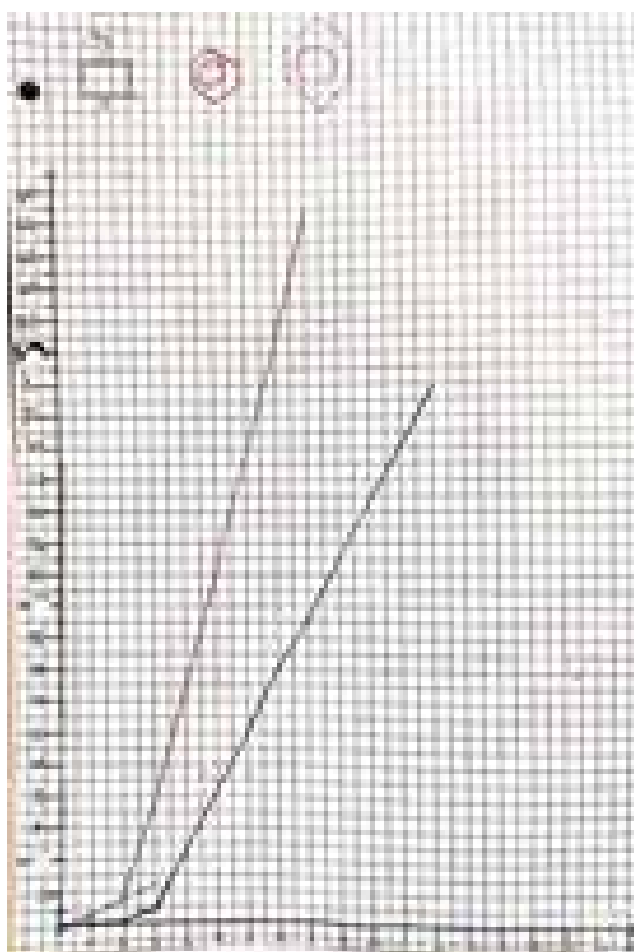


Fig. 6: Grafico fatto a mano dell' allungamento di due diverse molle in funzione dei pesi aggiunti (classe II, Scuola Secondaria di I Grado)

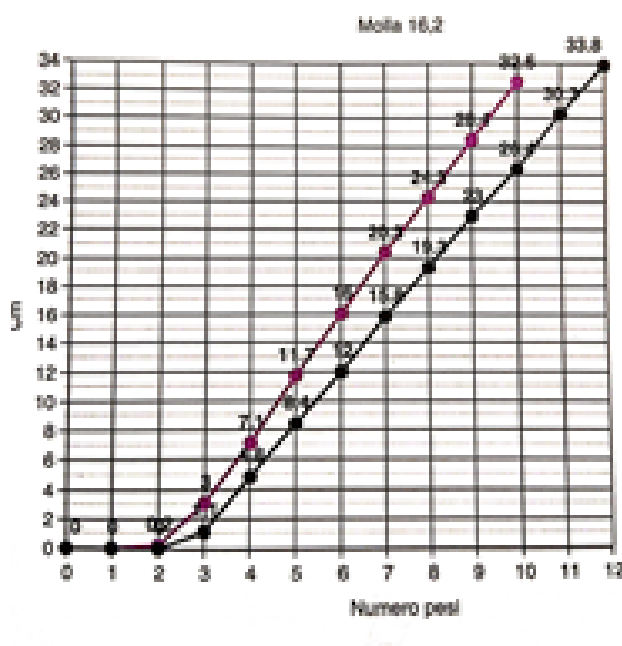


Fig. 7: Grafico al computer. Il programma usato è: nces.ed.gov/nceskids/creategraph/

Quale educazione matematica al nido e all'infanzia?

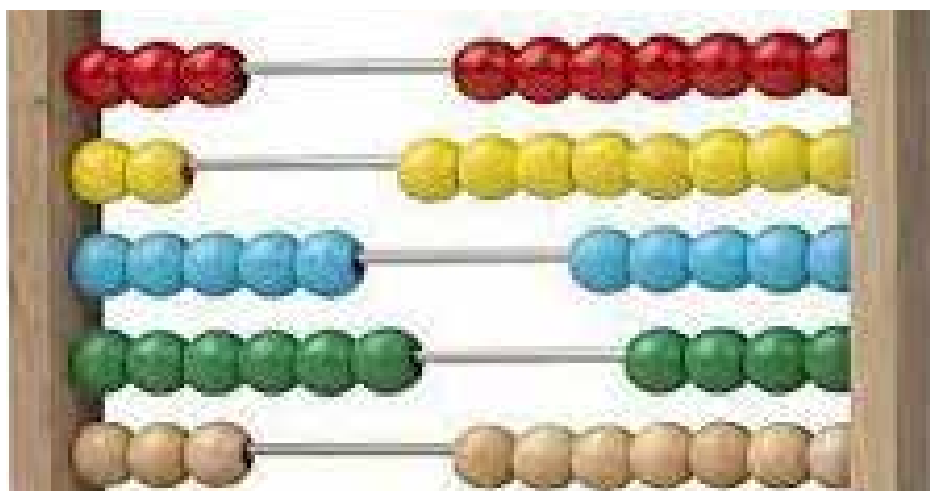
Lucia Stelli

The book *Mathematics 0-6* edited by Maria G. Bartolini Bussi, full professor of Mathematics Education at the University of Modena and Reggio Emilia, and two pedagogical coordinators, Patrizia Rilei and Francesca Botti, is an authentic innovation in the mathematic education research. It collects the main results of a research-training process over a six-year period in infant-toddler centers and kindergarten in the Municipality of Modena and explains how we can talk about mathematics as knowledge to teach in the 0-6 segment.

Keywords: *Teaching mathematics, Mathematic education research*

Frutto di un lavoro collettivo, il libro *Matematica 0-6*, edito da Utet Università, fa parte della collana "Nuove Convergenze" curata dall'Unione Matematica Italiana (UMI) e la sua Commissione Italiana per l'Insegnamento della Matematica (CIIM). E' pertanto un prezioso contributo alla qualità del fare scuola, rivolto principalmente agli insegnanti del nido e dell'infanzia. Vengono infatti forniti dispositivi concettuali e paradigmatici teorici per proporre contesti di apprendimento e scoperta in modo non casuale e pervenire a una progettualità sempre più intenzionale, tesa a integrare, armonizzare e valorizzare esperienze tradizionalmente considerate come percorsi separati dei due servizi. La figura di insegnante che viene a delinearsi è quella di un professionista in campo educativo, che indipendentemente dal fatto che lavori nello 0-3 o nel 3-6, ha un atteggiamento di ricerca e si pone domande che gli consentono di leggere e interpretare i processi che i bambini compiono. Al contempo è in grado di raffinare la propria conoscenza sull'infanzia per riprogettare in un'ottica di continuità i contesti di scoperta dei bambini e le possibili piste di indagine che li accompagnano. Tutto il percorso formativo si basa su una doppia solidità scientifica, quella teorica della ricerca universitaria e quella esperienziale di sperimentazione di pratiche in contesti educativi.

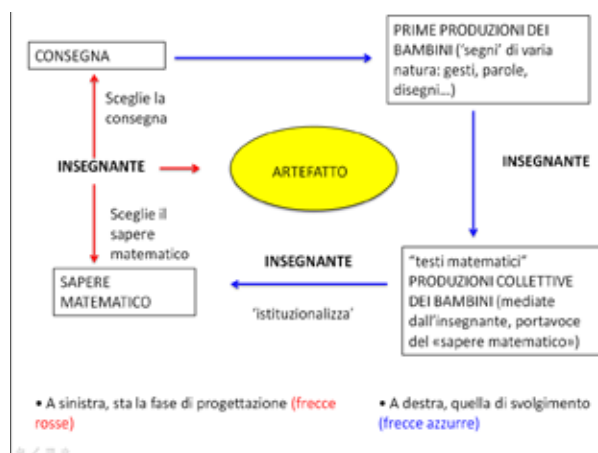
Proprio per mettere in relazione questi due aspetti la professoressa Bartolini Bussi illustra nel primo capitolo del libro il modello teorico Vygotskiano della *mediazione semiotica* alla base del processo di insegnamento-apprendimento. Il sostantivo *mediazione* si riferisce ad un processo che include i seguenti partecipanti e circostanze:



1. qualcuno che media, il *mediatore*;
2. qualcosa che viene mediato, il *contenuto della mediazione*;
3. il *ricevente* a cui la mediazione apporta qualche differenza;
4. la *circostanza* della mediazione;
5. i *mezzi* della mediazione, la modalità;
6. il *luogo* in cui la mediazione può avvenire.

L'aggettivo *semiotica* si riferisce invece al processo di interiorizzazione che ha la propria base nell'uso dei segni, principalmente il linguaggio naturale ma anche ogni tipo di segni, dai gesti a quelli più sofisticati del linguaggio matematico. Al centro della mediazione semiotica sta l'*artefatto*. La parola *artefatto* in matematica evoca strumenti fisici dell'aritmetica e della geometria ad alta manipolabilità. Sono esempi di artefatti gli ambienti virtuali, i testi e oggetti fisici quali le dita, il Lego Duplo, il pallottoliere gigante, il robot Bee-Bot, i calendari...

Non deve confondere il fatto che l'artefatto sia al centro dello schema perché è l'insegnante che orchestra l'intero processo di mediazione. L'artefatto, scelto come ambientazione delle consegne e quindi come mediatore per accedere al sapere di riferimento, diventa uno strumento di cui l'insegnante dispone per attuare il processo di mediazione semiotica. L'insegnante assume dunque un ruolo decisivo di mediazione sia nella progettazione

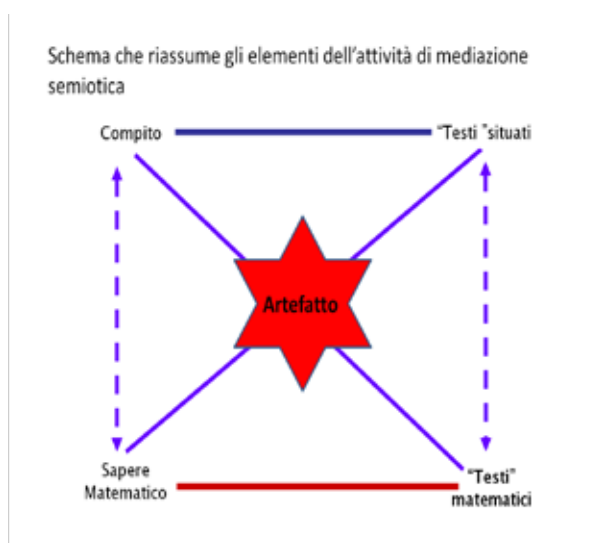


Fase di progettazione (freccie rosse) e fase di svolgimento (freccie azzurre)

dell'attività che durante il suo svolgimento. Nella progettazione l'insegnante deve compiere scelte oculate per individuare l'artefatto funzionale allo scopo, i compiti e le consegne da proporre, gli elementi del sapere matematico in gioco. Nel progetto per la scuola dell'infanzia non sono escluse libere esplorazioni, ma l'attenzione è posta soprattutto sulle attività guidate. Le scelte operate non sono frutto dell'improvvisazione, ma vengono progettate prima dell'ingresso in classe, in una situazione rilassata, con l'aiuto di colleghi e di risorse bibliografiche affinché tutto sia pronto prima dell'intervento dei bambini e l'insegnante possa gestire la ricchezza delle loro risposte orientandole verso la costruzione di significati matematici.

Potrebbe sorprendere che si parli di matematica come sapere da insegnare nel segmento zero-sei, per questo viene subito precisato che le Indicazioni nazionali 2012 per la scuola dell'infanzia contengono il sottocampo specifico *Numeri e Spazio* de *La conoscenza del mondo*, e che la matematica a cui si fa riferimento è piuttosto un qualsiasi sistema per trattare gli aspetti quantitativi, relazionali e spaziali dell'esperienza umana, denotati con l'acronimo *QRS* (*Quantitative, Relational, Spatial*). Nel progetto sono state messe a punto le buone domande per l'approccio ad ogni artefatto:

- Che cos'è?*
- Come è fatto?*
- Che cosa fa?*
- Perché lo fa?*



Schema che riassume gli elementi dell'attività di mediazione semiotica

Il libro riporta un ampio repertorio di esperienze con incluse le conversazioni svolte nelle varie sezioni, dalle quali si intravede come le risposte dei bambini, talvolta sorprendenti, alle provocazioni degli insegnanti, costituiscano la pista per la sistemazione dei concetti matematici in gioco. Ecco a titolo di esempio la risposta di un bambino durante un'attività con l'ape-robot alla richiesta dell'insegnante "Che cos'è la misura? *La misura è tipo l'ape: è grande 6 centimetri e poi l'ape è più piccola di me che io sono alto 8 cm.*

Fra tutte le esperienze riportate nel libro appare particolarmente significativa quella del "tubo del tempo", descritta alla fine del primo capitolo nell'Appendice 1. Si tratta di un artefatto inventato e perfezionato nel corso degli anni dalle insegnanti delle scuole dell'infanzia.

Consiste in un cilindro aperto nella parte superiore, costruito con materiale trasparente flessibile, un foglio di plexiglas ad esempio. Il tubo, con un diametro di circa 20 cm, fissato su una base che possa contenerlo, raccoglie giornalmente i fogli appallottolati di un calendario a strappo. I bambini, mentre giocano tutte le mattine per pochi minuti col tubo del tempo, usano anche un linguaggio metaforico, si mettono a raccontare il passato, il presente, il futuro: *"I giorni che non sono ancora passati sono dietro, sono tutti attaccati uno dietro l'altro e non li vedi...non li vedi*

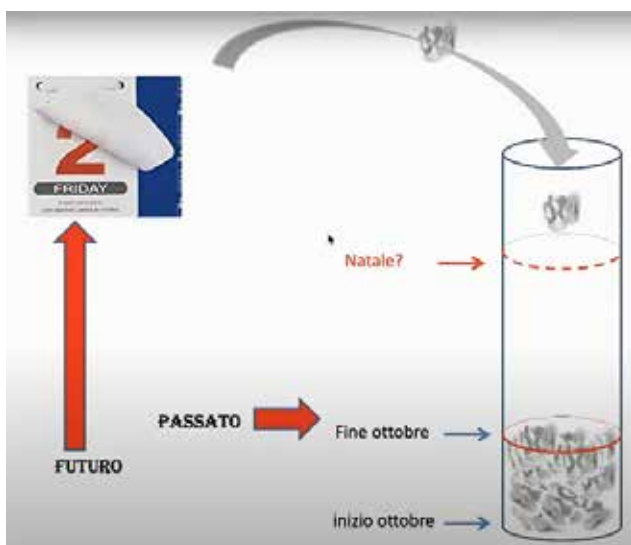
perché devono ancora venire."

Il calendario mensile invece, permette di vedere il tempo passato, il tempo presente e il tempo futuro ed è quindi un artefatto che favorisce il conteggio dei giorni. Entrambi i calendari concorreranno alla raffigurazione visiva del tempo che passa e all'analisi dei rapporti di relazione tra passato e futuro.

Dal punto di vista matematico l'attività del tubo del tempo introduce l'idea di stima, cioè una valutazione approssimata di quantità. Per rispondere infatti alla domanda: "Oggi siamo alla fine di ottobre e il livello delle palline del tempo è rappresentato da questa linea, dove sarà il livello quando saremo a Natale?" i bambini devono fare una congettura e naturalmente questa congettura potrà essere verificata dopo parecchio tempo, perché fra la fine di ottobre e Natale intercorrono quasi due mesi. Il compito non è facile, ma ha anche la caratteristica interessante di abituare i bambini ai processi di lungo termine. Molto spesso le attività coi bambini piccoli finiscono invece in una giornata; si dà la consegna poi si vede quello che succede, l'insegnante gestisce la discussione e poi la cosa risulta essere finita, mentre questa è un'attività che viene ad articolarsi in parecchi mesi.

Inizialmente pensato per la sezione dei 5 anni, questo artefatto che sostiene il pensiero riflessivo e creativo, è stato ben presto introdotto anche nelle sezioni di 4 anni e talvolta dei 3 anni, ovviamente prevedendo un utilizzo differenziato e specifico per ciascuna sezione.

Per quanto riguarda i nidi, lo sviluppo in questa fascia d'età verso significati matematici è problematico, vista la presenza ancora incerta del linguaggio. Quella che viene qui proposta è un'attività con le farine descritta nell'Appendice 2 del primo capitolo. È interessante perché favorisce nei bambini la conoscenza di proprietà quali liscio, ruvido, fine, grosso...e può portare a sperimentare l'idea di *contenere* attraverso l'offerta di contenitori di diverse misure e di altri oggetti come setacci, cucchiaini, imbuti, bastoncini, cannuce. Nella maggioranza dei casi viene proposta la farina gialla, meno allergenica e volatile di quella bianca.



Il tubo del tempo

L'invito rivolto alle educatrici è quello di osservare i gesti che i bambini compiono con le mani, il corpo (fini, grossolani, asimmetrici, simmetrici...) e con gli artefatti messi a disposizione proponendo anche giochi del tipo dentro/fuori, prima/dopo. Si suggerisce anche la possibilità di sperimentare diverse modalità di presentazione della farina: a terra su un telo, nei sacchetti, sui tavoli, su fogli colorati, dentro una cassetta, sulla lavagna luminosa...

La farina sparsa sul pavimento sostiene l'esplorazione con tutto il corpo, mentre quando è sparsa su teli scuri sollecita più facilmente attività di tracciamento. Il segno che resta tracciato sulla farina è, nei più piccoli, frutto di un movimento esplorativo solo parzialmente controllato, ma



Segni nella farina

man mano che crescono, i bambini scoprono di poter controllare il proprio gesto e il segno che viene lasciato diventa via via più intenzionale.

Il secondo capitolo del libro prende le mosse dal dibattito sulle prospettive culturali dell'educazione matematica avviato dal matematico inglese Alan Bishop, ed è dedicato alle sei attività fondamentali riconoscibili nella cultura umana. Si tratta di attività che svolgono per la matematica il ruolo che l'attività del comunicare svolge nell'acquisizione del linguaggio: contare, misurare, localizzare, progettare, giocare, spiegare.

Motivate dai bisogni vitali della specie umana, ciascuna attività contribuisce a sviluppare una

tecnologia simbolica (i numeri, i sistemi di riferimento, le unità di misura, le forme, il ragionamento, l'argomentazione, le regole) e caratterizzano ciò che comunemente chiamiamo matematica. Per ciascuna delle sei attività, sono presentate separatamente per il nido e per l'infanzia alcune esperienze e testimonianze raccolte sempre nelle scuole del Comune di Modena.

Un esempio per il *contare* è l'attività "Quanti anni hai?" il cui intento è avvicinare i bambini al numero, al contare e alla corrispondenza biunivoca. L'insegnante domanda a ciascun bambino quanti anni ha, ne registra le risposte e lo invita a mostrare la sua età con richieste del tipo: "Prendi tanti tappi quanti sono i tuoi anni", "Metti le candeline sulla torta"...

Per il *localizzare*, l'uso del corpo e degli oggetti costituisce il punto di partenza al nido per l'esplorazione e la conoscenza dello spazio-sezione. Negli anni successivi l'esplorazione si estende al macrospazio e al megaspazio. La realizzazione di una mappa della sezione, della scuola, del giardino, offre sviluppi coinvolgenti, così come le cacce al tesoro, le visite a musei o le uscite in città.

Riguardo alla terza attività universale del *misurare* vengono proposte attività con contenitori vari per favorire il confronto fra dimensioni diverse, riempire spazi, favorire il gioco dei travasi. Successivamente possono essere presentate situazioni problematiche che portino all'utilizzo di unità di misura non convenzionali quali pezzi di corda, legnetti, contenitori, sassi... Tenendo poi conto che le qualità delle cose che si possono misurare sono diverse, può essere predisposto in sezione un angolo della misura arricchito con bilance, orologi, misurini... Come sempre sarà l'insegnante a problematizzare la situazione stimolando i bambini alla ricerca di soluzioni.

Progettare riguarda l'attività di produrre forme utilizzando oggetti dell'ambiente, ideare storie, effettuare rappresentazioni. La costruzione di clessidre ne costituisce un esempio. Viene infatti descritto come con bambini di 4 anni è stata progettata e costruita una clessidra con bottiglie di plastica e sabbia per rispondere al bisogno di mettersi d'accordo sul tempo di permanenza

sull'altalena. Una bambina aveva suggerito di utilizzare una miniclessidra presente in sezione, che però avendo la durata di un minuto, scandiva un tempo ritenuto troppo breve. L'insegnante ha colto al volo l'opportunità di proporre ai bambini la costruzione di clessidre con tempi di durata maggiori.

Per l'attività del *giocare* un bell'esempio, a partire dai tre anni è il gioco dell'oca inizialmente costruito sul pavimento della sezione per l'uso del corpo. L'insegnante attraverso brevi conversazioni aiuta i bambini a costruire un dado gigante e alcune regole del gioco che con il procedere dell'età si articolano sempre più.

Tra gli esempi dell'attività di *spiegare* è ben documentata quella denominata "Cosa fa il Bee-Bot", finalizzata a comprendere il funzionamento di un artefatto tecnologico che richiede la capacità di programmazione e spiegazione del funzionamento. L'insegnante presenta ai bambini



il Bee-Bot

il Bee-Bot e ne consente la libera esplorazione, successivamente attraverso le quattro domande chiave sull'artefatto, cerca di arrivare a programmare un percorso. Tutto ciò favorisce la ricerca di una soluzione comune e la negoziazione dei singoli convincimenti, rende inoltre i bambini consapevoli della necessità di simbolizzare i percorsi attraverso segni convenzionali per poterli condividere con gli altri.

Nel terzo e ultimo capitolo sono presentate alcune attività sperimentate in continuità tra scuola

dell'infanzia e scuola primaria.

La ricca documentazione, oltre a offrire molti spunti di lavoro, conduce a riflettere sul fatto che al di là del raggiungimento delle autonomie personali quali mangiare, andare in bagno, lavarsi le mani..., è irrinunciabile incentivare e sostenere quelle condizioni che consentono ai bambini di diventare autonomi esploratori del mondo, curiosi e tenaci ricercatori dei perché che lo governano. Ma per sostenere la curiosità dei bambini è necessario che anche l'adulto mantenga le proprie curiosità e il proprio stupore per i contributi portati dagli stessi bambini. Solo così potrà sollecitare le loro domande e utilizzerà proficuamente l'eventuale e inevitabile errore. Sono tutti aspetti che devono rientrare in una progettazione intenzionale dell'adulto volta a un'effettiva autonomia di pensiero e per questo la lettura del libro è di grande supporto per gli educatori e di grande interesse per chiunque abbia a che fare con i bambini. ●



Hanno collaborato a questo numero:

Maria Arcà ha svolto ricerche in Biologia Molecolare presso l'Università e il CNR di Roma. Si è occupata degli aspetti cognitivi ed epistemologici nell'insegnamento delle scienze; ha svolto attività di formazione per insegnanti della scuola di base; ha pubblicato articoli e testi in Italia e all'estero.

Angelo Baracca, professore a riposo dell'Università di Firenze, fisico e storico della scienza, da decenni è impegnato nei movimenti ecopacifisti. In particolare si è impegnato nelle lotte contro i programmi nucleari e per il disarmo nucleare. Dal 1995 ha condotto una collaborazione scientifica con Cuba.

Gianni Battimelli è stato ricercatore e poi docente di Storia e Didattica della Fisica presso il Dipartimento di Fisica della Sapienza di Roma. Autore di numerosi lavori di ricerca sulla storia della disciplina, in particolare sulla storia della fisica italiana e delle sue istituzioni, ha curato la raccolta degli archivi personali di personalità di rilievo della fisica italiana, depositati presso la biblioteca del Dipartimento.

Giulio Bernardi è ricercatore in Neuroscienze Cognitive presso la Scuola IMT Alti Studi di Lucca. Medico di formazione, dottorato in Neuroscienze presso l'Università di Pisa, ha lavorato presso centri di ricerca negli Stati Uniti e in Svizzera. Nel 2020 ha ottenuto un ERC Starting Grant, finanziamento europeo per giovani ricercatori, con lo scopo di esplorare nuove metodiche per la modulazione non invasiva del sonno e dei sogni.

Matej Brešar è Professore di matematica presso le Università di Lubiana e di Maribor. Il suo principale campo di ricerca riguarda l'algebra non commutativa e le sue applicazioni. È autore di oltre 170 articoli specialistici e di quattro libri pubblicati da Springer Nature. È membro dell'Accademia Slovena delle Scienze e delle Arti.

Marco Buiatti, neurofisico, responsabile tecnico dei laboratori di neurosviluppo del CIMeC (Università di Trento). Formazione in Fisica dei Sistemi Complessi (Università di Pisa), Master in Neuroscienze Computazionali (University College London), dottorato in Neuroscienze Cognitive (Université Paris 6). Ha contribuito a descrivere i meccanismi neurali alla base di varie funzioni cognitive quali l'apprendimento del linguaggio e la lettura con lo sviluppo di analisi innovative di dati elettrofisiologici.

Emiliano Degiorgi, laureato in fisica è insegnante di matematica e scienze in una scuola secondaria di primo grado. Collabora con il progetto di didattica della scienza del CNR coordinato da Maria Arcà. Ha pubblicato libri per insegnanti e svolto attività di formazione.

Alessia Fallocco, dopo aver conseguito il diploma scientifico si iscrive alla facoltà di Filosofia presso l'Università di Roma La Sapienza, dove matura grande interesse per la Filosofia della Scienza e consegue una laurea con lode in Etica Ambientale.

Fabio Fantini, già docente di Scienze Naturali, Chimica e Geografia, autore e collaboratore della Italo Bovolenta Editore, ha contribuito a costituire il Gruppo Olimpici della Scienze dell'ANISN e ne ha fatto parte fino al 2019; è stato membro della redazione della rivista *Naturalmente* a

partire dal 2005 e della redazione di *Naturalmente Scienza* fin dall'origine.

Giorgio Ferrari è un fisico nucleare. È stato ricercatore sulla nave oceanografica Bannock del CNR. Nel 1967 è entrato all'Enel diventando responsabile della fabbricazione del combustibile per tutte le centrali nucleari dell'Enel, mansione che mantenne fino al 1987 quando, dopo l'incidente di Chernobyl, fece obiezione di coscienza. Stretto collaboratore di Dario Paccino, riedita insieme a lui la rivista *rossovivo* e, nel 1977, è tra i fondatori di *Radio Onda-rossa*. Con Angelo Baracca ha scritto *SCRAM: la fine del nucleare* (Jaca Book 2011).

Gerardo Ienna è Marie Skłodowska-Curie Global Fellowship (MISHA, Horizon 2020; GA: 101026146) presso l'Università di Verona e la University of Maryland. Ha recentemente pubblicato con Massimiliano Badino e Pietro D. Omodeo *Epistemologia storica. Correnti, temi e problemi* (Carocci, 2022) e vari saggi e articoli dedicati allo studio dei rapporti fra scienza e società da una prospettiva marxista.

Fabio Lusito, ha conseguito il titolo di Dottore di ricerca presso il Seminario di Storia della Scienza dell'Università di Bari discutendo una tesi dal titolo *Un marxista galileiano: Scienza e società in Lucio Lombardo Radice*. Ha recentemente pubblicato diversi articoli riguardanti i rapporti tra scienza e società e la diffusione del sapere scientifico in un'ottica di massa.

Alessandro Minelli, già professore ordinario di Zoologia presso l'Università di Padova, ha iniziato la sua attività di ricerca dedicandosi a problemi di sistematica zoologica e di filogenesi, per poi indirizzarsi verso la biologia evolutiva dello sviluppo (evo-devo). Quanto alla sistematica, ne ha seguito i moderni sviluppi anche sul piano molecolare e ne ha affrontato criticamente i concetti fondamentali ed i metodi operativi. Nel campo della biologia evolutivista dello sviluppo, ha lavorato sia sul piano sperimentale (inclusi gli aspetti molecolari) che su quello teorico e modellistico.

Stefano Piazzini è stato docente di Scienze Naturali, Chimica e Geografia nel Liceo Scientifico, ora a riposo. Ha collaborato con le case editrici Bovolenta e Zanichelli come autore di testi di Biologia, Chimica e Scienze della Terra. Si occupa di didattica delle Scienze Naturali. Ha coordinato i lavori di ripristino del Museo "Paolucci" di Scienze Naturali. È stato presidente dell'ANISN Marche.

Arcangelo Rossi, professore ordinario di Storia della Scienza presso il Dipartimento di Matematica e Fisica "Ennio De Giorgi" dell'Università del Salento (Lecce) è autore di numerosi articoli e libri e ha organizzato diversi convegni nazionali e internazionali.

Lucia Stelli, laureata in Scienze Biologiche, è stata docente di Matematica e Scienze nella Scuola Secondaria di primo grado. Fa parte del Gruppo di Ricerca e Sperimentazione in Didattica della Matematica presso l'Università di Pisa ed è esperto didattico-scientifico del Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa.

