

PRISMA

www.prismamagazine.it

N. 48
Gennaio 2023
Mensile
€ 4,80

MATEMATICA, GIOCHI, IDEE SUL MONDO

6 7 8 9 0 1 2 3

9 0 1 2 0 2 3 4

5 6 **LA SCIENZA**
che sarà

DAL SUPERCALCOLO AL BOSONE DI HIGGS, DALLA FISICA DELLE PARTICELLE ALLA FUSIONE NUCLEARE. PERSONALITÀ DELLA COMUNITÀ SCIENTIFICA PROVANO AD ANTICIPARE I FILONI LUNGO I QUALI SI SVILUPPERÀ LA RICERCA NEL NUOVO ANNO. IN ATTESA CHE LA RUSSIA ESCA DAL SUO ISOLAMENTO

0 9

1 2 3 4 5 6 7 8

ATTUALITÀ

La bozza Calderoli sull'autonomia regionale ridisegna il futuro della scuola italiana

► PAG. 30

INTERVISTA

Patrizio Bianchi: prendersela con la scuola è più facile che analizzare i mali della nostra società

► PAG. 34

GEOPOLITICA

La teoria dei giochi per capire le strategie dietro lo scontro al confine tra Cina e India

► PAG. 38

SCIENZA

Conoscere lo spazio per proteggere la Terra: parte dall'Italia il monitoraggio di asteroidi e comete

► PAG. 62



MATHEMATICUS

Il gioco della matematica

Per 2-5 giocatori o squadre
dagli 8 ai 99 anni



Chi ritiene che la matematica sia difficile, arida o noiosa si ricrederà dopo aver giocato a *Mathematicus*. La scatola contiene in totale 525 oggetti, tra cui un libro di 176 pagine di curiosità matematiche. Nella versione avanzata il giocatore prende familiarità, grazie alle esaurienti istruzioni, con i sistemi di numerazione babilonese, egizio, romano, arabo, cinese, Maya e binario e con due antichi strumenti di calcolo: i bastoncini di Nepero e il regolo logaritmico.

I cartellini includono 1.600 domande di 4 diversi livelli, per permettere a persone di età e preparazione differente di giocare contemporaneamente. La preparazione del gioco si è avvalsa della consulenza dei membri dell'Unità di Milano-Città Studi del centro di ricerca "matematita" e dei membri del Centro PRISTEM dell'Università Bocconi.

I lettori di Prisma beneficiano di uno sconto speciale sull'acquisto di Mathematicus
Per ordinare accedi al sito www.mathematicus.it

In fase di check-out inserisci il codice-sconto "PRISMA314" per ottenere uno sconto di € 5,00

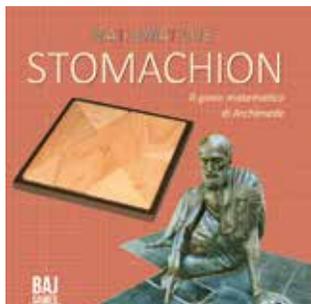
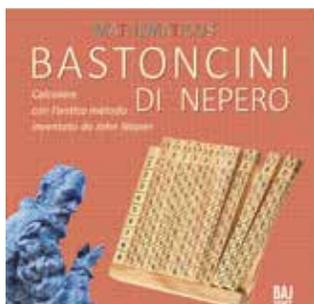
Divertiti anche con gli altri prodotti della serie, oggetti che hanno fatto la storia del calcolo e della matematica. Prenotali con il gioco

Bastoncini di Nepero
Calcolare con l'antico metodo inventato da John Napier
€ 24,90

Stomachion
Il gioco matematico di Archimede
€ 24,90

Solidi di ampiezza costante
Basati sul triangolo di Reuleaux
€ 24,90

per tutti gli ordini
spedizione
gratuita
in Italia



Visita il sito mathematicus.it
info@mathematicus.it

Allo specchio

Sicuramente definirla un'ossessione è sbagliato e, magari, ingeneroso. Ma che il nuovo governo abbia un nervo scoperto nei confronti dell'istruzione comincia a essere un dubbio legittimo. Non pochi imbarazzi, e successivi scaricabarile, hanno suscitato i rilievi della Corte di Conti circa i ritardi sugli asili nido e sulle scuole dell'infanzia per il "mancato rispetto dell'obiettivo intermedio nazionale relativo alla selezione degli interventi da ammettere a finanziamento".

Un rilievo che veniva dopo una serie di *gaffes* che hanno visto protagonisti il ministro Valditara (con la chiacchieratissima e contestata esaltazione del valore formativo dell'umiliazione per lo studente indisciplinato) e altri esponenti della sua parte politica. Fino ad arrivare all'attacco al bonus cultura e all'annuncio del presidente del Senato Ignazio La Russa della presentazione di un disegno di legge sull'istituzione della cosiddetta mini naja volontaria. Al di là del valore effettivo di una proposta del genere, ciò che non convince sono gli incentivi annunciati a favore di chi deciderà di trascorrere più di un mese in caserma. Nel disegno di legge si parla, ad esempio, di "punti per la maturità per tutti i tipi di scuola, una serie di incentivi per la laurea, come un esame in più o un vantaggio a livello di formazione e un punteggio aggiuntivo per tutti i concorsi pubblici". In sostanza, i 40 giorni di mini naja vengono equiparati allo studio. Un accostamento di stampo decisamente anacronistico e, anche, pericoloso.

Non è difficile notare una contraddizione di fondo con quel concetto di "merito" inserito al fianco della denominazione del ministero dell'Istruzione, divenuto con il governo Meloni, appunto dell'Istruzione e del Merito. Che messaggio riceve chi ha scelto di impegnarsi nella ricerca, di trascorrere i suoi pomeriggi sui libri se poi nei punteggi di esami e concorsi si vede scavalcato da chi ha preferito infilarsi in una caserma, indossare una divisa, marciare e sparare?

Nemmeno a farlo apposta, nell'anno appena trascorso si sono celebrati i 50 anni dal riconoscimento dell'obiezione di coscienza al servizio militare e dall'avvio del servizio civile. Poche sono state le voci che si sono alzate a ricordare questa ricorrenza e a sostenere un servizio che, in tempi di invasioni e minacce latenti, costituisce il primo passo per la costruzione di una pace duratura.

Per tirarci su il morale e festeggiare nel migliore dei modi il nuovo anno, invece, vi invito a leggere l'intervista all'ex ministro dell'Istruzione Patrizio Bianchi, un passaggio del quale diventerà la stella cometa (a proposito dei Magi...) della nostra rivista: la scuola è lo specchio attraverso il quale vedere in anticipo quale democrazia vogliamo per il nostro Paese.

Buona lettura e buon anno!



Vincenzo Mulè
Direttore responsabile



In questo numero **GENNAIO 2023**



EDITORIALE

Allo specchio
di Vincenzo Mulè pag. 3

VISIONI

pag. 6

FOCUS

Eventi estremi in Campania
a cura di Luca Alberini pag. 12

PENSIERI DIVERGENTI

Peace and math
di Furio Honsell pag. 14

STILE LIBERO

Robot e pappagalli
di Maria Prodi pag. 15

STORIA DI COPERTINA

Che scienza sarà
di Elisa Buson pag. 18

Un 2023 applicato, puro e astratto
di Matteo Natalini pag. 22

Pensieri e parole. Progetti e speranze per il 2023
a cura di Elisa Buson pag. 24

Gioviani caldi, mondi di lava e altre Terre
di Giovanni Covone pag. 26

ATTUALITÀ

Perché la bozza Calderoli agita la scuola
di Ulisse Spinnato Vega pag. 30

La scuola è specchio della società
di Angelo Guerraggio pag. 34

Le tensioni tra India e Cina spiegate con la teoria dei giochi
di Gianmarco Ponderano Altavilla pag. 38

Il paesino può attendere
di Simonetta Di Sieno pag. 42

Le parole sono importanti
di Lorena Corrado pag. 46

CULTURA

Teoria e dati. Il ruolo dei modelli
di Angelo Vulpiani pag. 48

Il mistero dei numeri primi
di Stefano Pisani pag. 52

La mia matematica la ritrovo nella scacchiera
di Martina Gaudino pag. 54

Il senso dei numeri dei Neandertal
di Paolo Gangemi pag. 56

Il metodo matematico della teologia
di Paolo Caressa pag. 58

UN LETTORE ATTENTO

Mauro Ghislandi ci segnala che la risposta data al quesito 8, a p. 82 del numero 46, è sbagliata.

Manca, tra le possibili soluzioni, la terna 1-3-5. Le soluzioni sono quindi undici (e non dieci). Grazie!



SCIENZA

Sorvegliati spaziali
di Simona Regina pag. 62

Gli orologi non aspetteranno più la Terra
di Alessandro Berlingeri pag. 66

DIDATTICA

Il gioco sale in cattedra
di Luca Politi pag. 68

ALMANACCO

La scienza in questi giorni di gennaio
a cura di Jacopo De Tullio pag. 70

CINEMA

Il Bataclan dei vivi
a cura di Fabio Mantegazza pag. 72

MATELETTERRATURA

a cura di Carlo Toffalori pag. 74
Gli elisir della scienza. Sguardi trasversali in poesia e prosa
di Hans Magnus Enzensberger pag. 75

PAROLE DI CARTA

Il mondo travolto dal cambiamento climatica
a cura di Luca Alberini pag. 78

SOCIAL CLUB

Mathone, creazione matematica
a cura di Jacopo De Tullio pag. 80

NOTA A MARGINE

Il codice Coldplay
a cura di Paolo Alessandrini pag. 81

CAUCHY CHANEL

Il tacco dell'anno
a cura di Silvia Marinelli pag. 82

TORNO SUBITO

Senza parole
a cura di Francesco Paolo de Ceglia pag. 83

SPECIALE

Giochi matematici
a cura di Angelo Guerraggio pag. 85

LA CONTROCOPERTINA

di Walter Leoni pag. 98

DIRETTORE EDITORIALE

Angelo Guerraggio

DIRETTORE RESPONSABILE

Vincenzo Mulè

ART DIRECTION

Valentina Greco

REDAZIONE

Luca Alberini, Silvia Benvenuti
e Jacopo De Tullio

HANNO COLLABORATO

Paolo Alessandrini, Alesandro Berlingeri, Paolo Brogna, Elisa Buson, Paolo Caressa, Lorena Corrado, Giovanni Covone, Francesco Paolo de Ceglia, Simonetta Di Sieno, Paolo Gangemi, Martina Gaudino, Nando Geronimi, Furio Honsell, Walter Leoni, Fabio Mantegazza, Silvia Marinelli, Matteo Natalini, Marco Pellegrini, Stefano Pisani, Luca Politi, Gianmarco Ponderano Altavilla, Maria Prodi, Simona Regina, Ulisse Spinnato Vega, Carlo Toffalori e Angelo Vulpiani

EDITORE

Mateinitaly srl
Corso Vercelli, 27 - 20143 Milano
e-mail: mateinitaly@gmail.com

STAMPA: Mediagraf S.p.A.

via della Navigazione Interna, 89
35027 Noventa Padovana (Pd)
www.mediagrafspa.it

DISTRIBUZIONE: Pieroni Distribuzione S.r.l.

Via Carlo Cazzaniga 19 - 20132 Milano

PRISMA: Pubblicazione mensile registrata al Tribunale di Milano (n° 235 del 19/09/2018). Tutti i diritti di proprietà artistica e letteraria sono riservati. L'editore è a disposizione di eventuali detentori di diritti che non sia stato possibile rintracciare. Il materiale ricevuto e non richiesto (testi e fotografie), anche se non pubblicato, non sarà restituito.

ABBONAMENTI

www.prismamagazine.it
I dati personali sono trattati ai sensi del GDPR Picomax - <https://ecommerce.picomax.it/prisma>
Numeri arretrati (6,50 €)
L'abbonamento a 11 numeri della rivista cartacea costa 42 euro

ISSN 2611-710X

Chiuso in redazione il 20 dicembre alle ore 12:00

Il prossimo numero sarà in edicola giovedì 2 febbraio 2023

Questo numero è stato realizzato con il contributo del Centro Pristem dell'Università Bocconi di Milano.

I PILASTRI DELLA CREAZIONE

Il super telescopio spaziale James Webb ha fotografato i Pilastri della creazione, la luce del medio infrarosso. Catturata dallo strumento Miri, rivela in ogni dettaglio la presenza di polvere e strutture, offrendo un nuovo punto di vista su un paesaggio familiare.

© ZUMAPRESS.com / AGF





IL RISVEGLIO DEL VULCANO MAUNA LOA

Dopo 38 anni di quiete, l'enorme vulcano Mauna Loa ha ripreso la sua attività con eruzioni di cenere e lava. Il Mauna Loa è uno dei cinque vulcani che insieme costituiscono la *Big Island* delle Hawaii.

© ZUMAPRESS.com / AGF



LA LUNA SOSPESA

A Greenwich è esposta l'opera *The Museum of the Moon* dell'artista Luke Jerram. Si tratta di un modello in scala della luna sospeso nella Painted Hall dell'Old Royal Naval College della cittadina inglese.

© Imageplotter / Avalon / AGF







Eventi estremi in Campania

Fonte: Osservatorio Città Clima di Legambiente

254

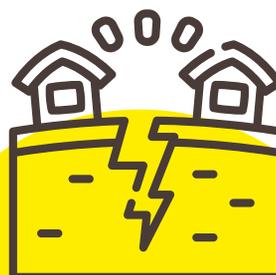
sono i fenomeni meteorologici estremi registrati in Italia nei primi dieci mesi del 2022. Si tratta di un incremento del 27% rispetto all'anno precedente.



18



sono stati gli eventi climatici estremi che hanno colpito da inizio 2022 la Campania, 6 solo nel mese di novembre. Dal 2010 sono 100 i fenomeni violenti monitorati, con 38 casi di allagamenti e alluvioni e 4 frane dovute a piogge intense.



600

sono le case abusive colpite da ordinanza di abbattimento a Ischia. Mille, invece, sono i fabbricati danneggiati che hanno fatto richiesta di sanatoria dopo il Decreto Genova del 2018, contenente un condono per la ricostruzione post terremoto.

27.000

sono le pratiche di condono presentate a Ischia in occasione delle tre leggi nazionali: negli uffici tecnici di Forio risultano 8.530 istanze, 3.506 a Casamicciola e 1.910 a Lacco Ameno.



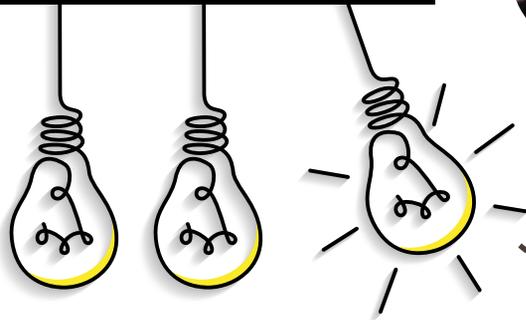
13,3 miliardi

sono gli euro spesi per le emergenze meteo climatiche negli ultimi 9 anni in Italia (dati disponibili da maggio 2013 a maggio 2022). Sono in media 1,48 miliardi annui per la gestione delle emergenze, in un rapporto di quasi 1 a 4 tra spese per la prevenzione e spese per riparare i danni. Con adeguate politiche di prevenzione si risparmierebbe il 75% delle risorse destinate a riparare i danni.



24

sono i Paesi europei che si sono già dotati di un piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Quello italiano è invece rimasto in bozza dal 2018 quando era presidente del Consiglio Paolo Gentiloni e ministro dell'Ambiente Gian Luca Galletti. ■



Peace math math

Che il nuovo anno sia un anno di pace! Quante volte abbiamo sentito questo augurio in queste settimane! Era sincero? *Et in terra pax hominibus bonae voluntatis* lo ripetevano anche coloro che organizzavano gli *Autodafé*. Il sito del Sipri, l'Istituto per la Pace di Stoccolma, merita almeno una visita.

"Cos'è la pace?", mi è stato chiesto a un recente incontro dal titolo "La pace la dice (anche) la matematica". "La pace è nostro dovere, oltre ad essere la nostra unica speranza", ho risposto prontamente, pur con l'amara consapevolezza che, dalle mie parti, l'ultima crisi aziendale si è stemperata quando è arrivata l'ipotesi di una commessa per le componenti del nuovo carro armato europeo. La pace, come la tolleranza, e anche la giustizia, sono un ragionamento che non ha un punto d'arrivo perché deve essere continuo. Sono la facoltà stessa del ragionare, il cui primato è ben evidenziato da Amartya Sen quando cita l'imperatore Moghul Akbar che, al volgere del millennio islamico, concepisce uno stato laico e dice che pure per contestare la ragione è indispensabile dare la ragione di tale contestazione. Non tutti da quelle parti ne sono ancora convinti e così si sentono donne e studenti urlare: "Zan, Zenghedi, Azadi". Io mi unisco a loro.

Qual è il contributo della matematica, la base del ragionamento astratto, alla pace? In primo luogo la relatività. Quel teorema di Balinski-Young sui sistemi per attribuire i seggi in base alle preferenze o alla

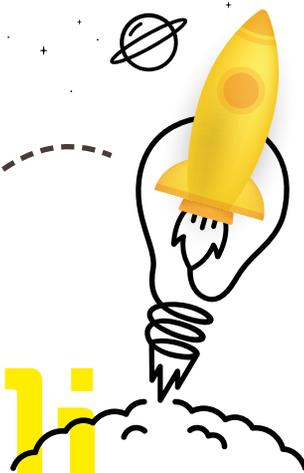
popolazione è esemplare. Come il teorema di Arrow sulle scelte globali, mostra che non esiste una procedura elettorale che garantisca il rispetto di alcuni principi che riterremmo indispensabili per ritenerla equa e ragionevole. Il sistema che scegliamo è dunque puramente convenzionale. Quindi, chi viene eletto non si deve considerare l'unto del Signore, perché non è espressione di una volontà popolare assoluta, è solamente colui che è stato scelto secondo una regola. Una regola che in quanto tale si regge sul consenso dei membri della comunità.

La matematica offre alla pace anche il concetto di modello dinamico. La pace è sempre un equilibrio dinamico, come avviene camminando, quando ogni passo è un perdere e ritrovare l'equilibrio, oppure andando in bicicletta dove non si sbanda solo perché si è in movimento. Certamente, la pace si modella bene come ricerca di un equilibrio, di un'equità in un gioco. Ma piuttosto che la strategia delle mosse, penso sia importante sottolineare l'aspetto del gioco, e della matematica, che le accomuna all'ironia, ovvero la capacità di modificare radicalmente il proprio punto di vista, come avviene quando afferriamo una battuta o applichiamo il pensiero laterale.

Infine, la matematica suggerisce alla pace quanto siano preziose proprio le cose più fragili, come una dimostrazione, che è rigorosa oppure non è. Solamente ciò che si potrebbe rompere facilmente, quando resiste, indica che è ciò di più solido a cui poterci affidare nel nuovo anno! ■



Robot e pappagalli



Mi capita di visitare una scuola innovativa: una di quelle che finiscono sui giornali e nei corsi di aggiornamento. Non vedo sui banchi o negli scaffali libri o quaderni, ma ognuno ha in mano il suo iPad. I bambini della primaria riuniti in banchi a circolo maneggiano led, arduino, cavi. I più grandi esibiscono robottini, oggetti prodotti dalla stampante 3D e mettono in scena dialoghi accompagnati da proiezioni tramite i loro iPad.

Il robottino percorre il perimetro di un rettangolo: il ragazzino sentenzia che l'area è base per altezza. Ma il robottino percorre il perimetro e nulla dell'esperienza che il ragazzo sta facendo porta a un'intuizione dell'area. È una nozione già appresa, evidentemente, che viene riportata. Mi spiegano che ci sono i saperi minimali delle discipline e che per quelli ci sono le lezioni frontali.

Nell'altra classe, i bambini recitano in inglese una narrazione sui

numeri naturali. Chiedo allo spigliato presentatore di spiegarmi cosa vuol dire *numero naturale*. Ne lui né i compagni hanno alcuna idea, anche se lavorano da un mese sul progetto. Però la grafica della presentazione, una mappa concettuale colorata proiettata sul muro, è accattivante: i ragazzini padroneggiano le app sui loro iPad con cui realizzano facilmente schemi, mappe, composizioni. Sempre molto eleganti e colorate. Ci spiegano che le lavagne di ardesia sono state tutte tolte, sono ammesse solo lavagne luminose e schermi.

Tre ragazzini presentano, come attività di storia dell'arte, i modellini fatti con la stampante 3D di grandi monumenti. Ma ne conoscono a mala pena il nome, non altro.

Esco dalla visita sovrappensiero e un poco perplessa. Mi domando se un uso fideistico delle nuove tecnologie (tablet, robottino, arduino, stampante 3d, visore 3d ecc... ma sempre le stesse?) non rischi, in alcune esperienze, di diventare anche un espediente per evitare la fatica delle didattiche disciplinari. Se

la matematica non rischi di tornare ad essere un insieme di meccanismi da applicare, di formule ancillari citate nel fare altro, anziché un'esperienza concettuale profonda e densa in sé stessa di valori intellettuali affascinanti e formativi. Quale strutturazione del pensiero può dare, in generale, una disciplina se viene coinvolta solo episodicamente, senza essere costruzione di senso coerente, senza sollecitare anche curiosità inutili? Il compito di realtà, il *problem solving*, l'imparare attraverso il fare sono strategie che mettono alla prova il reale possesso di competenze, come saperi padroneggiati, implementati e efficaci. Ma mi pare, viceversa, che si stia rischiando di tornare a considerare le conoscenze solo come nozioni impiegabili occasionalmente e spesso pretestuosamente. Davvero, come ci spiegano, le discipline sono da abolire?

E la matematica è un laboratorio a progetto, chiamato di tanto in tanto a eseguire qualche lavoro retto all'interno di una impresa qualsiasi? ■

36

miliardi

sono gli euro persi dalle aziende italiane a causa della contraffazione dei marchi del *made in Italy*. Corrispondono al 3,6% delle vendite complessive in Italia e all'estero. Si traducono anche in posti di lavoro persi, stimati in oltre 57.000, pari al 2,3% degli addetti del settore manifatturiero in Italia.

11

sono le donne ad aver vinto il Premio Strega dalla sua prima assegnazione nel 1947 (gli uomini sono stati 65). La prima scrittrice premiata è stata nel 1957 Elsa Morante con il romanzo *L'isola di Arturo*, ambientato a Procida, capitale italiana della cultura 2022.

1.263

sono i giovani e giovanissimi pazienti di cui deve prendersi cura mediamente in Alto Adige un medico specializzato in pediatria (dati tratti dall'Anuario statistico del Servizio sanitario nazionale 2020). Non particolarmente migliore la situazione nel resto del Nord Italia: in Piemonte sono 1.207, in Friuli Venezia Giulia 1.092 e in Lombardia 1.065.

936.000

circa sono gli impianti fotovoltaici in funzione in Italia, con una potenza complessiva di energia solare pari a 21,65 GW e una produzione delle aziende del fotovoltaico leggermente inferiore a 25 TWh. Il settore è in crescita ma – stando agli ultimi dati disponibili (2020) – solo del 5,3% sull'anno precedente.

25

miliardi

sono gli euro spesi dall'Italia nel 2020 in Ricerca e Sviluppo, corrispondenti a 416 euro pro capite. Se in valore assoluto siamo la terza potenza europea (i 27 Stati membri hanno investito complessivamente 311 miliardi di euro), percentualmente occupiamo la quattordicesima posizione, con un investimento pari ad appena l'1,5% del Pil. ■

ESTINZIONE A SORPRESA

L'asteroide che 66 milioni di anni fa colpì la Terra colse i dinosauri nel momento di loro massimo splendore e non in declino come molte ricerche recenti hanno affermato. Lo sostiene uno studio pubblicato su *Science Advances* da ricercatori dell'università di Oulu in Finlandia e di Vigo in Spagna che hanno tentato di ricostruire con maggior precisione lo stato degli ecosistemi dell'epoca per capire lo stato di salute delle varie specie. Dal lavoro è emerso che lo stato di salute di gran parte delle specie di dinosauro era in realtà ottimo e che queste erano in pieno dominio delle loro specifiche nicchie ecologiche. Al contrario, uccelli, mammiferi e rettili erano specie che dovevano frequentemente adattare i propri comportamenti e abitudini agli ecosistemi e ricercare spesso nuove strategie di sopravvivenza. Fu proprio questa maggiore attitudine alla flessibilità l'arma vincente di mammiferi, rettili ed uccelli nei confronti dei dinosauri.

IN FORMA CON STILE

"Missione forma fisica perfetta" potrebbe essere il titolo del lavoro dei ricercatori di Cambridge che hanno sviluppato un metodo per misurare i parametri fisici tramite dispositivi indossabili. Si tratta di strumenti più precisi degli attuali smartwatch e monitor di fitness. I test per misurare il VO2max (una misura chiave della forma fisica generale) richiedono costose attrezzature di laboratorio e sono per lo più limitati agli atleti d'élite. I ricercatori hanno raccolto dati sull'attività di oltre 11.000 partecipanti allo studio utilizzando sensori indossabili, con un sottogruppo di partecipanti testato nuovamente sette anni dopo. Il modello sviluppato è preciso, trasparente e fornisce previsioni accurate basate esclusivamente sui dati della frequenza cardiaca e dell'accelerometro. Il modello, visto che può rilevare i cambiamenti di forma fisica nel tempo, potrebbe essere utile anche per stimare i livelli di forma fisica per intere popolazioni e identificare gli effetti delle tendenze dello stile di vita.

Notizie dal mondo accademico

FUGA DALLE UNIVERSITÀ

Per il secondo anno di seguito diminuisce il numero di matricole nelle università italiane. Rispetto allo scorso anno il calo è del 2% ma, se ci spingiamo a un confronto con i numeri di due anni fa, si registra una diminuzione di oltre 5 punti percentuali. Se per l'anno accademico 2020/2021 gli iscritti erano 312.388, nel 2021/2022 sono stati 301.776 (di cui 169.981 uomini e 131.795 donne) e a dicembre 2022 sono 295.660 (di cui 129.085 uomini e 166.575 donne). Non è una buona notizia per un Paese che è penultimo in Europa per quota di laureati nella fascia 30-34 anni: diminuendo gli immatricolati diminuiranno di conseguenza anche i laureati. Il campanello d'allarme suona in particolare per i corsi di laurea in discipline scientifiche che, pur caratterizzati da un forte ritorno occupazionale, passano in un anno da 93.913 a 91.625 studenti.

A CUNEO NON SI FA SOLO IL MILITARE

È stato inaugurato a Mondovì, in provincia di Cuneo, l'Istituto Grothendieck. Fondato e presieduto dalla matematica Olivia Caramello, è una fondazione che promuove ricerche di eccellenza nella matematica in relazione ad altri ambiti della conoscenza, dalla musica all'arte alla filosofia. L'istituto, intitolato al matematico Alexander Grothendieck (1928-2014), attivo nel gruppo Bourbaki e vincitore della medaglia Fields nel 1966, annovera tra i componenti del suo consiglio scientifico tre medaglie Fields: Alain Connes, Maxim Kontsevich e Laurent Lafforgue, che avranno il compito anche di assegnare borse di dottorato e assegni di ricerca a giovani studiosi provenienti da tutto il mondo. ■



Che scienza sarà

Che il nuovo anno porti tanta bella scienza. Di quella che unisce i cervelli migliori e i popoli distanti, che affronta i grandi problemi dell'umanità ridando speranza e fiducia nel futuro. Non c'è augurio migliore che ci possiamo fare per questo 2023. Un anno che certamente non sarà di svolta o ripartenza (lo abbiamo già detto troppe volte e non è che abbia portato benissimo), ma forse un anno di assestamento e riorganizzazione. Dopo la batosta della pandemia e lo shock della guerra, con l'emergenza climatica che incombe e lo spettro della recessione dietro l'angolo, dobbiamo rialzarci dal tappeto prima del ko definitivo. In questo ci aiuterà senz'altro la ricerca, che per i prossimi 12 mesi ci propone un calice effervescente di bollicine.

Tanto per cominciare, il 2023 sarà l'anno in cui l'Europa sferrerà la zampata decisiva per affermarsi tra i leader mondiali nel campo del supercalcolo. Lo farà con un'infrastruttura paneuropea formata da un numero crescente di calcolatori di ultimissima generazione, capaci di eseguire milioni di miliardi di operazioni al secondo,

per imprimere un'accelerazione senza precedenti alle scoperte scientifiche in ogni campo (dalla medicina all'astrofisica, dal cambiamento climatico all'intelligenza artificiale, dallo sviluppo di nuovi materiali alla previsione e gestione di eventi estremi come terremoti e alluvioni). L'obiettivo, inseguito dal 2018 con l'iniziativa EuroHpc Ju (*European High Performance Computing Joint Undertaking*) da un miliardo di euro, sembra ormai a portata di mano. All'ultima *World Computing Conference*, che si è tenuta a Dallas a fine 2022, l'Europa ha conquistato la terza e quarta posizione del ranking mondiale rispettivamente con il supercomputer finlandese Lumi, inaugurato a giugno, e l'italiano Leonardo, appena entrato in funzione al Tecnopolo di Bologna, cuore pulsante del nuovo Centro nazionale di supercalcolo finanziato con quasi 320 milioni di euro del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (Pnrr). Nella prima metà del 2023, con l'installazione di un secondo supercomputer gestito dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Infn), "quello di Bologna diventerà il più grande centro di calcolo europeo, accessibile a ricercatori

Anno nuovo: tempo di festeggiamenti e previsioni. Dal supercalcolo al bosone di Higgs, dalla fisica delle particelle alla fusione nucleare. Proviamo ad anticipare i filoni lungo i quali si svilupperà la ricerca nel 2023. In attesa che la Russia esca dal suo isolamento

di ogni disciplina e alle aziende”, sottolinea il presidente Infn Antonio Zoccoli. Un ulteriore balzo in avanti sarà fatto grazie al debutto della rete europea di computer quantistici, con i primi due esemplari collegati tra la Francia e la Germania. Nel frattempo, si lavorerà per ampliare il progetto con un numero maggiore di computer, uno dei quali potrebbe essere realizzato in Italia.

C'è da sperare che la piena operatività di questi “cervelloni” non venga minacciata dalla crisi energetica internazionale, che sta già costringendo diversi enti di ricerca a rivedere i propri piani. Lo ha fatto perfino il Cern di Ginevra, il più grande laboratorio di fisica delle particelle al mondo, con una strategia mirata a tagliare i consumi riducendo anche il funzionamento delle macchine usate per accelerare le particelle. Resta comunque confermato l'impegno a portare avanti le attività di ricerca. Le attese sono molto alte, perché “si prevede - aggiunge Zoccoli - un anno intenso di presa dati. Ci sono ancora tante domande aperte: vogliamo per esempio capire se il bosone di Higgs è solo oppure ha “fratelli” più pesanti, ma anche studiare la simmetria tra materia e

antimateria e magari riuscire a rivelare o produrre particelle di materia oscura”.

Per la fisica delle particelle in generale sarà un anno di costruzione, con nuovi acceleratori ed esperimenti in via di realizzazione in varie località del mondo, dagli Stati Uniti al Giappone. Anche al Cern si sta pensando al successore del grande acceleratore Lhc (*Large hadron collider*). Tanti nuovi progetti da cui molto probabilmente resteranno ancora esclusi i russi, dopo la rottura delle collaborazioni seguita all'invasione dell'Ucraina. Ne risentirà anche il grande progetto *Iter* per la fusione nucleare, di cui la Russia era uno dei partner assieme a Europa, Stati Uniti, Cina, Giappone, India e Corea del Sud. Il reattore sperimentale in via di realizzazione nel Sud della Francia è ormai nella fase finale di costruzione: i prossimi mesi saranno cruciali per definire le tappe che dovrebbero portarci ad avere le prime reazioni nel 2025”, ricorda Zoccoli.

Costruire, anzi, ricostruire le alleanze, sarà l'imperativo anche per la lotta ai cambiamenti climatici. Il deludente documento finale uscito dalla COP27 di Sharm el Sheik ha sottolineato come,

SARÀ L'ANNO DI E.T.?

In attesa che venga pubblicato entro l'estate il primo rapporto della commissione Nasa sugli Ufo (o, meglio, sui cosiddetti "fenomeni aerei non identificati", Uap), il Sardinia Radio Telescope in provincia di Cagliari sarà potenziato e tornerà nuovamente operativo nell'ambito del progetto internazionale Seti (*Search for Extraterrestrial Intelligence*) che da qualche anno ha ripreso vigore nella ricerca di segnali generati da tecnologie extraterrestri. La "caccia" si amplierà nel 2023 grazie al nuovo sistema Cosmic, ideato da Seti per monitorare con un'elevata sensibilità milioni di stelle grazie al complesso di radiotelescopi del *Very Large Array* (Vla) nel Nuovo Messico.

Lo spazio continuerà a far sognare anche per il ritorno sulla Luna: dopo il lancio della prima missione di prova senza equipaggio Artemis 1, quest'anno si continuerà a lavorare per testare tutte le tecnologie che nel 2024 porteranno i primi astronauti a sorvolare la Luna con la missione Artemis 2. Nei prossimi mesi assisteremo anche ad altre missioni scientifiche. Sicuramente il nuovo telescopio spaziale James Webb ci riserverà grandi sorprese, levando il sipario su quella che è stata l'alba dell'universo. In primavera l'Agenzia spaziale europea (Esa) lancerà la missione *Juice* per studiare Giove e le sue lune ghiacciate (Ganimede, Europa e Callisto). A fine settembre, invece, è atteso l'arrivo sulla Terra del campione dell'asteroide Bennu prelevato dalla sonda Osiris-Rex della Nasa, un prezioso tesoro che ci aiuterà a rispondere alle domande sull'origine del sistema solare.

con gli attuali impegni di decarbonizzazione presi nell'ambito dell'accordo di Parigi, le emissioni al 2030 saranno tagliate solo dello 0,3% rispetto al 2019, invece che del 43%, come servirebbe per rispettare il limite di innalzamento della temperatura di 1,5 gradi. L'aggiornamento di questi impegni entro la COP28 del 2023 a Dubai sarà la scommessa dei prossimi mesi su cui si misureranno le reali intenzioni dei governi. Nel frattempo alluvioni, ondate di calore estremo e fiumi in secca saranno i promemoria che il Pianeta continuerà a inviarcene per ricordare l'urgenza di

mettere un freno al riscaldamento globale. **Una necessità per la salvaguardia non solo dell'ambiente ma anche dell'agricoltura e della pesca, dell'economia in generale e soprattutto della nostra salute.**

Secondo un recente studio apparso su *Nature*, esistono almeno 10.000 specie di virus che hanno la potenzialità di infettare gli esseri umani, ma per il momento la stragrande maggioranza circola silente tra gli animali selvatici. I cambiamenti climatici, lo sfruttamento insostenibile degli ecosistemi e la frammentazione degli habitat rischia però di portare

questi animali a stretto contatto con l'uomo, favorendo il salto di specie che potrebbe innescare nuove pandemie. La lezione, ormai, dovremmo averla imparata con il Covid-19, così come con la Mers di dieci anni fa e la Sars di cui cadrà quest'anno il 20esimo anniversario della scoperta, fatta dall'infettivologo italiano Carlo Urbani. **"Ormai dovremmo aver capito – afferma il genetista Giuseppe Novelli dell'Università di Roma-Tor Vergata – che i salti di specie avvengono e i coronavirus ne stanno facendo in media uno ogni dieci anni.** Bisogna prepararsi, anche se ancora non abbiamo finito di lottare con il virus Sars-Cov2. Prevedere quale sarà l'evoluzione della pandemia nel 2023 è impossibile, perché il virus cambia velocemente, però lo conosciamo sempre meglio e presto avremo a disposizione nuovi antivirali per combatterlo. In particolare - aggiunge Novelli - si stanno sperimentando molecole di nuova generazione che, invece di bloccare la "chiave" con cui il virus entra nelle cellule, andranno ad agire direttamente sulla "serratura" o si interporranno fra la chiave e la serratura per impedire l'infezione".

I vaccini anti-Covid continueranno a essere uno strumento di prevenzione fondamentale (sempre che la campagna vaccinale riesca a riprendere quota). **Il loro successo, prosegue Novelli, "ha dimostrato che l'Rna messenger può essere usato come una molecola terapeutica: è questa la grande novità biotech che si prospetta all'orizzonte,** non solo per vaccini contro malaria, Zika e melanoma, ma anche per terapie



vere e proprie, ad esempio contro l'ipercolesterolemia familiare e l'atrofia muscolare spinale". Di questo si occuperà il nuovo Centro nazionale di ricerca e sviluppo di terapia genica e farmaci con tecnologia a RNA (CN3), avviato a novembre grazie ai fondi del Pnrr. Con quasi mille

ricercatori, appartenenti a 32 università e istituti di ricerca, e 16 industrie biotech-farmaceutiche, **questo network proverà a farci fare un balzo verso la medicina di precisione, con cure sempre più personalizzate ed efficaci, dimostrando ancora una volta che sì, anche nel 2023, sarà l'unione a fare la forza.**

GLI APPUNTAMENTI CON IL CIELO DEL 2023

IN COLLABORAZIONE CON L'UNIONE ASTROFILII ITALIANI (UAI)

- | | |
|------------------------|---|
| 3-4 gennaio: | le stelle cadenti Quadrantidi salutano il nuovo anno |
| 20 aprile: | naso all'insù per l'eclissi di Sole, visibile da Indonesia e Australia |
| 22-23 aprile: | è il turno delle stelle cadenti di primavera, le Liridi |
| 5 maggio: | eclissi lunare di penombra visibile da Asia, Australia e dalle regioni più orientali di Europa e Africa |
| 6-7 maggio: | è il turno delle stelle cadenti Acquaridi, "figlie" della cometa di Halley |
| 3 luglio: | la Luna piena alla minima distanza della Terra, è la prima Superluna dell'anno |
| 1 agosto: | appuntamento con la seconda Superluna |
| 10-13 agosto: | tradizionale spettacolo delle lacrime di San Lorenzo, le Perseidi |
| 27 agosto: | Saturno all'opposizione, è nelle migliori condizioni di osservazione |
| 30-31 agosto: | occhi puntati sulla Luna blu, la seconda luna piena del mese nonché la terza Superluna dell'anno |
| 19 settembre: | Nettuno all'opposizione è nelle migliori condizioni di visibilità |
| 29 settembre: | l'ultima Superluna del 2023 |
| 14 ottobre: | eclissi anulare di Sole, visibile dalle Americhe |
| 21-22 ottobre: | tocca alle stelle cadenti d'autunno, le Orionidi |
| 28 ottobre: | eclissi parziale di Luna, visibile da Europa, Asia, Africa e Australia occidentale |
| 3 novembre: | Giove all'opposizione, è il momento migliore per osservarlo |
| 13 novembre: | anche Urano si mette in bella mostra all'opposizione |
| 18-19 novembre: | è il momento delle Leonidi, le stelle cadenti di novembre |
| 13-14 dicembre: | arrivano le stelle cadenti d'inverno, le Geminidi |





Un 2023 applicato, puro e astratto

L'anno che verrà si apre con la matematica sempre più protagonista della vita di tutti i giorni. Dall'intelligenza artificiale alla biologia molecolare, dalla fluidodinamica alla finanza

La matematica è considerata oggi indispensabile per affrontare le principali sfide scientifiche, tecnologiche e sociali. I dati vanno gestiti, interpretati e poi utilizzati. Anche per svolgere previsioni. Non a caso lo U.S. Bureau of Labour Statistics stima che per la fine del decennio le *math occupations* aumenteranno del 30% circa, più velocemente della media di tutte le altre posizioni lavorative. In soldoni, di matematica si sente il bisogno, ma in quali direzioni si sta muovendo?

L'Intelligenza artificiale (Ia) è fondata su algoritmi ad apprendimento automatico che utilizzano l'enorme mole di dati esistenti per fornire previsioni e migliorarsi. In questo ambito è fondamentale l'apporto di studiosi che sappiano sfruttarne e comprenderne le potenzialità pressoché illimitate: "Si farà sempre meno matematica senza Ia", secondo Carlo Metta, ricercatore presso

l'Istituto di scienza e tecnologie dell'informazione del Cnr.

Nel 2023 sarà necessario confrontarsi anche con una migliorata potenza di calcolo, cioè con la costruzione di calcolatori sempre più performanti. A fine novembre è stato inaugurato a Bologna il supercomputer Leonardo, elemento importante di una rete europea di Hpc (*High Performance Computing*). Non ci può essere, però, soltanto un'attività "muscolare". Per Gianluigi Rozza, professore di analisi numerica e calcolo scientifico e coordinatore della *Mathematics area* presso la Sissa di Trieste, "sarà necessario rendere il calcolo sostenibile (tramite algoritmi più efficienti) e un tema fondamentale sarà quello dell'integrazione di Hpc con Ia e dati".

Il miglioramento delle tecnologie di calcolo occupa numerosi matematici e la frontiera a cui si mira da tempo è quella dei computer quantistici.

Le nuove tecnologie informatiche stanno permettendo ai matematici di simulare in maniera sempre più precisa modelli teorici di fenomeni fisici e sociali descritti tramite equazioni. In alcuni casi stanno emergendo notevoli progressi: un esempio è rappresentato dalla dinamica dei fluidi, branca della fisica priva di una teoria generale e che "vanta" uno dei problemi del millennio, ossia la soluzione delle equazioni di Navier-Stokes ancora mancante. Questo campo è uno dei più caldi per quel che riguarda la ricerca. In particolare, come sostiene anche Roberto Natalini, direttore dell'Istituto per le applicazioni del calcolo "Mauro Picone" del Cnr, "ci si può aspettare che nei prossimi anni si arrivi ad avere soluzioni singolari delle equazioni di Navier-Stokes", un passo fondamentale per una teoria generale. Per farlo, sarà molto importante l'apporto di *software*

Per la fine del decennio le *math occupations* aumenteranno del 30% circa, più velocemente di tutte le altre posizioni lavorative



spazi di dimensione molto alta o infinita (a rappresentare il grande numero di componenti dei sistemi), lo studio dei dati e delle soluzioni viene svolto cercando di capire se fanno parte di una particolare struttura geometrica, come una superficie. Nel caso di quest'ultimo argomento, ricordiamo che l'italiano Alessio Figalli, medaglia Fields 2018, ha vinto il premio anche grazie ai suoi studi sulle superfici minime, nel campo

dell'ottimizzazione.

Tutti questi ambiti sono centrali nella ricerca moderna ed ognuno potrebbe avere risvolti fondamentali nel prossimo futuro: le frontiere di ricerca sono moltissime e i problemi aperti anche di più. In ogni caso, piccoli progressi avvengono in ogni momento, anche per problemi antichi e molto astratti. Pensiamo alla teoria dei numeri, scossa a inizio novembre da un risultato (al momento in fase di verifica) molto rilevante sulla distribuzione dei numeri primi nelle progressioni aritmetiche. Sarà necessario aspettare del tempo per vedere l'impatto effettivo di un risultato del genere, che potrebbe non essere immediato. I tempi della matematica sono lunghi ma, come spesso accade, anche le applicazioni dei risultati più teorici emergeranno. ■

proof assistant, che forniscono un aiuto nel miglioramento delle stime rinnovando allo stesso tempo gli strumenti dimostrativi a disposizione dei matematici.

In questo panorama tecnologico, la ricerca matematica si sta dedicando soprattutto all'analisi di sistemi definiti complessi. Il già citato problema della dinamica dei fluidi ne è un esempio, ma altri campi particolarmente importanti sono la finanza, la biologia, la medicina e, più in generale, le discipline che si trovano a gestire situazioni in cui una grande quantità di individui interagiscono contemporaneamente tra loro, come persone, pesci e uccelli ma anche molecole o particelle. Emerge allora la teoria dei giochi a campo medio, che fornisce

modelli di interazione tra individui e massa invece di considerare il problema, decisamente più complicato, dell'analisi del comportamento di ogni individuo considerato singolarmente.

Molto importante è pure lo studio dei processi che permettono la visione e la percezione delle immagini; con biologi e medici si studia l'analisi del movimento dei fluidi corporei, che coinvolge la già citata fluidodinamica e la geometria degli spazi all'interno dei quali si muovono.

Qui la matematica si inserisce con gli strumenti forniti da tutte le sue sotto-discipline. I modelli sono spesso rappresentati da equazioni alle derivate parziali (o Pde, *Partial differential equations*), le variabili fanno parte di



Pensieri e parole Progetti e speranze per il 2023

**LUCA PARMITANO**

Astronauta dell'Agenzia Spaziale Europea (Esa)

Il mio obiettivo per il 2023 è duplice. Da un lato, spero di poter iniziare a lavorare all'addestramento dei nuovi candidati del corpo astronautico europeo per fare in modo che possano essere pronti nel giro di un anno per una loro assegnazione a un volo. Dall'altro, spero con il mio trasferimento a Houston e l'integrazione con il corpo astronautico della Nasa di poter contribuire allo sviluppo del programma e dell'addestramento per una possibile assegnazione a un volo su una missione *Artemis*.

**ROBERTO BATTISTON**

Professore di Fisica sperimentale dell'università di Trento

Nel 2023 gli esperimenti che abbiamo in orbita ci forniranno molti nuovi dati. A fine anno verrà lanciato il secondo satellite della costellazione italo-cinese Cses con a bordo due nostri strumenti per monitorare terremoti e tsunami dallo spazio con una sensibilità mai raggiunta finora. Sulla Stazione spaziale internazionale, dopo lo straordinario intervento di Luca Parmitano, il cacciatore di antimateria Ams continuerà le sue misure di precisione con i raggi cosmici: continueremo a migliorare la precisione nelle misure di anti-elettroni e anti-protoni per cercare di capire se l'eccesso di antiparticelle che abbiamo osservato sia un segnale dovuto alla materia oscura.

**ROBERTO NATALINI**

Direttore dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo del Cnr

Nel 2023, con il mio gruppo al Cnr e in particolare con Gabriella Bretti, Maurizio Ceseri e Barbara De Filippo, lavoreremo a modelli matematici per il monitoraggio del danneggiamento dei beni culturali. Questa attività, inserita nel progetto di partenariato esteso Pnrr Changes appena iniziato, mira a costruire scenari a lungo termine dei vari effetti dell'inquinamento sullo stato dei manufatti di pietra e metallici e anche dei possibili interventi con consolidanti e protettivi, al fine di disegnare strategie di conservazione efficaci e sostenibili.

“

**MARCO POTENZA**

Responsabile del progetto OPTAIR finanziato dal Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (Pnra)

Il mio obiettivo per il 2023 è aprire una nuova visione nello studio delle polveri sottili in atmosfera: rappresentano ancora una sfida aperta nella comprensione del clima, perché sappiamo molto poco di come interagiscono con la luce solare che arriva sulla Terra. Per chiarire questo aspetto ho sviluppato uno strumento dedicato, operativo nella base di Concordia in Antartide, che permette di fare misure ottiche delle singole particelle in aria illuminate da un laser, in modo da capire come complessi fenomeni di trasmissione e diffusione della luce possano influire sul bilancio energetico del Pianeta.

”

“

**EZIO PREVITALI**

Direttore dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (Infn)

Il 2023 sarà un anno importante per le tre principali linee di ricerca dei Laboratori. C'è attesa per i primi risultati dell'esperimento Xenon-nT, che fisserà i nuovi paletti per lo studio della materia oscura. Inizierà la presa dati di Legend200, che punta a divenire lo strumento più sensibile al mondo nello studio del neutrino di Majorana. Infine, il nuovo acceleratore di ioni "Enrico Bellotti" comincerà gli esperimenti, incrementando la sensibilità di misura sulle reazioni nucleari che permettono alle stelle di evolvere e produrre energia. Altri risultati sono attesi dagli oltre 20 esperimenti in funzione nelle sale sotterranee dei Laboratori.

”

“

**PIERMARCO CANNARSA**

Presidente Unione Matematica Italiana (Umi)

Nel 2023 userò modelli matematici per studiare l'impatto dell'effetto serra sul clima. Mi interesso a questo tema da quando ho scoperto che le equazioni differenziali che studiavo descrivono l'evoluzione della temperatura della Terra su ampie scale temporali. Da allora, vedo in quelle equazioni significati affascinanti: ad esempio hanno indicato che, centinaia di milioni di anni fa, la Terra è stata interamente coperta da ghiacci con spessore di chilometri, come poi hanno dimostrato le prove geologiche. ■

”



Giovianni caldi, mondi di lava e altre Terre

Il telescopio spaziale James Webb promette di rivoluzionare la nostra conoscenza degli esopianeti, i pianeti che ruotano attorno a stelle diverse dal Sole. A quali domande contribuirà a rispondere nel corso dei prossimi mesi?

L'evento astronomico più importante nel 2022 è stato senza dubbio la diffusione delle prime osservazioni del telescopio spaziale James Webb (James Webb Space Telescope, Jwst). Il 12 luglio, sei mesi e un milione e mezzo di chilometri dopo il lancio, la Nasa ha mostrato al mondo le immagini spettacolari di galassie lontane nello spazio e nel tempo e altri gioielli cosmici per dimostrare la performance dei nuovi strumenti, come avevamo testimoniato su queste pagine lo scorso ottobre.

Tra i primi dati diffusi, c'era anche quello relativo a un grafico

(vedi figura 1) che non aveva colpito immediatamente per la sua grandiosità. Era lo spettro dell'atmosfera di Wasp-96b, un pianeta lontano 1.150 anni luce. A uno sguardo più attento, lo spettro mostrava l'inequivocabile impronta lasciata dalle molecole d'acqua. Le osservazioni con i più grandi telescopi da terra avevano fatto presagire la presenza di acqua ma, con solo sei ore di osservazione, il Jwst aveva dissipato ogni dubbio. Quel grafico era un'ulteriore dimostrazione delle potenzialità del telescopio, una sorta di promessa delle scoperte che ci attendono nei prossimi anni.

Nel corso degli ultimi trent'anni, sono stati scoperti più di cinquemila esopianeti. Tuttavia ne sappiamo ancora molto poco, a parte le proprietà generali come massa, raggio, distanza dalla propria stella. Troppo poco per conoscere la loro storia e per capire se possiedono le condizioni adatte per ospitare la vita.

Lo studio dei pianeti extrasolari e la ricerca dei mattoncini della vita sono uno dei principali obiettivi scientifici del Jwst. Nel corso del 2023 osserverà 70 dei pianeti noti. Quali scoperte potremmo attenderci? Ecco alcune delle numerose domande a cui il Jwst potrà aiutarci a rispondere.

Come si sono formati i "giovani caldi"?

I primi esopianeti scoperti negli anni Novanta del secolo scorso erano pianeti che non esistono nel nostro sistema solare, i cosiddetti "giovani caldi", grandi come Giove in orbite ravvicinate intorno alle loro stelle madri, con atmosfere torride di circa 1.000 gradi centigradi. Non è ancora chiaro come si siano formati.

Il Jwst proverà a rispondere a questa domanda studiando la composizione chimica delle loro atmosfere. Questo è possibile osservando i pianeti quando passano davanti alle loro stelle: per un breve momento le loro atmosfere

appariranno in silhouette. Nella luce stellare filtrata dall'atmosfera del pianeta, Jwst cercherà le tracce degli elementi chimici.

A novembre, *Nature* ha pubblicato alcune osservazioni sul pianeta Wasp-39b, un gigante torrido che dista circa 700 anni luce dalla Terra, che hanno rivelato nell'atmosfera la presenza di vapore acqueo, monossido e diossido di carbonio, sodio, potassio e biossido di zolfo. È una composizione chimica simile a quella di Saturno, anche se è impossibile sapere se abbia anelli. Non è un pianeta ospitale per la vita, ma un target ideale per comprendere l'evoluzione di questa misteriosa classe di pianeti.

Le osservazioni hanno mostrato un'elevata quantità di ossigeno rispetto al carbonio. Questo suggerisce che Wasp-39b abbia assorbito una notevole quantità di acqua sotto forma di ghiaccio durante la sua formazione, avvenuta quindi a grande distanza dalla stella madre, proprio come Giove. Successivamente però, Wasp-39b è "migrato" verso il centro del suo sistema planetario. Nei prossimi mesi, le osservazioni di altri "giovani caldi" potranno confermare questo scenario evolutivo e aiutare a comprendere la differenza fra l'evoluzione di Wasp-39b e quella di Giove.

Queste osservazioni hanno inoltre mostrato per la prima volta le tracce di reazioni fotochimiche (reazioni chimiche avviate dalla luce stellare ad alta energia) nell'atmosfera di un esopianeta.

La presenza di biossido di zolfo suggerisce che nell'atmosfera la luce della stella madre scinde l'acqua presente nell'atmosfera in idrogeno e idrossido che, reagendo con il solfuro di idrogeno, produce il biossido di zolfo. È un processo simile a

quello che produce lo strato di ozono nell'alta atmosfera terrestre. Probabilmente, è solo il primo esempio di fotochimica su esopianeti.

Di cosa è fatta la pioggia sui mondi di lava?

Alcuni dei pianeti rocciosi finora scoperti orbitano così vicino alla loro stella da essere coperti da oceani di lava. Secondo i modelli teorici, questi mondi potrebbero essere avvolti da nubi di roccia e minerali da cui piove roccia fusa, creando un paesaggio simile a quello di Mustafar, uno dei pianeti della saga di Star Wars.

Il più promettente per lo studio dell'atmosfera e della superficie è il pianeta K2-141b. Orbita intorno alla sua stella in meno di sette ore, rivolgendole sempre lo stesso emisfero, come fa la Luna con la Terra. È un pianeta roccioso come la Terra, ma la temperatura sull'emisfero rivolto alla sua stella è di circa 2.000 gradi centigradi. I modelli teorici prevedono la presenza di nubi rocciose che potrebbero

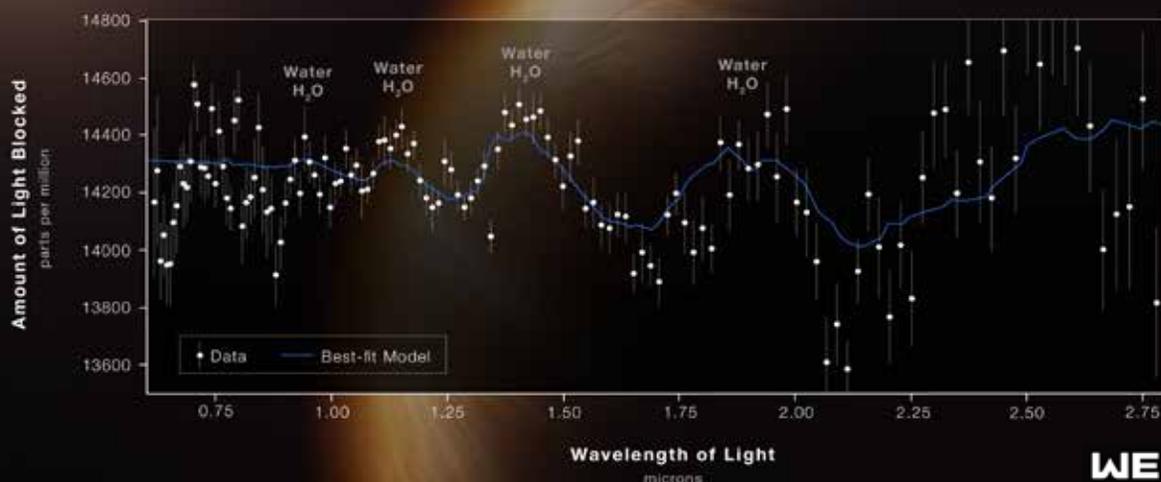
formarsi quando i venti che soffiano verso il lato oscuro del pianeta si raffreddano e condensano, causando piogge. Il gruppo guidato da Lisa Dang della McGill University osserverà il pianeta durante tre orbite complete con lo spettrografo infrarosso MIRI e con l'obiettivo di confermare questo scenario cercando le tracce di monossido di silicio allo stato gassoso.

Quanti pianeti terrestri hanno un'atmosfera?

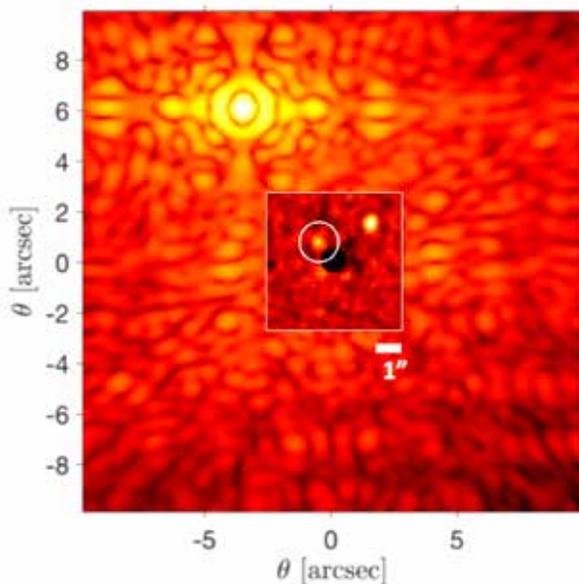
Il Jwst dedicherà molte ore di osservazione allo studio di pianeti simili alla Terra. **Gli esopianeti di tipo terrestre sono abbondanti nella Galassia, ma di nessuno di loro abbiamo mai osservato l'atmosfera. Scoprire se hanno un'atmosfera e determinarne la composizione è il primo passo per cercare tracce di vita nel Cosmo.**

Il laboratorio più interessante per questo studio è offerto dal sistema planetario della stella Trappist-1, una piccola stella rossa relativamente vicina, a quaranta anni luce dalla Terra. Intorno a lei orbitano

Lo spettro dell'atmosfera nell'esopianeta gigante Wasp-96b



WEBB
SPACE TELESCOPE



► Una simulazione delle osservazioni di Alfa Cen A con lo strumento MIRI del Jwst che mostra il rilevamento di un pianeta gioviano (evidenziato dal cerchio al centro) a circa 1 arco secondo di distanza dalla stella, la cui luce è bloccata dal coronografo (zona oscurata al centro). La sorgente luminosa in alto a sinistra è la stella Alfa Cen B, non bloccata dal coronografo. Cortesia: Charles Beichman (Jet Propulsion Laboratory, Usa)

almeno sette pianeti rocciosi. Jwst dedicherà quasi il 10 per cento del tempo riservato alle osservazioni di esopianeti per esplorare questo singolo sistema planetario. Lo scopo è verificare quali pianeti hanno un'atmosfera, determinarne la composizione e (possibilmente) cercare tracce di vita. Finora, le osservazioni con il telescopio spaziale Hubble non sono state sufficienti per rilevare in modo convincente tracce di atmosfere. Ma l'obiettivo è alla portata del Jwst.

Le nane rosse come Trappist-1 sono stelle molto diverse dal Sole: sono poco luminose e inquiete, con improvvisi brillamenti di raggi X e ultravioletti dannosi per la vita. Tuttavia lo studio di questo sistema sarà fondamentale per comprendere sotto quali condizioni i pianeti di tipo terrestre formano atmosfere e se possono mantenere condizioni adatte allo sviluppo della vita.

Tre dei pianeti in questo sistema si trovano nella zona cosiddetta abitabile circumstellare, la zona intorno ad una stella in cui l'acqua liquida potrebbe esistere sulla

superficie di un pianeta simile alla Terra. In particolare, **Trappist-1 è il pianeta del sistema più simile alla Terra in termini di dimensioni ed energia ricevuta dalla sua stella.** Forse già entro il 2023 sarà possibile determinare la presenza o meno di un'atmosfera (rivelando tracce di anidride carbonica o acqua) ma ci vorranno osservazioni di diversi anni prima di conoscere con precisione la sua composizione chimica e trovare (forse) tracce di gas di origine biologica.

Anche se non troveremo gli elementi costitutivi della vita, gli sforzi per comprendere questo peculiare sistema planetario spingeranno in avanti i confini della conoscenza dei pianeti e **ci permetteranno di capire un po' di più i processi fisici che hanno portato la Terra ad avere un ambiente abitabile.**

Ci sono pianeti intorno ad Alpha Centauri A?

Parte del tempo di osservazione sarà dedicato anche alla ricerca di pianeti attraverso l'osservazione diretta. La sfida più affascinante sarà

cercare pianeti nel sistema binario di Alpha Centauri, distante poco più di quattro anni luce da noi. La stella principale del sistema, Alpha Centauri A, è la stella simile al Sole a noi più vicina. È una delle stelle più studiate del cielo ma non sappiamo se ci sono pianeti intorno a lei. Finora le ricerche basate su metodi indiretti hanno escluso la presenza di pianeti giganti.

Utilizzando un coronografo (uno strumento che – bloccando la luce abbagliante della stella – permette di osservare sorgenti milioni di volte più deboli), il team condotto da Charles Beichman (Jet Propulsion Laboratory, Usa) esplorerà la zona abitabile intorno ad Alpha Centauri A alla ricerca di pianeti più piccoli di Giove. Il successo non è sicuro, ma la prospettiva di fotografare direttamente un pianeta attorno alla stella più vicina è una prospettiva entusiasmante. Anche se non si dovesse trovare un pianeta, c'è una buona possibilità di trovare una cintura di asteroidi o di materiale polveroso riscaldato dalla stella. Sarebbe un segnale della presenza di pianeti più piccoli e incoraggierebbe a continuare a cercare con i telescopi spaziali della prossima generazione. **Il Jwst ci riserverà molte sorprese ma non sarà in grado di osservare un eventuale pianeta piccolo come la Terra intorno ad Alpha Centauri A.** Questo è l'ambizioso obiettivo di telescopi ancora in fase di studio, come il Life (Large Interferometer for Exoplanets), che potrebbero vedere la luce nella prossima decade, quando uno dei giovani lettori di questo articolo potrà contribuire a ottenere la prima fotografia di un pianeta come la Terra intorno a una stella lontana. ■

PERCHÉ LA BOZZA CALDEROLI *agita la scuola*



di Ulisse Spinnato Vega

Neo-centrismo regionale: è questo l'incubo dei detrattori del disegno di legge messo a punto dal ministro leghista. L'autonomia regionale rischia di creare 20 sistemi scolastici, con minori risorse per le Regioni che hanno minor gettito fiscale. Per questo, in molti chiedono lo stralcio dell'istruzione dal provvedimento



L'anno scorso hanno già ribattezzata "secessione leggera" e qualcuno ha paventato il rischio di un neo-centralismo regionale, senza il contrappeso di un governo "federale" forte come avviene negli Usa o in Germania. Dall'altra parte, invece, i fautori puntano sui temi della spesa buona e della trasparenza, chiedendo di affidare alle Regioni la gestione esclusiva di alcune materie e delle risorse della fiscalità generale che a queste sono dedicate.

La cosiddetta "bozza Calderoli", ossia il testo del disegno di legge sull'autonomia differenziata messo a punto dal ministro leghista per gli Affari regionali, ambirebbe a rinverdire il vecchio sogno federalista del Carroccio. Ma nel frattempo è andata subito a sbattere contro il muro eretto dalle opposizioni e dalla politica meri-

dionale tutta, governatori regionali in testa. Senza contare una certa freddezza registrata anche tra le fila degli alleati, Fratelli d'Italia *in primis*.

La proposta riguarda potenzialmente 23 materie oggi di competenza mista tra Stato e Regioni, secondo l'articolo 116 comma terzo della Costituzione: dai trasporti alla protezione civile, dai giudici di pace alla tutela ambientale, dai beni culturali al commercio estero. Ed è chiaro che i toni si alzano quando si toccano comparti sensibilissimi come la salute e l'istruzione. Dopo quanto accaduto in sanità con la pandemia e il divario a volte drammatico tra i diversi sistemi regionali, in molti (a partire dai sindacati) chiedono ora di stralciare la scuola dalla bozza.

In pratica, il progetto di Calderoli contempla la possibilità di

affidare a ogni governatore autonomia organizzativa, senza incidere sul programma didattico e in generale sulle prerogative dei singoli istituti scolastici. L'obiettivo cui mirano le Regioni è iniziare l'anno di studi con i docenti assegnati alle classi fin dal primo giorno ma non è chiaro, ad esempio, che cosa potrebbe accadere nel reclutamento e nel trattamento del personale. Potrebbero esserci ruoli regionali per gli insegnanti, con concorsi e contratti territorializzati? Se questo accadesse, si paleserebbe il rischio di un forte differenziale di stipendi tra le varie aree, con migrazioni di massa dei docenti verso i territori privilegiati. Senza considerare che oggi il divario Nord-Sud sui servizi scolastici si interseca con altre disuguaglianze: per esempio quella centro-periferia o quella tra aree urbane e zone rurali interne.

Secondo i sostenitori della riforma, l'autonomia responsabilizzerà tutti e consentirà di tagliare sprechi e inefficienze. Per i detrattori, invece, il nuovo assetto rischia di creare 20 sistemi scolastici, con minori risorse per le Regioni che hanno minor gettito fiscale e che, per lo più, sono quelle maggiormente colpite dai problemi che oggi affliggono la scuola italiana. L'edilizia scolastica, ad esempio, rischierebbe di migliorare a velocità differenziate (oggi su 40mila plessi solo 21mila hanno il certificato di collaudo statico), mentre **i deboli tessuti economici delle aree più arretrate sarebbero meno capaci, senza una regia centrale, di interfacciarsi con il sistema della formazione per aiutare quella tecnico-professionale e l'orientamento al lavoro.**

Calderoli rassicura: "Nessuno subirà riduzioni di trasferimenti, ma la Regione che riuscirà a risparmiare sui nuovi compiti potrà scegliere se garantire più servizi o abbassare la tassazione". Tuttavia, per capire quello che potrebbe succedere tra i banchi del Paese bisogna partire da una premessa: la *querelle* ruota intorno alla discrasia tra la spesa storica, che determinate funzioni hanno impegnato finora, e il fissare fabbisogni e costi cosiddetti standard.

Secondo gli oppositori, la riforma Calderoli è nata zoppa e inattuabile perché non pone in premessa la determinazione dei Lep, ossia i Livelli essenziali delle prestazioni, in pratica le erogazioni in termini di diritti civili e sociali che lo Stato deve assicurare a tutti i cittadini.

Il testo dice infatti che essi saranno determinati con decreto della Presidenza del Consiglio entro 12 mesi dalla data di entrata in vigore della legge e prima del trasferimento di competenze. Ma i Lep sono fermi sulla carta da oltre dieci anni e in molti temono che la riforma, una volta approvata, possa prendere corpo sulla base della spesa storica, che da sempre condanna il Sud alla condizione di brutto anatroccolo.

Il governo Meloni ha allora provato ad accelerare con l'inserimento degli stessi Lep in legge di Bilancio e Calderoli ha insediato una cabina di regia per definire quanto prima fabbisogni e costi standard. L'obiettivo finale della Lega è arrivare a fissarli e a trasferire così le competenze ai territori entro il 2023. **Ma il vero problema dei livelli delle prestazioni, anche per quanto riguarda la scuola, da una parte è politico e dall'altra finanziario.** Come dare qualcosa di più a qualcuno, fissando un *benchmark* dignitoso per tutti, senza togliere a chi ha già?

Come appianare le differenze senza peggiorare la condizione di chi sta meglio? La battaglia sarà durissima. Servono criteri chiari ma soprattutto tanti soldi; non a caso Mariastella Gelmini, che ha preceduto Calderoli, chiese in seno al governo Draghi di creare un fondo *ad hoc*. Le regioni del Sud comunque non vogliono sentir parlare di autonomia basata sulla spesa storica e persino qualche governatore del centrodestra suggerisce di togliere dal tavolo una materia sensibile come la scuola.

Secondo i calcoli di *OpenCivitas*, il portale di accesso ai dati degli enti locali, promosso dal Ministero dell'economia, sul capitolo istruzione le regioni del Sud subiscono uno scarto negativo tra spesa storica e standard di circa il 31%. Mentre il Nord ha avuto il 9% in più di investimenti rispetto

Per capire quello che potrebbe succedere tra i banchi del Paese bisogna partire da una premessa: la *querelle* ruota intorno alla discrasia tra la spesa storica che determinate funzioni hanno impegnato finora e il fissare fabbisogni e costi cosiddetti standard



al fabbisogno reale. Ben l'82% dei Comuni meridionali con la spesa storica è sotto la soglia standard. Nel Centro Italia, invece, metà dei Comuni ha spesa storica superiore a quella standard. Napoli può contare per la scuola su una spesa storica di 78,24 euro per abitante contro un valore standard di 86,81 euro. Reggio Calabria addirittura è a 14,67 euro contro 67,99 euro di costo standard. Dall'altra parte Parma, ad esempio, ha speso storicamente 141,02 euro contro un fabbisogno standard di 112,48 euro. Su questo scenario, per i detrattori della riforma, non può e non deve innestarsi un meccanismo di secessione mascherata in cui i più ricchi gestiscono tutto in proprio, salvo una piccola elargizione per chi sta peggio.

Sul fronte asili nido, dal 2019 i Comuni hanno degli obiettivi minimi che sono una sorta di

anticipo dei Lep: per raggiungerli c'è un fondo di solidarietà comunale con risorse che si stanno via via incrementando.

L'obiettivo (di matrice Ue) è quello del 33% dei posti disponibili ogni cento bambini nella fascia 0-3 anni. Il rischio, però, è che invece di adeguare i fondi a livelli ottimali delle prestazioni, si abbassino questi ultimi fino a essere compatibili con le risorse disponibili. La stessa *Opencivitas*, su dati Istat, mostra che in Emilia Romagna l'89% dei Comuni offre servizi per la prima infanzia, in Calabria meno del 23%. Il Nord è in media sopra il 70%, il Sud al 46%.

Poi bisogna anche fare i conti con l'andamento demografico. In Campania, ad esempio, dal 1980 i nuovi nati sono il 4% in meno, mentre il numero delle scuole è stato ridotto di circa il 30%. In Sicilia le nascite sono crollate del

47% e le scuole sono diminuite di appena un quinto. In Veneto, il calo dei lieti eventi e il taglio degli istituti sono quasi sovrapponibili intorno al 20%. Secondo Svimez, l'associazione che promuove lo studio delle condizioni economiche del Mezzogiorno, però, un alunno della scuola primaria al Meridione sta in aula 100 ore in meno rispetto a un coetaneo del Settentrione; un dato sconvolgente.

Il Nord ribatte sostenendo di ricevere meno soldi per abitante del Sud sulla scuola ma il conto - si risponde - non va fatto sulla popolazione in generale, bensì sul numero di studenti, che nel Mezzogiorno è più alto. Peraltro, il parametro della spesa è inquinato dal fatto che al Sud lavorano gli insegnanti più anziani e quindi con stipendi più alti. Il capitolo istruzione vale 5,1 miliardi di euro per la sola Lombardia e 2,6 miliardi per il Veneto, secondo la Ragioneria generale dello Stato. In queste due regioni la dispersione scolastica è bassa. Al contrario, secondo *Save the children*, la media nazionale è vicina al 13%, ma al Meridione i tassi di abbandono sfiorano e a volte superano il 20%. **La possibile riforma si innesta su questo scenario, con l'Italia che ha uno dei peggiori tassi di laureati in ambito Ocse e soffre anche di un 20% (con picchi del 30% al Sud) di studenti che, pur completando il ciclo dell'obbligo, non raggiungono un livello minimo di competenze.** Morale? La scuola non funge più da ascensore sociale. Certo, il cammino della "bozza" è ancora lungo e Calderoli si è pure definito "ministro dell'armonia"; finora, però, il suo testo ha scatenato effetti di tutt'altro genere. ■



LA SCUOLA *è specchio* DELLA SOCIETÀ

Patrizio Bianchi è stato fino a pochi mesi fa ministro dell'Istruzione del governo Draghi. Ex assessore dell'Emilia Romagna, rivendica la bontà dell'autonomia regionale anche per la scuola: "È un tema da affrontare e non da evitare come se fosse un'infezione. E dal come lo si affronterà dipenderà il nostro futuro"



di Angelo Guerraggio

Patrizio Bianchi ◀
© facebook.com/
ProfPBianchi



E stato per due anni ministro dell'Istruzione nel governo Draghi. Prima, oltre a svariati incarichi, Patrizio Bianchi era stato per una decina d'anni assessore regionale alla scuola, formazione, ricerca, università in Emilia-Romagna. Ha lavorato insomma in una regione che "funziona" ed è poi entrato nella stanza dei bottoni per occuparsi dell'istruzione a livello nazionale. Ha acquisito così una conoscenza approfondita dei problemi della scuola e della formazione al Sud ma già nel suo libro *Nello specchio della scuola* (pubblicato nel 2020 e scritto prima di diventare ministro) parlava di "un grado di divergenza fra Nord e Sud dichiaratamente insopportabile". Osservava poi: "Se il tasso di uscita precoce dal sistema di istruzione e formazione nelle regioni del Nord si avvicina alla media europea, cioè al 10%, nel Sud - con punta massima in Calabria - siamo oltre due volte la media europea, vale a dire che perdiamo per strada molti ragazzi, condannandoli a una povertà educativa che non può che essere fonte di nuova miseria materiale". E aggiungeva: "Non solo si apre una nuova "questione meridionale", basata essenzialmente sulla povertà educativa, che diviene focolaio di nuova povertà materiale, ma sempre più chiaramente l'accumularsi di disuguaglianze riduce l'area che può trainare il Paese verso processi di innovazione".

"Citare però solo i dati dell'istruzione confonde", è l'esordio dell'ex ministro del governo Draghi. "È quello che fanno tutti i centri-studi, dall'Ocse alle Fondazioni Agnelli e Rocca, che basano

La scuola deve essere il luogo in cui far crescere capacità critiche e visioni del mondo oltre il presente, per uno sviluppo socialmente ed economicamente sostenibile.
Attraverso lo specchio della scuola possiamo prefigurare quale democrazia volere per il nostro Paese

la loro analisi solo sui numeri della scuola e vanno inevitabilmente a concludere che l'amministrazione pubblica non funziona e che l'unica via d'uscita è rappresentata dalla scuola privata".

Sì, ma i dati Invalsi esistono. Non se li sono inventati loro.

Non sto dicendo questo ma che i numeri della scuola sono il riverbero di dati più generali. La scuola è lo specchio della società, in cui si riflettono i problemi di tutto il Paese. **È il luogo, la scuola, dove si manifesta il disagio sociale e questo può essere in qualche modo misurato ma è in realtà il riflesso di dati strutturali che riguardano l'organizzazione di tutta la società. Migliora la società e migliorerà anche la scuola.** Naturalmente, a livello di reciproche influenze, vale anche il viceversa. La scuola deve essere il luogo in cui far crescere capacità critiche e visioni del mondo oltre il presente, per uno sviluppo socialmente ed economicamente sostenibile. Attraverso lo specchio della scuola possiamo prefigurare quale democrazia volere per il nostro Paese. Poi, certo, ci sono i problemi specifici della scuola.

Sui rapporti tra educazione e sviluppo lei è impegnato anche con una cattedra Unesco...

Le cattedre sono progetti di ricerca di durata quadriennale, rinnovabili, che hanno l'obiettivo di diffondere la cultura dell'Onu basata sulla centralità dell'educazione come motore della vita civile e dello sviluppo e nel contempo costruire una rete a livello mondiale per tenere assieme situazioni che possono diventare conflittuali. Adesso le cattedre Unesco sono circa 800. A me questa possibilità è stata offerta due anni fa. L'ho accettata indicando come nome della mia cattedra "Education, growth and equality" per sottolineare il rapporto tra educazione e sviluppo in condizioni di uguaglianza. L'incarico è naturalmente rimasto di basso profilo mentre facevo il ministro. Adesso ho ripreso la ricerca anche attraverso una ricca banca-dati di profili professionali che permette di analizzare come cambia la tipologia dello sviluppo, cosa chiedono le aziende e non trovano.

Torniamo all'Italia e al divario Nord-Sud. Come ministro, quali sono stati i provvedimenti che ha messo in atto per ridurre questo divario nella scuola?

Come governo, abbiamo investito 20 miliardi nel nostro sistema scolastico con una cifra che non ha precedenti; abbiamo in particolare deciso di portare la

banda larga nei 44.000 edifici della scuola italiana. Abbiamo deciso di stanziare per il Sud almeno il 40% dei fondi previsti dal Pnrr.

Di questi 20 miliardi totali, 5 sono stati destinati alle scuole d'infanzia e agli asili-nido, di cui appunto oltre il 40% nel Mezzogiorno, proprio perché è nella prima infanzia che si registrano le maggiori differenze tra Nord e Sud. Trovo insopportabile, e dalle conseguenze inquietanti, il fatto che la probabilità per le famiglie di trovare un posto all'asilo nido per i loro bambini sia del 50% a Reggio Emilia e meno del 5% in molte città del Sud. Ebbene, di fronte alle risorse messe a disposizione dal governo, abbiamo trovato diverse resistenze in molti sindaci del Mezzogiorno che hanno posto problemi culturali e gestionali: i primi riguardavano il basso tasso di occupazione femminile che non renderebbe prioritario l'investimento in nidi. I secondi, la fragilità della macchina amministrativa locale che non sarebbe in condizione di gestire nei tempi richiesti fondi ingenti e progetti complessi.

E che cosa ha fatto?

Abbiamo risposto assegnando 900 milioni per l'assunzione e la formazione di personale in grado di gestire i servizi attivati. Poi ho voluto rassicurare i sindaci affidando la progettazione delle nuove scuole ad architetti di grande valore come Renzo Piano, Stefano Boeri, Mario Cucinella, che voglio qui ringraziare. Mi hanno spiegato che **la scuola non va più pensata come una serie di corridoi con le porte chiuse e gli attaccapanni per i cappotti, come è stato per la nostra generazione, ma come**

uno spazio aperto, di volta in volta ridisegnabile in funzione delle attività che si svolgono.

Devo dire che in questo percorso sono stato aiutato dall'esperienza di assessore regionale, quando abbiamo dovuto patire il terremoto del 2012 e siamo stati in grado di ricostruire 100 scuole in pochi mesi.

Sorpreso dall'atteggiamento dei sindaci del Sud?

Il problema è istituzionale: garantire l'autonomia alle regioni e nel contempo garantire la qualità di determinati servizi a tutti. È un tema da affrontare, da studiare, non da evitare come se fosse un'infezione. E dal come lo si affronterà dipenderà il nostro futuro. Uno Stato centralizzato, dove tutto è rigido e gestito in via amministrativa, non può funzionare. **Un sistema complesso, aperto e integrato a livello internazionale, deve avere delle autonomie per poter affrontare le diversità garantendo a tutti gli stessi diritti e richiedendo gli stessi doveri: il problema è dove collocarle. Adesso abbiamo un sistema che non è né centralizzato, né federale.** Patiamo in particolare l'assenza di un meccanismo di compensazione e di comunicazione in modo che le esperienze più positive invadono gli altri territori. Per quanto riguarda la scuola, l'apparato normativo approvato nel

1997 configurava un'offerta didattica che tenesse insieme una prospettiva nazionale, una dimensione unitaria di garanzia e di valutazione, e una prospettiva territoriale con cui la scuola si inseriva nelle comunità locali. Questo impianto si è però progressivamente insabbiato in una struttura che ha continuato a basarsi su una modalità organizzativa centralizzata, che ha di fatto ostacolato il trasferimento ai territori e alle istituzioni scolastiche di tutte le competenze per potersi muovere in autonomia.

Questa rivendicazione delle autonomie regionali non è condizionata dall'esperienza vissuta come assessore in Emilia-Romagna, che è una regione che "funziona"?

È indubbio che l'esperienza emiliana sia stata per me importante e che io abbia tentato di replicare a Roma il modello emiliano. Penso d'altra parte che sia l'unica strada da seguire: partire dalle buone pratiche regionali, laddove si sono realizzate, e provare a generalizzarle esportandole negli altri territori. Faccio l'esempio della filiera della formazione professionale e tecnica – dalla scuola tecnica fino agli Istituti Tecnici Superiori (Its) – che il governo Draghi ha riformato dopo la loro progressiva decadenza

Per quanto riguarda la scuola, l'apparato normativo si è progressivamente insabbiato in una struttura che ha continuato a basarsi su una modalità organizzativa centralizzata, che ha di fatto ostacolato il trasferimento ai territori e alle istituzioni scolastiche di tutte le competenze per potersi muovere in autonomia



La foto ufficiale del Governo Draghi scattata dopo la cerimonia di giuramento al Palazzo del Quirinale. © Quirinale.it

dovuta alle recenti riforme che ne avevano confuso riconoscibilità e identità. L'ha riformata introducendo una maggiore flessibilità nei programmi, ora più legati alle esigenze del territorio, un attestato che certifichi a ogni livello il lavoro svolto e una riarticolazione degli Its al Sud. **La formazione professionale a carico delle regioni svolge un ruolo fondamentale per ridurre le disuguaglianze;** in tre anni dà la qualifica che serve per lavorare come cuoco, tecnico di saldatura, addetta alle cure estetiche ecc. Interviene sulla fascia di età dai 14 ai 16 anni ed è uno strumento cruciale per combattere la dispersione scolastica. Lavorando proprio sulla formazione professionale, come assessore sono riuscito a ridurre drasticamente la dispersione scolastica in Emilia Romagna e a portarla sotto la media europea. Le strutture regionali di formazione professionale sono presenti e forti nel Nord ma mancano o sono molto più fragili nel Sud.

Che idea si è fatta del Ministero dell'istruzione e della sua organizzazione?

Indubbiamente è un'organizzazione complessa. Ha di fatto 1 milione e mezzo di dipendenti! Solo gli insegnanti sono 800.000.

Gli studenti sono più di 10 milioni, una cifra che con le famiglie raccoglie almeno la metà degli italiani. A fronte di questi numeri ci sono quelli delle persone che lavorano al ministero: quando sono arrivato, ho trovato un organico scoperto per il 40% perché erano 15 anni che non c'erano nuovi ingressi. Ho assunto 600 laureati e 50 dottori di ricerca. Ma questo purtroppo non è sufficiente a cambiare un'organizzazione **dove il personale non ha incentivi e manca qualunque meccanismo legato alla crescita professionale.**

Come si è trovato a lavorare con Draghi?

Bene. Lo conoscevo da parecchi anni. Dai tempi della privatizzazione dell'Iri e ancor prima a Trento quando, nei primi anni Ottanta, sono stato suo assistente universitario. Il nostro è stato un governo anomalo nella storia della Repubblica, un governo dove la presenza di ben 8 ministri tecnici, oltre il Presidente del Consiglio, è stata prevalente, con persone molto equilibrate e competenti anche tra i ministri politici. Ho trovato particolarmente sensibile, presente e informato sui problemi della scuola, il Pre-

sidente Mattarella che, concluso il mio mandato, ha voluto ricevermi e ringraziarmi per il lavoro svolto. Per me è stata la migliore conclusione dell'esperienza governativa che potessi desiderare.

Ma è soddisfatto dell'esperienza ministeriale?

Sono soddisfatto delle cose che ho fatto ma avrei voluto portare a realizzazione il progetto della scuola di alta formazione per gli insegnanti; è tutto pronto ma toccherà al nuovo ministro, se lo vorrà, darle il via. Avrei voluto anche lasciare a uno stato più avanzato il progetto del professore esperto ma ho trovato qualche resistenza in più di quanto mi aspettassi anche da parte sindacale. **La mia idea era di introdurre una formazione continua dei docenti, differenziandola per funzioni.** La scuola è un'organizzazione complessa. Un istituto con 2.000 studenti e 150 tra docenti e personale è una struttura complessa che non può funzionare secondo un modello gerarchico che non prevede assunzione di responsabilità. La mia idea era di introdurre un *middle management* che coinvolgesse pure alcuni insegnanti. Quindi anche con una certa differenziazione stipendiale, pagando di più chi lavora di più. ■

LE TENSIONI TRA INDIA E CINA *spiegate con la teoria dei giochi*

Le incursioni militari di Pechino sul confine nord dei rivali non solo continuano a ripetersi, ma sono tutt'altro che "accidentali" e seguono una strategia coerente volta a garantire al Dragone il controllo di quella regione. Uno studio internazionale spiega come



di Gianmarco Pondrano Altavilla

A studiarle senza i dovuti strumenti di analisi, le incursioni militari che di tanto in tanto la Cina compie in territorio indiano potrebbero apparire il frutto di quei quasi "fisiologici" andirivieni di truppe e mezzi che caratterizzano tanti confini contestati nel mondo. Certo preoccupanti, ma tutto sommato "ordinaria amministrazione" dove la tensione corre tra due Stati in contrasto pluridecennale per il possesso di determinati territori. E, invece, l'occhio della teoria dei giochi ha permesso di scoprire qualcosa di più: che, in effetti, sotto l'occultamento di una apparente "casualità" si cela un disegno espansionistico ben preciso da parte del Dragone, condotto con metodo e costanza e che alla lunga rischia di acuire la conflittualità tra due dei principali giganti nucleari del Pianeta.

Un nuovo studio pubblicato su *PLoS ONE* – che ha visto la teoria dei giochi entrare a gamba tesa nel campo dell'analisi geopolitica



– ha infatti permesso di scoprire che le incursioni militari della Cina sul confine nord dell'India non solo continuano a ripetersi, ma sono tutt'altro che "accidentali" e seguono – come detto – una strategia coerente volta a garantire a Pechino il controllo di quella regione.

Il confine tra India e Cina ha vissuto conflitti ricorrenti ed è considerato la linea di contesa tra Stati più lunga del mondo. Si tratta di una zona ricca di riserve minerarie e nel settore occiden-

tale è situato uno dei più grandi giacimenti di zinco-piombo del mondo. In più, la linea di contatto attraversa anche zone di interesse relative allo sfruttamento dell'energia idroelettrica. Tutto questo senza contare diverse caratteristiche strategico-militari di primaria importanza di quella parte del globo. Curiosamente, in un momento in cui svariati commentatori (non si sa quanto a proposito) formulano paragoni tra la situazione attuale nel teatro europeo e la crisi dei missili di

Cuba, pochi ricordano che proprio in quel "vivace" 1962 le forze armate cinesi e indiane "vennero alle mani" in modo aperto anche se per un breve periodo. Nel corso degli anni a seguire, i due Paesi hanno firmato diversi accordi bilaterali, un processo che è culminato nel 2005 in un protocollo volto a sviluppare un partenariato costruttivo e a lungo termine, in attesa di una risoluzione definitiva del conflitto.

In particolare, i due colossi asiatici avevano concordato di non usare la forza né di minacciare di usarla l'uno contro l'altro. Tuttavia, da allora, la relazione si è deteriorata per diversi motivi. Il *surplus* commerciale di cui l'India godeva fino al 2005 si è trasformato in un deficit multimiliardario, che ha creato forti correnti sotterranee di sfiducia. Inoltre, la Cina ha notevolmente aumentato sia le sue spese militari che il suo sostegno militare al Pakistan, provocando un alto grado di preoccupazione in India. Dettaglio da non sottovalutare è lo *status* di potenza nucleare dei due Stati. La Cina e l'India possiedono entrambe armi nucleari, sebbene aderiscano a una politica di non primo utilizzo e il rischio di un'*escalation* nucleare sembri minimo. Tuttavia, la tensione potrebbe degenera-

**I due colossi asiatici
avevano concordato
di non usare la forza
né di minacciare di usarla
l'uno contro l'altro.
Tuttavia, da allora,
la relazione si è deteriorata
per diversi motivi**

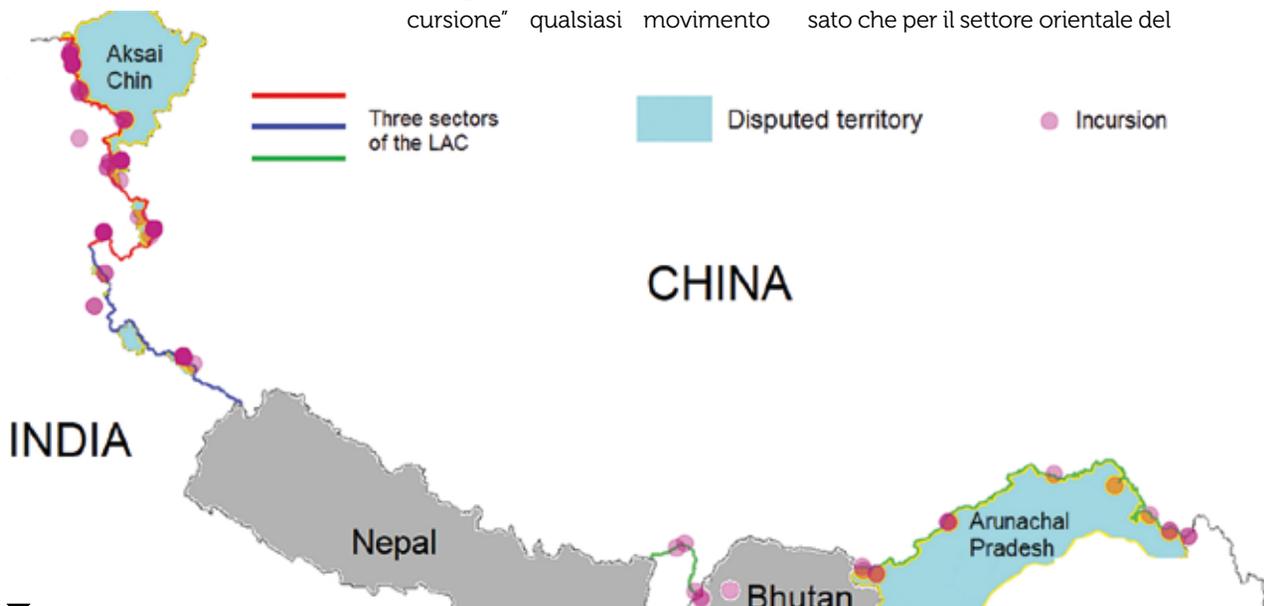
re comunque con l'uso di missili convenzionali. Gli esperti hanno anche sottolineato che questi armamenti convenzionali sono collocati insieme ai missili nucleari e che è difficile distinguere tra i due. Il rischio di *escalation* nucleare è quindi minimo, ma non del tutto trascurabile. **Tra rivendicazioni reciproche e conflittualità più o meno aperte, insomma, lo status quo appare tutt'altro che stabile.** Ne è conferma lampante quanto accaduto il 15 giugno 2020 quando una pattuglia indiana e una pattuglia cinese si sono scontrate nella valle del fiume Galwan, un'area contesa lungo il confine. Le pattuglie erano disarmate secondo gli accordi bilaterali, ma i soldati hanno usato sassi e bastoni provocando la morte di 20 soldati indiani e di un numero imprecisato di soldati cinesi (il governo cinese ha riferito di 4 morti, mentre la rivista *Time* ne ha stimati 35).

Subito dopo lo scontro, entrambe le parti hanno cercato di ridurre la tensione attraverso cicli di colloqui, aumentando però nel frattempo la loro presenza militare. Nel 2021 hanno deciso di ritirare le loro truppe da una serie di zone rosse e il numero di incursioni è sembrato diminuire. Cionondimeno la tensione è rimasta alta. Nel tempo, le incursioni hanno teso a ripetersi in due regioni distinte: l'Aksai Chin, una regione a nord del Nepal controllata dalla Cina ma rivendicata dall'India, e l'Arunachal Pradesh, una regione a est del Bhutan controllata dall'India ma rivendicata dalla Cina.

Ai fini dello studio pubblicato su *PLoS ONE*, i ricercatori della Delft University of Technology nei Paesi Bassi, della Northwestern University, USA, della Princeton University, USA, della Netherlands Defence Academy, ancora nei Paesi Bassi, e infine del Dartmouth College, Usa, hanno definito "incursione" qualsiasi movimento

di truppe cinesi attraverso il confine – a piedi o con veicoli – in aree che sono internazionalmente riconosciute come territorio dell'India. Sulla base di questa definizione hanno raccolto un set di dati che fa riferimento al periodo che va dal 2006 al 2020, applicando poi a questi stessi dati la teoria dei giochi e diversi metodi statistici per un'analisi delle incursioni. Risultato: nel periodo considerato non solo c'è stata una crescita del numero di incursioni in territorio indiano, ma gli autori hanno concluso che non si è trattato di situazioni "accidentali" o scollegate tra loro, ma di una vera e propria strategia coordinata da parte del Dragone con fini espansionistici.

"La probabilità di casualità è molto bassa – ha affermato V.S. Subrahmanian della Northwestern, autore senior dello studio – e ci suggerisce che si tratti di uno sforzo coordinato. Va però precisato che per il settore orientale del



La carta relativa alla linea del confine e ai suoi tre settori.

I luoghi delle incursioni lungo la linea del confine. I punti colorati rappresentano il numero di incursioni. I più grandi territori contesi sono Aksai Chin a ovest e Arunachal Pradesh a est. © Plos One (journals.plos.org)

I ricercatori hanno raccolto un set di dati che fa riferimento al periodo che va dal 2006 al 2020, applicando poi a questi stessi dati la teoria dei giochi e diversi metodi statistici per un'analisi delle incursioni. Risultato: non si è trattato di situazioni "accidentali" o scollegate tra loro, ma di una vera e propria strategia coordinata da parte del Dragone con fini espansionistici

confine ci sono prove molto meno consistenti di un coordinamento." Nel set di dati di 15 anni, i ricercatori hanno notato una media di 8 incursioni all'anno. Le stime del governo indiano, tuttavia, sono molto più alte, fino a raggiungere la cifra di circa 300 all'anno. "Sebbene il governo indiano abbia reso pubblici questi dati – ha aggiunto Subrahmanian – non abbiamo potuto disporre dei dettagli alla base di tali stime. Potrebbero aver contato una serie di eventi temporalmente prossimi come incursioni indipendenti, mentre noi li abbiamo contati tutti come parte della stessa incursione. Ma **quando abbiamo tracciato su un grafico i nostri dati e i loro, le curve hanno presentato comunque la stessa forma. Entrambe mostrano che le incursioni sono aumentate, ma non costantemente.** Salgono e scendono, pur continuando a tendere verso l'alto".

Sebbene i principali "punti caldi" per le incursioni siano concentrati tanto nell'Aksai Chin che nell'Arunachal Pradesh, l'analisi basata sulla teoria dei giochi dei ricercatori ha segnalato solo le incursioni in Aksai Chin come parte di uno sforzo coordinato. Basandosi sempre sulla teoria dei giochi, i ricercatori hanno concluso che

la Cina ha cercato di stabilire un controllo permanente sull'Aksai Chin assegnando più truppe per un periodo di tempo più lungo rispetto all'India. "La Cina si impossessa di un po' di territorio e poi ancora di un po', finché l'India non accetterà che si tratti di territorio cinese", ha detto Subrahmanian. "C'è un detto: 'Mantieni la pentola in ebollizione ma non lasciarla traboccare'. La Cina prende diversi piccoli pezzi di terra alla volta, ma tiene la sua espansione sotto la soglia della linea che porterebbe l'India a contrattaccare. Il punto è che, poco alla volta, il territorio occupato è diventato più grande".

"Che ci siano più incursioni nel settore occidentale comunque non è una sorpresa – ha proseguito Subrahmanian – perché l'Aksai Chin è un'area strategica che la Cina vuole sviluppare, quindi è un'area critica per loro. È un passaggio vitale tra la Cina e le regioni autonome cinesi del Tibet e dello Xinjiang". In un articolo precedente (pubblicato da *Nature Humanities and Social Sciences Communications* nel 2021), **Subrahmanian e i suoi collaboratori hanno valutato quando è più probabile che si verifichino le incursioni. Hanno scoperto che la Cina attacca quando si sente più vulnerabile.**

"Abbiamo riscontrato un aumento delle incursioni quando la Cina vive un periodo di stress economico", ha affermato Subrahmanian. "Così come sono più probabili le incursioni quando l'India si avvicina agli Stati Uniti". Sulla base dei risultati di analisi ottenuti, Subrahmanian e i suoi colleghi sperano che la tensione possa essere affrontata in futuro con maggiore cognizione di causa. **Ritengono che gli interventi militari dovrebbero essere l'ultima risorsa. Invece, suggeriscono negoziati bilaterali sviluppando sistemi di allerta precoce per prevedere quando potrebbero verificarsi le incursioni o un programma di rafforzamento dell'economia indiana per sfidare il dominio economico della Cina.** "Una economia cinese solida si traduce in una maggiore aggressività in tutto il mondo", ha detto Subrahmanian. "Nessuno vuole una guerra, non solo in termini di vite umane, ma in termini di effetti economici a catena. Sarebbe uno tsunami economico". Sfortunatamente, i recenti sviluppi indicano che la Cina sta compiendo passi nella direzione sbagliata. Cina e Bhutan hanno firmato un accordo bilaterale per risolvere la disputa sull'altopiano di Doklam, escludendo l'India. I media cinesi hanno presentato questo accordo come un affronto al governo indiano, il che non è di buon auspicio. Se la Cina perseguirà questo approccio, ciò potrebbe portare a un peggioramento del conflitto, lasciando come unica opzione per l'India una forte alleanza militare con i paesi AUKUS, il patto di sicurezza trilaterale tra Australia, Regno Unito e Stati Uniti. ■

IL PAESINO *può attendere*



di **Simonetta Di Sieno**

Era da parecchio tempo che volevamo parlare con Giovanna Fragneto, ricercatrice formatasi in Italia ma che svolge il suo lavoro altrove. Nel suo caso all'Institut Laue-Langevin (ILL) di Grenoble dove coordinava e gestiva fino a pochi giorni fa un gruppo che studia strutture su larga scala e faceva ricerca nell'ambito della materia soffice. C'è però voluta la nomina a direttore scientifico e coordinatore dell'European Spallation Source (ESS) per trovare il modo di incontrarsi. In pieno trasloco. Sulla parete alle sue spalle una libreria è ancora totalmente vuota e solo il panorama che si coglie dalla finestra di fianco alla sua scrivania dà un'idea del luogo in cui adesso Giovanna lavora.

Giovanna Fragneto
(courtesy of François Henry)





Giovanna Fragneto è direttrice scientifica alla European Spallation Source di Lund, in Svezia, destinata a diventare la più potente sorgente pulsata di neutroni. A Grenoble è diventata una delle poche donne in ruoli apicali. Sogna di poter tornare in Italia ma "temo che lo farò da pensionata"

Come sei arrivata in Svezia? Che cosa ci fai in questo studio da Grande Nord?

Sono una ricercatrice, incaricata della direzione scientifica di questa organizzazione che è una sorgente di neutroni a spallazione europea, una sonda che permette di studiare la struttura della materia a livello dell'Ångström, quindi al di sotto del nanometro, e dinamiche dell'ordine del picosecondo, nanosecondo, insomma rapidissime. **È un grosso progetto, non della Comunità europea ma finanziato da vari Stati europei. Un progetto che è costato e costa svariate centinaia di milioni di euro e il cui primo esito è la costruzione della sorgente di neutroni più potente al mondo, in grado di studiare la struttura e la dinamica della materia.**

Dicendo materia penso a materiali di interesse per l'energia come le batterie o per la salute con studi per il cancro, l'Alzheimer, o ancora per sistemi magnetici.

Da dove è cominciata questa storia?

Mi sono laureata in chimica a Napoli nel novembre del 1992 e, prima di laurearmi, ho trascorso un anno in Inghilterra con il pro-

getto Erasmus a Norwich. Era uno dei primissimi anni dell'Erasmus – a Napoli era il secondo anno – e fui l'unica a far domanda e quindi l'ho ottenuto molto facilmente. A Norwich, un professore mi ha suggerito di fare un dottorato. Io non ci avevo proprio pensato: immaginavo di laurearmi e di cercare lavoro in un'industria. Mi ha dato una lista di professori ai quali scrivere per chiedere se avevano una borsa di dottorato. Al primo posto c'era l'università di Oxford e mi ha detto: "Prova prima qui perché è la migliore". A Oxford ha funzionato immediatamente e sono partita. Ho fatto un dottorato in chimica fisica ed è lì che per la prima volta ho scoperto questa tecnica di diffusione dei neutroni che si fa in pochi centri specializzati al mondo. Oltre al centro vicino a Oxford, ce n'era uno a Grenoble e ce ne sono anche negli Stati Uniti, in Australia e in Giappone. Così è partita la mia carriera nel mondo della ricerca. Dopo, ho fatto un post-dottorato a Parigi all'Istituto Curie e sono arrivata all'ILL di Grenoble dove sono stata per venticinque anni. **Questo centro per il momento è il migliore al mondo ma si pensa che un giorno l'ESS lo rimpiazzerà.**

Hai una carriera doppia: come coordinatrice di strutture di ricerca e come ricercatrice tu stessa. Come sei riuscita a tenere insieme i due ruoli?

L'ILL è un posto dove un po' da tutto il mondo vengono scienziati per fare degli esperimenti e trovano persone che li aiutano nel loro lavoro, collaborano, "mantengono" le macchine ecc. **Io ho cominciato come responsabile di una di queste macchine. Poi ho fatto un salto di carriera e mi sono occupata di un partenariato con un altro Istituto europeo che è a Grenoble**, un sincrotrone, Esrf, per potenziare studi di sistemi di materia soffice, come i polimeri, gel, tensioattivi, lipidi e così via. Dal 2015 sono stata a capo di un gruppo di una sessantina di persone fra scienziati, tecnici, amministrativi e studenti e nel frattempo ho continuato a portare avanti, in collaborazione con scienziati di tutto il mondo, un programma di ricerca sulla struttura di membrane biologiche e l'interazione con medicinali, proteine antibiotici.

Adesso sei passata a questo centro di Lund che ha l'ambizione di diventare il nuovo punto di riferimento in Europa per questi studi. Questa affermazione femminile è costata molta fatica?

Non lo so. Molta determinazione, molta buona volontà. A Grenoble, per vent'anni, ho militato in *Parité Science*, un'associazione per la parità nelle scienze con la quale ho organizzato vari colloqui, fiere e interventi nelle scuole. È stata una partecipazione che mi ha aperto un po' gli occhi. All'i-

nizio, come spesso capita anche alle mie colleghe, pensavo: "Ho fatto la mia carriera, non ho subito discriminazioni". Non vedevo il problema della mancanza di parità e non mi accorgevo di come spesso per riuscire in questa doppia carriera ci si deve mascolinizzare un po'. Fare una vita come se tu fossi un maschio. Ho due figli e mi è capitato spesso di incontrare persone che mi dicevano: "Oh, non avrei immaginato!". I due figli non si vedevano, non ostacolavano il mio lavoro anche se dovevo partire di frequente e dovevo lavorare di sera o nei weekend come tutti quelli che fanno il mio lavoro. Ma anzitutto questi bambini avevano un padre e poi ci si organizza. I miei figli sono andati nei centri giochi. Non bisogna necessariamente restare con loro tutto il tempo. Se il tempo che uno gli dedica è di una certa qualità, può funzionare. *Parité* mi ha aperto gli occhi e ho cominciato a intendere i discorsi sul soffitto di cristallo: **non ci sono molte donne nei ruoli di dirigenza per tanti motivi, ma a volte sono anche le donne stesse che non osano lanciarsi**. Hanno paura che il nuovo ruolo possa richiedere troppo tempo e mettere in difficoltà la famiglia. Un altro motivo è che, mentre gli uomini tendono a sopravvalutarsi, le donne sono più pragmatiche: non sono all'altezza di questo lavoro perché richiede effettivamente una serie di competenze e io non le ho tutte. Mentre il maschio si lancia, la donna è più frenata. Così, quando è capitata a me l'occasione, ho voluto lanciarmi. Ho provato, sono diventata prima *group leader* e adesso ho questo incarico

di direzione. Mi sono domandata anche se la mia nomina sia stata almeno in parte conseguenza della forte richiesta di dare spazio e visibilità delle donne, ma in realtà la competenza io ce l'ho e, quando mi hanno nominato, la reazione di tutti – ne sono orgogliosa – è stata di contentezza. **Le persone erano contente di vedermi qui e pensano che potrò fare bene. Cosa che mi mette un po' di pressione perché l'impresa è davvero difficile**. C'è stato un finanziamento molto grosso, per vari motivi ci sono stati dei ritardi ma ora tutto deve funzionare.

Dalla ricerca di cui ti occuperai qui in Svezia possiamo aspettarci applicazioni importanti oppure è ancora una ricerca di base, teorica?

È quella che si chiama ricerca fondamentale: cerchi di capire quali sono i meccanismi che stanno dietro le cose, a livello atomico e molecolare. Poi c'è sempre più pressione per mostrarne l'utilità. Per esempio, durante la pandemia ci hanno chiesto di



renderci utili per capire – è quello che faccio io – il meccanismo di interazione del virus con le membrane, come entra all'interno della cellula, con l'idea che, se lo si capisce, poi si possono immaginare medicinali che possano bloccare questa diffusione. Ci hanno consentito di andare in laboratorio durante il confinamento e siamo riusciti a pubblicare qualche risultato. Abbiamo anche un uso industriale delle nostre macchine e alcune imprese hanno fatto misure da noi sulle strutture che utilizzano per i vaccini. **Abbiamo programmi abbastanza spinti sulle batterie: energia, ambiente, salute sono le parole chiave attorno alle quali ruota il nostro lavoro, ma la nostra è soprattutto ricerca fondamentale.** Rispetto ai miei colleghi italiani che devono passare molto del loro tempo a compilare *grant applications* per ottenere fondi che paghino uno studente o una macchina, qui siamo più fortunati perché le nostre strutture sono ricche.

E questo – stipendi migliori, sicurezza nei finanziamenti, serenità nel lavoro – è anche uno dei motivi per cui ci sono tanti italiani all'estero. Si tratta di un vero e proprio disastro per il nostro sistema pubblico: le tasse degli italiani ci hanno portato alla laurea e adesso io compro casa in Francia, pago le tasse in Francia, non restituisco nulla al Paese che mi ha formato.

Quando mi è arrivata la possibilità di fare il dottorato a Oxford, mi dicevo: "Ma sì, Oxford è prestigiosa, imparo bene l'inglese, poi torno e trovo un lavoro". I colleghi del Dipartimento mi rispondevano: "Guarda che se parti, non torni più. Una volta che avrai visto come funziona lì, non vorrai più tornare". Hanno avuto ragione. Però sogno sempre di tornare. Amo molto la Toscana e se non ci fosse stata questa grande tentazione svedese ora forse sarei lì. Ma mi sa che farò come tutti i migranti che si rispettano: tornerò con la mia pensione al paesino...

Torniamo all'osservazione che hai fatto sul ruolo che la pressione esterna gioca nel dare visibilità alle donne. Va d'accordo con alcuni esempi che vengono da altri Paesi, come la Germania.

La Germania è stata per me una delusione. Angela Merkel ha cercato di migliorare la situazione ma all'epoca mi aveva meravigliato scoprire che in Germania (come in Svizzera) la donna quando faceva un figlio doveva stare a casa perché altrimenti era vista male. Ma così si rallenta la carriera. Venendo dal Sud dell'Italia pensavo "Noi siamo in uno dei posti peggiori" ma poi mi sono resa conto che non è affatto vero. **Anche la Francia potrebbe fare molto di più visto che ha servizi sociali molto avanzati:** io ho potuto fare in Francia quello che con due bambini non avrei potuto fare senza i nonni in Italia ma, ciononostante, la situazione delle donne non è molto migliore. Soprattutto nelle scienze, le ragazze non sono interessate. Le facoltà scientifiche, a parte biologia e chimica che sono percepite come più accessibili, vedono davvero poche ragazze fra i loro studenti.

Veduta aerea dell'European spallation source a Lund, in Svezia
© Roger Eriksson/ESS (<https://dam.ess.lu.se/asset-bank>) - CC BY-SA 4.0



Hai parlato del Sud d'Italia. Quanto ha inciso la tua famiglia d'origine sul tuo modo di affrontare questi problemi?

Vengo da una casa dove eravamo quattro sorelle e una mamma molto presente, un vero punto di riferimento. Avevamo anche una nonna che è stata con noi per tantissimi anni e aveva un carattere molto forte, molto dominante. In casa non c'è stata distinzione fra quello che chiedi a una ragazza e quello che chiedi a un ragazzo: nessuno mi ha mai detto che non ero capace. ■

LE PAROLE *sono importanti*



di Lorena Corrado

*Ha preso il via a Roma "Parliamo matematico":
una serie di incontri nei quali si gioca
con determinati termini, sottolineandone i diversi
significati che possono avere in ambito
scientifico e non*

Lo scorso 8 novembre c'è stata una bellissima luna piena. Grazie a un cielo libero da nuvole è stato possibile osservarla a occhio nudo, misurarne a spanne la distanza da Giove, constatarne lo spostamento nel corso della serata dopo aver fissato un punto di riferimento.

Poco dopo le 18, una trentina di persone si sono riunite nella Sala Cittadina del II Municipio di Roma per partecipare al secondo incontro del ciclo "Parliamo matematico" ed esplorare il significato della parola ruotare. La Luna e la Terra ruotano. Su se stesse, l'una intorno all'altra, insieme attorno al Sole. Si può ruotare attorno a

un punto fisso e osservare come cambia il campo visivo. Possiamo provare a ruotare le diverse parti del nostro corpo, fermandoci ad ampiezze variabili.

"Ruotare" è una di quelle parole che assumono significati diversi quando cambia il contesto in cui vengono usate: parole polisemiche.

Proprio attorno ad alcune parole polisemiche è stata costruita dal **Dopolavoro matematico** l'iniziativa *"Parliamo matematico: ciclo di parole per adulti"*, che ha preso il via nel mese di ottobre e durerà fino a giugno 2023. Nei nove incontri pubblici – uno ogni secondo martedì del mese – si discuterà di una parola diversa sottolineandone i molteplici significati che può avere in ambito matematico e non.

L'approccio è semplice, quando possibile laboratoriale, con osservazioni dirette e materiali poveri.

Crescere, ruotare, interpretare e *collegare* sono i primi quattro termini scelti.

Vi siete mai chiesti come crescono i corpi? E il numero di pesci in uno stagno? E il Pil? Avete mai pensato che esistono diversi modi per crescere e che li si possono descrivere in modo diverso matematicamente?

Che cosa bisogna interpretare in matematica? Non è già tutto chiaro e ben definito, ovvero matematico?

Come si connettono due piazze? E due proteine? Come si connettono le persone? E le

nazioni? Collegare è un termine umano che ci fa sentire vicini e connessi... e cosa c'entra la matematica?

Gli incontri sono rivolti a chi non pratica più la matematica ma ha bisogno e voglia di riviverla e di scoprire che esiste anche una dimensione ludica, avventurosa e accattivante di questa disciplina.

Sì, perché la matematica viene spesso percepita come qualcosa di noioso, scolastico, ostile. La narrazione dominante la dipinge come una questione accademica, accessibile a pochi esperti. Con l'obiettivo di abbattere questi stereotipi e costruire una nuova centralità della matematica e del pensiero matematico, è nato quasi un anno fa il *Dopolavoro matematico*, un movimento culturale e politico costituito da un gruppo di volontari di età e formazione diverse, molti dei quali lavorano con la matematica e intendono diffonderla come strumento di cittadinanza attiva.

Esprimere adeguatamente informazioni, risolvere e porsi problemi, progettare e costruire modelli di situazioni reali, operare scelte in condizioni

d'incertezza dovrebbero essere competenze di ogni cittadino consapevole e critico.

Rendere più comprensibili a tutti concetti come il coefficiente di riproduzione R_t , lo *spread*, i tassi di interessi bancari, il Pil può sicuramente aiutarci a capire meglio la realtà che ci circonda.

Parliamo matematico non è la prima iniziativa del *Dopolavoro matematico*. Dopo le giornate del 13 marzo (vigilia della Giornata Internazionale della Matematica) e del Primo Maggio Matematico, che si sono svolte nelle strade della periferia romana del Terzo Municipio, offrendo laboratori e seminari a grandi e piccini, è arrivata l'Estate Romana Matematica: tre serate di cabaret su temi come l'infinito e la probabilità.

La rievocazione novecentesca e operaia del nome del movimento si intreccia in maniera significativa con il luogo che ospita l'iniziativa: la Sala Cittadina del II Municipio, vicino alla stazione ferroviaria Tiburtina dove alle 18 di ogni secondo martedì del mese il *Dopolavoro matematico* e la matematica vi aspettano. ■



Alcuni momenti del secondo appuntamento di *"Parliamo matematico"*, dedicato alla parola *"ruotare"*

TEORIA E DATI

Il ruolo dei modelli

La storia matematica del Novecento ha mostrato il ruolo insostituibile dei modelli. Ora, la comparsa dei big data rischia di cambiare le regole: è la fine della scienza teorica? E le equazioni differenziali sono diventate obsolete?



di Angelo Vulpiani

Ha 60 anni la farfalla che batteva le ali e, con questo piccolo movimento, poteva provocare un tornado.

Ormai l'effetto farfalla e la teoria del caos hanno cambiato il senso comune, anche nel modo di parlare.

L'ideatore della metafora della farfalla, il meteorologo statunitense Edward Lorenz (1927-2008), per studiare i movimenti dell'atmosfera terrestre, costruì un modello matematico a partire dalle equazioni della fluidodinamica usando un sistema con

solo tre variabili, il minimo per avere comportamenti non periodici. Ottenne così un modello, apparentemente innocuo, di tre equazioni differenziali (in meteorologia e nelle scienze applicate il numero di equazioni di un modello è solitamente molto maggiore). **Le equazioni del modello di Lorenz non sono lineari e questo permette un comportamento caotico ossia una forte sensibilità della soluzione rispetto a un cambiamento nelle condizioni iniziali:** basta un battito delle ali di una farfalla per scatenare un'irradiazione. L'importanza del

modello di Lorenz del 1963 sta nell'aver mostrato la possibilità di comportamenti caotici anche in sistemi a bassa dimensionalità: **la complessità dei fluidi turbolenti non dipende necessariamente dalla sovrapposizione di molti eventi elementari ma nasce dalla struttura non lineare delle equazioni.**

L'antesignano dei modelli matematici in meteorologia è stato l'inglese Lewis F. Richardson (1881-1953), un'originale figura di studioso, ingiustamente poco noto, che svolse gran parte della sua carriera fuori dal circuito ac-





cademico.

Richardson era quacchero e pacifista e partecipò disarmato alla prima guerra mondiale come autista di ambulanze sul fronte francese. All'analisi delle cause dei conflitti internazionali e al modo per evitarli dedicherà tutta una serie di studi matematici. Cercando di capi-

re quanto la lunghezza del confine comune influenzi la probabilità che due Paesi vicini entrino in guerra, studiò quanto questo confine è frastagliato, diventando l'antesignano della teoria dei frattali. **In campo meteorologico, fu un pioniere dell'uso dei modelli matematici: comprese che era inattendibile basarsi sull'analogia con le rilevazioni meteo del passato e occorreva un approccio teorico.** Negli anni Venti del secolo scorso gli strumenti di calcolo erano molto limitati e lui, per risolvere un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali di un suo

modello per l'atmosfera, impiegò un migliaio di ore per calcolare a mano (!), o con rudimentali macchine da calcolo, le previsioni del tempo a 6 ore. Le previsioni di Richardson si rivelarono decisamente sbagliate perché, paradossalmente, il suo modello era troppo accurato in quanto considerava anche fenomeni fisici irrilevanti in ambito meteorologico e la cosa aveva conseguenze pratiche negative per lo studio numerico.

È sempre degli anni Venti il famoso modello preda-predatore di Lotka-Volterra, dal nome dei

due studiosi che lo formularono indipendentemente. Vito Volterra (1860-1940) lo elaborò su sollecitazione del biologo e zoologo Umberto D'Ancona (suo futuro genero) che era rimasto sorpreso dalle statistiche che documentavano come negli anni del conflitto mondiale nel pescato dei porti dell'Adriatico fosse aumentata la percentuale dei pesci predatori. Non capiva come la minor attività di pesca, dovuta alla guerra, avesse potuto distinguere tra prede e predatori e favorito questi ultimi. Il modello di Volterra si basa sull'analogia tra l'interazione preda-predatori e gli urti degli atomi nella teoria cinetica. In mancanza di predatori, il numero delle prede crescerebbe esponenzialmente e analogamente, in assenza di prede, quello dei predatori decadrebbe esponenzialmente per la mancanza di cibo; la loro

compresenza porta ad incontri tra prede e predatori, una parte dei quali si rivela mortale per le prede e favorevole ai predatori. Si arriva così a un sistema di due equazioni differenziali, la cui soluzione permette di capire che le fluttuazioni delle popolazioni dipendono sia da fattori esterni sia dalla competizione tra prede e predatori. Introducendo nel modello il fattore-pesca, Volterra riesce a rispondere al quesito del genero: si ha una diversa risposta di prede e predatori al fermo-pesca degli anni di guerra!

La storia matematica del Novecento ha mostrato il ruolo insostituibile dei modelli. Non è esagerato dire che sono inevitabili e che senza di essi non c'è possibilità di vera scienza. Viene in mente il matematico ungherese Alfred Renyi con il suo *Dialogo sulle applicazioni della matematica* del 1965: Archimede, che con gli specchi ustori aveva sconfitto

la flotta romana, spiega al re Gerone il ruolo dei modelli. La loro costruzione parte da un problema concreto che è quasi sempre troppo articolato. Bisogna allora semplificarlo scegliendo una via opportuna: **"Poiché per lo stesso problema si possono costruire molti modelli matematici, prima di tutto si deve scegliere il più appropriato,** quello che si accorda in modo migliore con la realtà come gli scopi pratici richiedono. Allo stesso modo non deve essere troppo complicato, ma ancora trattabile matematicamente.

Ovviamente queste sono richieste contrastanti e in genere è necessario trovare un delicato bilancio tra le due. Occorre approssimare bene la situazione reale in tutti gli aspetti importanti per lo scopo, ma lasciare fuori tutto quello che non è veramente importante per il problema. Un modello non deve essere simile in ogni aspetto alla real-

tà, solo in quelli che veramente contano. Anche un modello matematico molto approssimato ci può aiutare a capire meglio la situazione pratica. Questo perché nel tentativo di costruire un modello siamo costretti a pensare a tutte le possibilità logiche, definire in modo non ambiguo tutti i concetti, e distinguere tra i fattori importanti e quelli secondari". **Non esiste un metodo generale da seguire nella costruzione di un modello.** Bisogna anzitutto scegliere le variabili "giuste", quelle che nelle parole di Archimede/Renyi catturano gli aspetti rilevanti del problema. Poi, per queste variabili, occorre "inventarsi" la struttura delle equazioni che ne determinano il comportamento; se si hanno a disposizione delle serie storiche sufficientemente lunghe, si può sperare di proiettare sul futuro l'andamento delle variabili "giuste" a partire dal passato.

Negli ultimi decenni i modelli hanno visto la comparsa sulla scena dei big data. L'espressione ancora non era popolare quando nel 2008 Chris Anderson, direttore dell'influente rivista di tecnologia *Wired*, pubblicò un articolo che annunciava senza mezzi termini la fine della scienza teorica dato che il diluvio dei dati stava rendendo obsoleto il tradizionale metodo scientifico. L'articolo divenne il manifesto ideologico dell'entusiasmo data-centrico che pensa di fare a meno delle equazioni e secondo il quale lo studio teorico e i modelli matematici, che abbiamo visto all'opera con Richardson, Volterra e Lorenz, basati sulla costruzione e un'analisi (non sempre facile) delle equazioni differenziali, non svolgono più un ruolo fondamentale. **La stessa identificazione delle variabili "giuste" non si basa più su una teorizzazione scientifica ma sui dati di cui disponiamo.**

Si analizzano attraverso sofisticati algoritmi di machine learning e **permettono così di rinunciare al faticosissimo compito di costruire modelli teorici, a vantaggio della ben più agevole analisi delle correlazioni evidenziate dagli stessi algoritmi.** Il tono è insomma quello di chi finalmente ha il coraggio di affermare che il re è nudo e di scrollarsi di dosso un impiccio anacronistico. Il tutto all'insegna di una semplificazione e di un'efficienza che ha sedotto buona parte della politica e dell'amministrazione pubblica, inclusa quella che si occupa delle politiche della ricerca e ne indirizza i finanziamenti: abbiamo accesso a montagne di tracce digitali lasciate per strada da miliardi di persone e a qualcosa questi dati dovranno pur servire!

È una storia, questa dell'entusiasmo datacentrico, che sconfinava nella cronaca e si sta sviluppando proprio in questi anni. Cosa dire

dell'idea che non è più necessario studiare teorie generali ma è sufficiente raccogliere i dati da internet, cucinarli con il nostro computer con software scaricato dalla rete e avere così tutto quello di cui abbiamo bisogno? Cosa rispondere a chi sostiene che è nata una quarta metodologia scientifica, dopo quelle del metodo sperimentale, dell'approccio matematico e di quello computazionale delle simulazioni numeriche? Perlomeno che **bisognerebbe essere decisamente cauti nelle previsioni di quanto accadrà prossimamente; prudenza basata su una serie di precisi risultati in parte ben noti da decenni.** Molti insistono a dire che bastano le correlazioni per capire i fenomeni naturali e sociali, ma è difficile credere che il coefficiente di correlazione del 99,26 tra l'andamento dei divorzi nel Maine e il consumo pro-capite di margarina negli Stati Uniti sia significativo. ■



IL *mistero* DEI NUMERI PRIMI

Il professore dell'università della California, Zhang Yitang, dopo aver stupito il mondo matematico nel 2013 con un risultato sui numeri primi gemelli potrebbe diventare la prima persona ad avvicinare l'ipotesi di Riemann



di Stefano Pisani

Nel 2008, il Premio Strega è stato vinto da un libro che, anche se tangenzialmente, parlava di numeri primi. *La solitudine dei numeri primi* di Paolo Giordano presentava a un vasto pubblico i cosiddetti primi gemelli, ossia numeri primi, cioè divisibili soltanto per 1 e per se stessi, che tra l'infinità dei numeri erano

separati solo da un numero, come l'11 e il 13, il 17 e il 19 o il 41 e il 43. Uno dei problemi più significativi della matematica, posto dal matematico francese Alphonse de Polignac intorno alla metà dell'Ottocento, è la cosiddetta **congettura dei numeri primi gemelli che sostiene l'esistenza di infinite coppie di primi gemelli, ossia di numeri primi la cui differenza sia pari a 2**. I matematici

sono arrivati, dopo molti tentativi, a dimostrare nel 2013 che esistono infinite coppie di numeri primi la cui differenza è... 70 milioni. Un risultato che ha aperto la strada a quello di un anno dopo, che ha ridotto questa distanza a 246. Ci stiamo avvicinando.

L'autore della dimostrazione del 2013, il matematico cinese naturalizzato statunitense Zhang Yitang, che attualmente lavora nel

▼
Zhang Yitang



campo della teoria dei numeri presso l'università della California di Santa Barbara, sfida oggi un'altra congettura fondamentale per capire come sono distribuiti i numeri primi. Con un preprint pubblicato su *arXiv*, ossia un articolo scientifico ancora non verificato e non convalidato dalla revisione di colleghi, Zhang afferma di aver risolto una versione leggermente più debole della cosiddetta congettura di Landau-Siegel. Si tratta di una congettura in qualche modo simile – anche se meno forte – alla più famosa congettura di Riemann che punta, se dimostrata, a darci informazioni più accurate sulla distribuzione dei numeri primi entro un determinato intervallo di numeri.

Attualmente, non c'è modo di prevedere se un dato numero sarà un numero primo, ma si può conoscere solo la probabilità che esso sia primo. Se venisse dimostrata l'esattezza della congettura di Landau-Siegel, invece, potremmo affermare che i numeri primi non sono distribuiti con enormi fluttuazioni statistiche (ossia in maniera del tutto casuale).

Per capire cosa dice la congettura di Landau-Siegel, facciamo un passo indietro. Nei primi decenni del XIX secolo Pierre Lejeune Dirichlet introdusse una classe di funzioni, che oggi chiamiamo funzioni L di Dirichlet, per dimostrare che esistono infiniti numeri primi all'interno delle progressioni aritmetiche. A partire dalle ricerche di Dirichlet, e di Eulero prima di lui, Bernhard Riemann ha poi scoperto **una stupefacente connessione fra la distribuzione dei numeri primi e la posizione degli zeri (ossia dei punti in cui la**

funzione si annulla) complessi di una funzione chiamata funzione zeta. Questa connessione dice, quantitativamente, che la posizione degli zeri influenza la bontà delle formule che "contano" i numeri primi (e viceversa).

Le funzioni L di Dirichlet hanno molte proprietà comuni alla funzione zeta e la congettura di Landau-Siegel (detta anche congettura di Riemann generalizzata) ci dice che la connessione trovata da Riemann tra la posizione degli zeri della funzione zeta e l'accuratezza delle formule per i numeri primi vale anche, *mutatis mutandis*, fra la posizione degli zeri delle funzioni L e le formule per i numeri primi nelle progressioni aritmetiche. Studiare gli zeri delle funzioni L di Dirichlet non è purtroppo semplice. Per esempio, se è abbastanza facile dimostrare che la funzione zeta non si annulla mai sul segmento aperto (0,1), a tutt'oggi non si sa se questa affermazione sia vera per tutte le funzioni L di Dirichlet.

Tra tutte le possibili funzioni L potrebbero infatti esserci delle funzioni "eccezionali" che si annullano su questo segmento: il motivo per cui sarebbe importante dimostrare che in realtà funzioni così non esistono è che la presenza di questo "zero" sul segmento (0,1) ha un effetto a dir poco nefasto sulle formule che "contano" i numeri primi nelle progressioni aritmetiche (per via della connessione scoperta da Riemann per la

funzione zeta e che è valida, come dicevamo, anche per le funzioni L).

Il teorema recentemente annunciato da Zhang – e che, ripetiamo, è ancora tutto da verificare – è il primo passo, da circa un secolo, nella dimostrazione della non esistenza di queste funzioni eccezionali. **Il matematico non ha ancora provato che questo zero non può esistere, ma il suo teorema fa fare un grosso balzo in avanti alle nostre conoscenze sui numeri primi nelle progressioni aritmetiche, e non solo.** "Se confermato, sono sicuro che moltissimi altri matematici cercheranno di usare le idee di Zhang per ottenere risultati ancor più precisi e 'domare' almeno in parte l'apparente casualità dei numeri primi nelle progressioni aritmetiche. Anche se non sarà possibile utilizzare le stesse tecniche per fare progressi nella direzione della congettura di Riemann vera e propria, si tratta lo stesso di un risultato potenzialmente rivoluzionario – spiega Alessandro Zaccagnini, docente di Analisi matematica presso l'università di Parma – perché la congettura di Riemann afferma che i numeri primi possono essere 'contati' in modo piuttosto accurato; il risultato di Zhang ci dice che anche i numeri primi nelle progressioni aritmetiche si possono contare accuratamente. Tra le potenziali conseguenze di questo nuovo teorema, ci potrebbero essere miglioramenti delle nostre conoscenze sulla congettura di Goldbach, per esempio". ■

Il teorema recentemente annunciato da Zhang – ancora tutto da verificare – è il primo passo, da circa un secolo, nella direzione della congettura di Riemann

LA MIA MATEMATICA

la ritrovata nella scacchiera



di Martina Gaudino

Docente di matematica nella scuola media a San Marino e campione di scacchi: Ezio Righi è stato protagonista di ben 17 Olimpiadi. Per i risultati ottenuti nell'ultima, tenutasi a Chennai in India, ha ottenuto il titolo di Maestro Fide

Un gioco antichissimo e per cui è richiesta una sorta di predisposizione naturale, un susseguirsi di mosse ragionate, studiate e calcolate. Parliamo degli scacchi, una disciplina nata probabilmente nel 600 dopo Cristo in India. Il gioco appare per la prima volta nel *Vasavadatta*, un romanzo in sanscrito. **Da lì è iniziato il lungo viaggio che lo ha portato a essere conosciuto e praticato in tutti i Paesi del mondo.** Un gioco che ha conosciuto una seconda giovinezza grazie alla serie tv *La regina degli scacchi* e che in Italia conta su oltre 20.000 tesserati agonisti, quelli cioè che fanno regolarmente gare e tornei. Tra di loro, Ezio Righi, professore di matematica, che di Olimpiadi ne ha disputate ben 17. Lo scorso agosto Righi, classe 1956, ha ottenuto il titolo di Maestro Fide, conferito dalla Federazione Internazionale degli Scacchi per l'ottima prestazione in quarta scacchiera alla 44esima edizione delle Olimpia-



Ezio Righi

di che si sono tenute a Chennai, in India. Il docente, un vero talento, per 25 anni ha insegnato matematica e scienze alla scuola media di San Marino, dove è stato poi vicepresidente e preside per 10 anni. È anche fondatore della Federazione sammarinese (Fsds) nata nel 1979.

Quando è iniziata la sua passione per gli scacchi?

Ho cominciato a giocare a scacchi all'età di 11 anni, osservando ragazzi più grandi di me che si cimentavano con il gioco.

Ha coinvolto anche qualche membro della sua famiglia?

In famiglia ho avuto poco successo. Una mia sorella per un po' ha giocato ma senza successo. I miei figli conoscono le regole ma non hanno mai giocato seriamente e io ho preferito non spingerli a farlo perché, a mio avviso, **se non hai la passione, i sacrifici e i dispiaceri che provi ad ogni sconfitta non valgono la pena.**

Quando sono arrivati i primi successi?

Nel 1984 ho partecipato alle Olimpiadi degli Scacchi a Salonico conseguendo il punteggio interazionale e ottenendo l'accesso alle graduatorie della Fide. Poi nel 2001 ho conseguito il titolo di Fide Trainer (abilitante all'insegnamento degli scacchi).

Che relazione vede tra la sua professione di docente di matematica e la passione per gli scacchi?

Certamente esiste un qualche legame. Ad esempio, nel passato il tedesco Emanuel Lasker è stato campione del mondo e anche un importante matema-

SCACCHI E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Nel 1997 un computer dell'Ibm sconfisse il campione del mondo di scacchi. Deep Blue, questo era il nome del computer, era un pc che poteva calcolare ben 200 milioni di posizioni al secondo. Fu un gruppo di ricercatori a capire, negli anni Ottanta, che sarebbe stato impossibile lavorare a una singola macchina che simulasse l'intero operare umano, per cui pensarono di separarsi per settore: visione, riconoscimento vocale, probabilità e anche scacchi!

tico, nonché amico di Einstein con il quale discuteva di matematica e di teoremi. Mi viene in mente anche un altro campione del mondo del passato, l'olandese Max Euwe, primo Presidente Fide e professore universitario di matematica. Infine, ma non ultimo, l'inglese John Nunn, giocatore fra i primi 10 al mondo negli anni Ottanta e, manco a dirlo, laureato in matematica. **Tra le due discipline, a mio parere, esiste un'affinità relativa all'occuparsi con piacere di tematiche teoriche e di sondare campi sconosciuti.** Altra affinità è il dover e voler effettuare scelte logiche e razionali: sia il matematico sia lo scacchista dimo-

strano grandi capacità di calcolo e di memorizzazione.

Esistono anche delle differenze?

Non sempre un matematico sarà un bravo scacchista, né uno scacchista un bravo matematico perché esistono profonde differenze – gli scacchi sono anche uno sport e il confronto agonistico con l'avversario è preponderante – ma quasi sicuramente l'uno proverà interesse e curiosità per l'altra disciplina.

Come si immagina tra dieci anni?

Mi vedo ancora a giocare, magari perdendo colpi, ma continuando a insegnare scacchi.

SCACCO MATTO!

L'espressione scacco matto viene dall'arabo-persiano "shāh māt" che significa "il re è morto". Non è noto l'inventore del termine, ma ciò che sappiamo è che già nel 5000 avanti Cristo in Asia esistevano giochi da tavolo con le pedine. L'origine del termine, quindi, potrebbe essere antichissima.

LE ORIGINI

Esistono varie leggende sulla nascita del gioco. La più diffusa narra che fu il bramino indiano Lahur Sessa a inventare la disciplina per allietare le giornate di un re, troppo triste per la perdita di un figlio. Il re, distratto dal gioco, chiese a Sessa come sdebitarsi per il dono e il bramino domandò "un chicco di grano per la prima casella della scacchiera, due per la seconda, quattro per la terza, otto per la quarta e così via, raddoppiando la quantità a ogni casella fino alla sessantaquattresima e ultima". Inizialmente, la richiesta apparve modesta al regnante, ma solo fino a quando i matematici di corte si resero conto delle sue vere dimensioni: l'ammontare complessivo era di oltre 18 miliardi di chicchi, 3 chicchi e mezzo per ogni centimetro quadrato dell'intero pianeta! ■

IL senso dei numeri DEI NEANDERTAL



di Paolo Gangemi

Il ritrovamento di un femore di iena con sopra incise 9 tacche rivelerebbe l'esistenza di un pensiero matematico anche tra gli uomini primitivi

Nell'*Origine dell'uomo*, Darwin riesce con una sola frase, incisiva e sintetica nel suo elegantissimo inglese, a esprimere il senso della "seconda rivoluzione copernicana", quella che ha tolto l'uomo dal suo posto al centro del mondo naturale. È anche – a giusto titolo – una delle sue frasi più citate (spesso però in modo non corretto): *"The difference in mind between man and the higher animals, great as it is, certainly is one of degree and not of kind"*. Il senso è che, rispetto agli animali più simili a noi, non sappiamo fare cose concettualmente diverse: sappiamo fare le stesse cose, ma in modo molto più elaborato.

Questo vale per esempio per il linguaggio, per l'abilità di progettare e usare strumenti e perfino per la creazione più astratta della mente umana, la matematica. Non solo i primati, ma diverse altre specie di mammiferi, uccelli, pesci e perfino insetti sono in grado di "quantificare", hanno cioè una rudimentale cognizione del concetto di numero – notoriamente una delle basi della matematica.

La capacità essenziale per poter sviluppare un vero e proprio sistema matematico a partire dalle nozioni numeriche intuitive è quella di rappresentare i concetti matematici – a partire proprio dai numeri – utilizzando simboli. E questa sembra invece esclusiva di *homo sapiens*. O forse sarebbe meglio dire "sembrava".

Un gruppo di ricerca guidato da Francesco d'Errico, dell'università di Bordeaux, ha studiato antichi manufatti realizzati dai Neanderthal, una delle tante specie umane

che ci hanno preceduto al mondo, con cui abbiamo convissuto per migliaia di anni in Europa e Asia e con la quale ci siamo anche mescolati in una certa misura.

È ormai ampiamente accettato che i Neanderthal diedero vita a una propria cultura; non è chiaro se i loro progressi furono autonomi o influenzati dagli sviluppi coevi dei Sapiens, ma **è appurato che elaborarono una qualche forma primitiva di arte, di musica e probabilmente anche di religione.** Fra le conquiste più elevate dello spirito umano mancava solo la matematica. D'Errico e colleghi hanno voluto indagare questo aspetto ancora poco chiaro.

Lo scenario è un'area attualmente nota con il nome di Les Pradelles, vicino alla località di Marillac-le-Franc, nella Francia occidentale. La data, circa 60.000 anni fa. Il protagonista, un uomo di Neanderthal che prese un femore di iena e per qualche motivo ci incise nove tacche. L'osso, scoperto negli anni Settanta, ha suscitato da allora la curiosità degli studiosi.

Recentemente, lo ha analizzato il gruppo di D'Errico, composto da esperti provenienti da vari campi e dunque forte di competenze multidisciplinari, fra cui la filosofia e le neuroscienze, oltre naturalmente all'archeologia.

L'interpretazione dei simboli preistorici è un campo minato, inevitabilmente basato sulle speculazioni: un ricercatore che esamina un manufatto neandertaliano si può paragonare a un alieno sbarcato sulla Terra che, entrando in una chiesa, cerca di interpretare il significato di affreschi e crocifissi. È evidente che il rischio di fraintendimenti è elevato.

Tenendo presente questa premessa, i ricercatori da un lato hanno paragonato il reperto alle opere d'arte neandertaliane note, riscontrando differenze significative; dall'altro lo hanno trovato simile alle notazioni numeriche dei Sapiens primitivi, risalenti a circa 40.000 anni fa: **hanno quindi ipotizzato che in questo caso lo scopo dell'incisore non fosse estetico, ma avesse appunto la funzione di rappresentare un numero.** Forse ogni tacca stava per un animale, o un membro della famiglia, o forse un nemico ucciso. Non lo sapremo mai, e del resto non è importante: è il simbolismo il passaggio cruciale. Del resto, anche l'arte presuppone la capacità di astrazione, che quindi i Neanderthal dovevano possedere. Se D'Errico ha ragione, è quindi sensato, e senza dubbio affascinante, ritenere il femore di Les Pradelles la prova, in una specie diversa dalla nostra, di un pensiero che oggi potremmo definire matematico. ■

Non solo i primati, ma diverse altre specie di mammiferi, uccelli, pesci e perfino insetti sono in grado di "quantificare", hanno cioè una rudimentale cognizione del concetto di numero – notoriamente una delle basi della matematica

IL *metodo* *matematico* DELLA TEOLOGIA



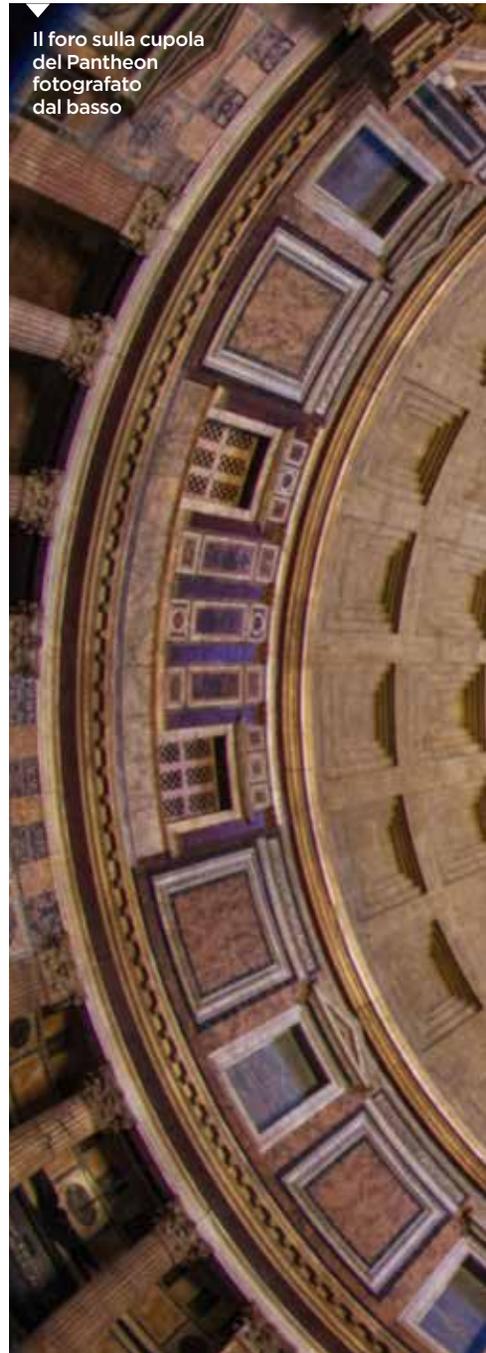
di Paolo Caressa

Ottocento anni fa, "Il libro dei ventiquattro filosofi" conteneva altrettante definizioni di Dio. Molte di queste ricorrevano a rappresentazioni geometriche

Molti di noi ricordano la definizione per cui una sfera è il luogo dei punti equidistanti da un punto fissato detto centro. Nel mondo fisico gli oggetti perfettamente sferici non esistono, ma in molti casi possiamo approssimare oggetti che non lo sono con oggetti sferici senza commettere un errore cruciale. Così come possiamo sbagliare di poco sull'ubicazione del centro della sfera senza soffrirne più di tanto: ovviamente, tanto più grande è la sfera, tanto più potremo permetterci di essere imprecisi nell'indicare il centro.

Per esempio, **il Pantheon di Roma ha una struttura tale da contenere esattamente una sfera della quale la cupola è la semi-sfera superiore**: il raggio di questa sfera è di 21,72 metri. Al centro della cupola c'è un foro circolare, classico soggetto di una foto che i turisti cercano di fare da sotto la cupola, immortalandola dal basso con il foro al centro esatto della foto. Se la parte del pavimento che cade sotto il foro della cupola è transennata, i turisti si devono accontentare di una vista approssimativa. Lo scostamento di pochi passi consente delle foto soddisfacenti ma non perfette, in quanto il raggio della cupo-

Il foro sulla cupola del Pantheon fotografato dal basso



la è solo un ordine di grandezza superiore allo scostamento dal centro di pochi passi. Se la cupola avesse un raggio non di 22 ma di 222 metri, la foto sarebbe perfetta pur scattandola non esattamente nel centro ma allontanandosene pochi passi. E, ovviamente, se il raggio fosse di 2.222 metri, la differenza di pochi passi non si noterebbe più.

In altri termini, più grande è la sfera, maggiore è la "sferetta" contenuta al suo interno i cui punti possiamo confondere con il centro della sfera senza commettere un errore grave. Per esempio, pensando alla Terra come a una sfera (cosa che non è), poiché il suo raggio è di circa 6.373 chilometri, se anche sbagliassimo di 6 chilometri nel

collocarne il centro, commetteremmo un errore di al più un millesimo. **Una sfera delle dimensioni del Sole, che di nuovo non è una sfera perfetta, ha invece un raggio 109 volte maggiore di quello terrestre e quindi un errore di un millesimo consentirebbe di spaziare di oltre 650 chilometri nel collocarne il centro.**

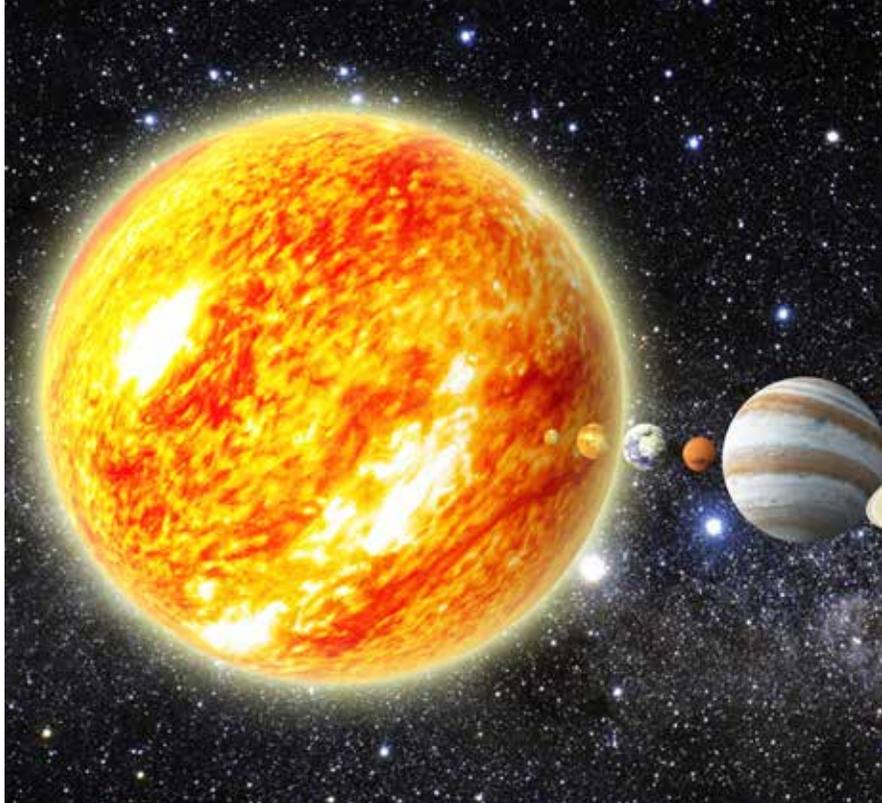


Non parliamo poi della sfera con al centro il Sole e delle dimensioni del sistema solare: identificandola con l'eliosfera, cioè con la sfera di influenza delle attività solari, il raggio è di 100 AU (1 AU = distanza Terra-Sole), cioè circa 15 miliardi di chilometri. Un errore di un millesimo nel determinarne il centro sarebbe di 15 milioni di chilometri. Quindi, qualsiasi punto del Sole si potrebbe considerare come centro del sistema solare!

Ora è facile immaginare una sfera sempre più grande il cui centro si può approssimare con i punti di una sua "sottosfera", anch'essa sempre più grande. Se immaginiamo una sfera di raggio infinito, anche la sua "sottosfera" dei centri diverrebbe di raggio infinito.

È facile quindi immaginare che in una sfera di raggio infinito ogni punto dello spazio ne potrebbe costituire esattamente il centro! Non solo, ma la superficie della sfera svanirebbe semplicemente nelle plaghe dell'infinito.

Questa idea suggeritaci dalle vertiginose distanze dell'astronomia moderna, è stata concepita più di 800 anni fa dai teologi medievali. Figura in un libro strabiliante, *Il libro dei ventiquattro filosofi*, che consta di ventiquattro capitoli brevissimi, ciascuno dei quali è costituito da una definizione di Dio e da un breve commento a questa definizione. Il venerando trattato, che ha iniziato a circolare nel XII secolo, è anonimo e riporta le definizioni che ventiquattro filosofi a convegno avrebbero dato di Dio. **La seconda di tali definizioni recita: Dio è una sfera infinita, il cui centro è ovunque e la circonferenza in nessun luogo.**



Poiché ci siamo (forse) convinti che una sfera infinita ha come centro qualsiasi punto dello spazio e la sua circonferenza (o meglio la sua superficie) è irraggiungibilmente persa in ogni direzione, **sembirebbe che il secondo dei ventiquattro filosofi pensi a Dio come a un oggetto geometrico!**

La fortuna di questa definizione è nota e ha una storia lunga. Fu proposta da alcuni teologi medievali, come Alano di Lilla che pure scrive nella seconda metà del XII secolo, la cui influenza è stata notevole in quanto è stato fra i primi teologi a proporre un metodo "matematico", cioè ipotetico-deduttivo, per esporre la teologia. Come Euclide parte da definizioni, assiomi e postulati per costruire la sua geometria su basi logiche e poche e solide fondamenta, esattamente allo stesso modo Alano e i suoi epigoni usano un metodo formale nelle loro opere teologiche. Metodo la

cui fortuna esploderà nell'epoca della Scolastica e che continuerà a essere utilizzato, per dirne una, da Spinoza e Newton nei loro trattati teologici. A dire il vero, **Alano modifica la dicitura dei Ventiquattro filosofi asserendo che Dio è una sfera intelligibile, il cui centro è ovunque e la circonferenza in nessun luogo. Non più "infinita", ma "intelligibile":** per un teologo che voglia argomentare razionalmente, a suon di deduzioni e teoremi, se manca l'attributo dell'intelligibilità, chiaramente manca la possibilità stessa di poter giungere a qualche conclusione.

La versione di Alano ebbe una popolarità enorme nel Medioevo. La troviamo nei più grandi pensatori di quell'epoca, da Bonaventura di Bagnoregio a Tommaso d'Aquino, per poi riaffiorare nel pensiero rinascimentale, in Niccolò Cusano e Giordano Bruno per esempio, fino a filtrare dalle carte di Blaise Pascal, do-



ve Jorge Luis Borges la reperirà scrivendoci sopra, a metà del XX secolo, un celebre saggio breve: *La sfera di Pascal*.

Ma le definizioni "matematiche" di Dio nel *Libro dei ventiquattro filosofi* non finiscono qui: la terza afferma che Dio è tutto in qualsiasi sua parte. La quinta delle nozioni comuni enumerate negli *Elementi* di Euclide, prima dei postulati, afferma il contrario: il tutto è maggiore della parte. Quindi la definizione di Dio che viola questo principio pone Dio stesso, ovviamente, al di fuori del mondo sensibile e intelligibile.

Potremmo pensare che l'ignoto autore medievale la prenda come una definizione di essere infinito e, nel far questo, percorra di settecento anni i tempi.

I primi pensatori che hanno imbrigliato l'infinito come oggetto matematico furono Richard Dedekind e soprattutto George Cantor, fondatore della teoria degli insiemi, nel XIX seco-

Il libro dei ventiquattro filosofi consta di ventiquattro capitoli brevissimi, ciascuno dei quali è costituito da una definizione di Dio e da un breve commento a questa definizione

lo. In questa teoria, due insiemi sono indistinguibili se sono in corrispondenza biunivoca, vale a dire se a ogni elemento di uno corrisponde esattamente un elemento dell'altro. Questo rende lo status degli insiemi infiniti alquanto paradossale. Già Galileo, per esempio, nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, aveva notato che l'insieme dei numeri naturali $(0, 1, 2, \dots)$ è in corrispondenza biunivoca con il sottoinsieme dei numeri naturali pari $(0, 2, 4, \dots)$: la corrispondenza che a un numero associa il suo doppio è biunivoca visto che ogni numero n ha un unico doppio e ogni numero pari $2n$ proviene da un unico numero n . Ma i numeri pari sono una parte di tutti i numeri e quindi, per la nozione comune di Euclide, sono essenzialmente distinti come insiemi: un paradosso! Cantor invece mostrò che non c'è nulla di paradossale e anzi si spinse fino a mostrare che persino l'insieme di tutte le frazioni positive è biunivoco con l'insieme dei numeri naturali! Oggi, nella teoria degli insiemi standard, si dimostra che, se un insieme è biunivoco con una sua parte, allora è infinito e viceversa.

Almeno un'altra definizione, la diciottesima, nel *Libro dei ventiquattro filosofi* ha un tenore matematico ben preciso: Dio è una sfera di cui le circonferenze sono tante quanti sono i punti. Questa definizione è, per la mentalità dell'epoca, paradossale in quanto i punti della sfera, che "compongono" le circonferenze su di essa, sembrerebbero più delle circonferenze stesse, sempre per la nozione comune euclidea. Ma al di là della interpretazione insiemistica, c'è una suggestione che non può non venire in mente a un matematico moderno. Infatti, **questa definizione di Dio ce lo fa immaginare come una sfera in cui ogni punto può essere sostituito da una circonferenza.** Questa costruzione geometrica è oggi moneta corrente in topologia e corrisponde a quel che i matematici chiamano un "fibrato in cerchi". In particolare, se unita alla seconda definizione, quella della sfera infinita, ci fa pensare a una costruzione geometrica fondamentale che si chiama fibrazione di Hopf che consiste nel "mappare" la superficie tridimensionale sferica infinita (cioè la "buccia" di un frutto a quattro dimensioni!) sulla superficie di una sfera bidimensionale in modo che un cerchio sulla sfera tridimensionale infinita si mappa in un singolo punto sulla sfera bidimensionale.

Si tratta di una costruzione di grande importanza nella matematica moderna e, a meno di credere che i teologi medievali fossero anche topologi *ante litteram* in anticipo di sette secoli, il fatto che una sua suggestione si trovi in un testo di teologia medievale ha, letteralmente, del prodigioso. ■

SORVEGLIATI *spaziali*

Una rete di osservatori e di telescopi sparsi sulla Terra tiene sotto continua osservazione il cielo. L'obiettivo? Identificare con largo anticipo potenziali minacce di corpi celesti



di Simona Regina



Il 15 febbraio 2013 un asteroide di circa 21 metri di diametro è entrato in atmosfera ed è esploso a circa 30 chilometri sopra Chelyabinsk, in Siberia. I frammenti che hanno raggiunto il suolo non hanno causato danni diretti, ma non si può dire la stessa cosa per l'onda d'urto generata, che ha provocato panico e migliaia di feriti, per lo più persone colpite dalle schegge dei vetri esplosi alle finestre. "Quello di Chelyabinsk – scrive l'astrofisico Amedeo Balbi nel libro *Su un altro pianeta* (Rizzoli) – è il caso più recente e meglio documentato di impatto di un asteroide che abbia avuto conseguenze importanti su cose e persone. Ma abbiamo prove indirette di eventi simili avvenuti in passato". Risale al 1908, per esempio, il celebre evento di Tunguska. Era il 30 giugno – giorno poi scelto per celebrare l'Asteroid Day – quando un grande bagliore illuminò il cielo della Siberia. A seguire, avvenne una gigantesca

esplosione che si ritiene sia stata provocata da un piccolo asteroide. Secondo l'Istituto nazionale di astrofisica (Inaf), l'evento fu provocato a circa 8 chilometri dal suolo "dall'impatto con l'atmosfera di un oggetto roccioso di una cinquantina di metri di diametro". Evento capace di sviluppare un'energia di circa 12,5 Mton, quasi 800 volte superiore a quella della bomba atomica di Hiroshima, radendo al suolo oltre 2.000 chilometri quadrati di taiga siberiana.

Un impatto come quello di Tunguska – comunica l'Inaf nell'ambito del progetto Sorvegliati Spaziali (sorvegliatispaziali.inaf.it) – sarebbe in grado di cancellare dalla faccia della Terra una metropoli come New York. I sorvegliati speciali in questione sono asteroidi e comete, "oggetti – spiega Balbi – che vagano nel sistema solare, entrambi frammenti inutilizzati del materiale di costruzione dei pianeti, rimasti a orbitare nel vuoto dello spazio".

Rocciosi i primi (che si concentrano per lo più nella fascia tra le orbite di Marte e Giove) composte di ghiacci le seconde, che di solito stazionano nei recessi più bui e remoti del Sistema solare, ben oltre l'orbita di Nettuno. Asteroidi e comete sono sorvegliati speciali perché possono entrare in collisione con il nostro pianeta. Con quali conseguenze? "In linea di massima – continua Balbi – gli oggetti di diametro inferiore ai 20 metri si frantumano o addirittura vaporizzano nell'atmosfera e di solito non causano grossi problemi. Oggetti del diametro maggiore di un centinaio di metri causerebbero invece danni enormi su scala locale, soprattutto se colpissero un'area popolata". **Devastante, poi, indipendentemente dal punto di caduta, sarebbe l'impatto con corpi celesti dal diametro superiore al chilometro.** Come quello che, circa 65 milioni di anni fa, ha provocato o quantomeno contribuito alla scomparsa dei

La nuvola di vapore lasciata dall'asteroide Chelyabinsk
il 15 febbraio 2013 © www.esa.int



dinosauri e alla grande estinzione del Cretaceo-Paleocene.

Asteroidi e comete sono sorvegliati speciali perché non è questione di se ma di quando avverrà il prossimo impatto: per questo "diversi occhi" tengono sotto continua osservazione il cielo. Si tratta di una rete di osservatori e di telescopi sparsi sulla terra.

L'obiettivo? Identificare con largo anticipo potenziali minacce. Quando asteroidi e comete passano a una distanza inferiore a 45 milioni di chilometri dall'orbita terrestre (grosso modo un terzo della distanza tra la Terra e il Sole) vengono classificati come Neo, *Near Earth Object*, e vanno attentamente monitorati. Al momento ne sono stati identificati poco più di 27.000, di cui meno del 10% sono considerati potenzialmente pericolosi in un'eventuale collisione con la Terra.

Un Neo è classificato come tale, come *Potentially Hazardous Object* (Pho), se si avvicina a me-

no di 7,5 milioni di km dalla Terra e supera i 140 metri di diametro.

La Nasa è il riferimento principale a livello mondiale per il monitoraggio dei cieli – per identificare oggetti vicini alla Terra, calcolarne le orbite, i potenziali impatti e mitigare gli eventuali pericoli – attraverso l'attività del *Center of Neo Studies* (Cneos), che come una sentinella scansiona il catalogo degli asteroidi noti e calcola la possibilità di impatto con il nostro pianeta nei prossimi 100 anni, e del *Planetary Defense Coordination Office*, che gestisce le missioni di difesa planetaria (come la missione Dart: vedi il box della pagina successiva). **Ma l'Italia non se ne sta a guardare: o meglio, lo osserva eccome il cielo, per monitorare attentamente le orbite di asteroidi e comete nel Sistema Solare e valutarne la minaccia se si avvicinano alla Terra, con osservatori terrestri e missioni nello spazio** (come LiciaCube, vedi box pag. 65).

Hanno sede infatti proprio in Italia, a Frascati, presso l'European Space Research Institute (Esrin), il centro di coordinamento sui Near Earth Object (Neo) dell'Agenzia spaziale europea e l'ufficio di difesa planetaria: il *Planetary defence office*. Ma anche il telescopio Cassini, a Loiano, nella campagna bolognese, è impegnato in osservazioni ottiche per determinare meglio le orbite dei sorvegliati speciali intercettati.

Come si legge sul sito del progetto "Sorvegliati Spaziali, conoscere lo Spazio per proteggere il Pianeta" – coordinato da Daria Guidetti dell'Istituto di radioastronomia dell'Inaf di Bologna – la ricerca su asteroidi e comete più "prossime" alla Terra è nata nel secondo dopoguerra quando, nel 1947, l'Unione astronomica internazionale istituì il Minor Planet Center che tuttora, finanziato dalla Nasa, costituisce l'archivio pubblico dei dati delle orbite dei Neo scoperti da ricercatori e ricercatrici di tutto il mondo.

PROVA DI DIFESA PLANETARIA

Dart sta per *Double Asteroid Redirection Test* ed è, o meglio era, la sonda della Nasa che a 11 milioni di chilometri di distanza dalla Terra ha colpito il piccolo asteroide *Dimorphos*, di circa 160 metri di diametro, satellite del più grande Didymos (780 metri di diametro).

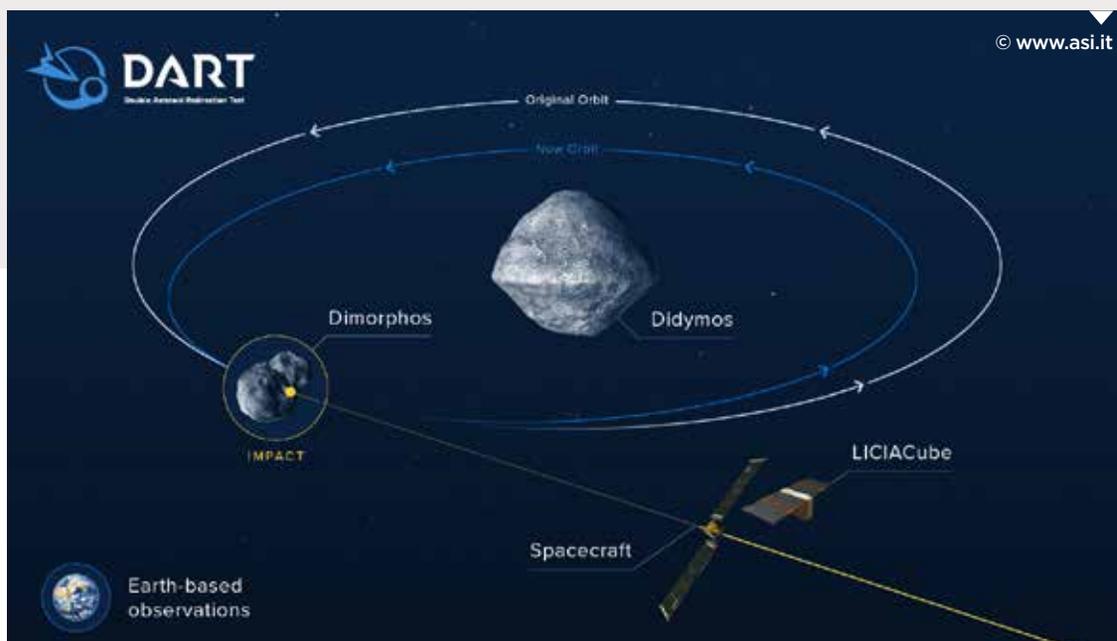
L'impatto è avvenuto a una velocità relativa di 6,3 km/s nella notte tra il 26 e il 27 settembre, all'una e 14 (ora italiana), dopo un viaggio nello spazio di 10 mesi a oltre 22mila km/h, iniziato dalla base spaziale di Vandenberg, il 24 novembre 2021.

Ed è stato un successo. Tutto è andato secondo i piani. Anzi meglio. L'impatto cinetico del veicolo spaziale con il suo asteroide bersaglio ne ha alterato con successo l'orbita, confermando l'efficacia di questa tecnica quale strategia di difesa planetaria per passare, potenzialmente, da uno

scenario di impatto a uno di *flyby*, cioè di sorvolo ravvicinato. In altre parole, di scampato pericolo.

Puntualizzazione numero uno: *Dimorphos* non era in rotta di collisione con la Terra. È stato il nostro laboratorio a sceglierlo per sperimentare la possibilità di deviazione degli asteroidi per difenderci da future potenziali minacce di collisione.

Puntualizzazione numero due: se un oggetto grande come *Dimorphos* colpisse la Terra, potrebbe creare un cratere d'impatto di 1,3 km di diametro e cancellare una città di milioni di abitanti. "Tutti noi – ha affermato Bill Nelson della Nasa commentando il successo della missione – abbiamo la responsabilità di proteggere il nostro pianeta. Dopotutto, è l'unico che abbiamo. Siamo pronti a gestire qualsiasi cosa ci arrivi addosso dall'universo".



Ciò detto, il rischio concreto che nell'arco di pochi secoli l'umanità faccia la fine dei dinosauri è molto basso. "Anche se non è del tutto trascurabile", continua Balbi.

Ma cosa potremmo fare se un oggetto di dimensioni conside-

revoli fosse in rotta di collisione con la Terra? "Le possibili contro-misure dipenderebbero da quanto tempo abbiamo per prepararci e dal tipo di oggetto". Se piccolo, le conseguenze di un impatto sarebbero circoscritte all'area colpi-

ta: se abitata, si dovrebbe far evacuare la popolazione.

In caso di dimensioni più significative e di tempo a sufficienza, la strategia migliore per evitare l'Armageddon sarebbe quella appena testata dall'Agenzia



Spaziale degli Stati Uniti: **urtare l'oggetto "minaccioso" con una sonda spaziale, quando è ancora molto lontano dalla Terra, per deviarne la traiettoria.** In pratica, attuando la cosiddetta tecnica dell'impattatore cinetico. "Se lo si facesse con anni di anticipo, anche una piccola deflessione del percorso sarebbe sufficiente per ridurre o evitare la probabilità di impatto".

Affinché anche una piccola "spintarella" possa essere efficace, il tempo di preavviso è centrale per poter agire con successo. Parole di Amy Mainzer, scienziata planetaria dell'università dell'Arizona. **"Per questo la chiave è trovare questi oggetti ben prima di qualsiasi potenziale impatto".**

OCCHI ITALIANI SULL'IMPATTO

LiciaCube è il cubesat dell'Agenzia spaziale italiana: il piccolo satellite dalle dimensioni – grosso modo – di una scatola di scarpe (30x20x10cm), che ha viaggiato a bordo della sonda Dart per staccarsene 10 giorni prima che impattasse sull'asteroide. Passato in modalità di navigazione autonoma, LiciaCube ha sorvolato la scena dell'impatto della sonda contro *Dimorphos* e con le sue telecamere a bordo, Leia (LiciaCube Explorer Imaging for Asteroid) e Luke (LiciaCube Unit Key Explorer), ne è stato testimone diretto. Ha acquisito e inviato a Terra immagini ad alta risoluzione del cratere e dei detriti generati dalla collisione, per consentire una valutazione completa degli effetti dell'impatto.

LiciaCube è il primo satellite made in Italy che ha affrontato un viaggio nello spazio profondo. Realizzato negli stabilimenti di Argotec a Torino, ha un know how tutto italiano, frutto della collaborazione tra università, imprese e centri di ricerca.

Come ha annunciato il team scientifico, coordinato dall'Istituto nazionale di astrofisica, il lavoro di LiciaCube non finisce qui: "Abbiamo uno strumento prezioso e funzionante e ora stiamo decidendo verso quali corpi celesti orientarlo".

Oltre che da LiciaCube, l'impatto di Dart sulla superficie di *Dimorphos* è stato osservato anche dai telescopi a terra e dai telescopi spaziali Webb e Hubble. ■

GLI OROLOGI *non* *aspetteranno più* LA TERRA

Lo scorso mese è stato deciso lo stop al secondo intercalare: dal 2035 sarà il tempo atomico a gestire il ritmo delle nostre vite



di Alessandro Berlingeri



L'irregolarità del tempo astronomico sta per lasciare il passo all'estrema precisione del tempo atomico. A partire dal 2035 (ma se possibile anche prima) sarà sospesa la pratica di aggiungere secondi intercalari agli orologi ufficiali per sincronizzarli con la rotazione della Terra. La decisione, caldeggiata anche da colossi come Google e Meta, è stata presa dai rappresentanti dei governi di tutto il mondo alla Conferenza generale su pesi e misure (Cgpm) di Parigi. Contraria la Russia, che vorrebbe rimandare lo stop almeno al 2040 per avere tempo di introdurre le modifiche necessarie al suo sistema di navigazione satellitare Glonass il quale, a differenza del Gps americano, incorpora il secondo intercalare.

La risoluzione prevede che nessun secondo intercalare venga aggiunto per almeno un secolo, consentendo uno sfasamento tra il Tempo Universale UT1 (che misura la rotazione terrestre rispetto alle stelle) e il Tempo Coordinato Universale UTC (lo standard di riferimento internazionale per la vita civile misurato da centinaia di orologi atomici sparsi nel mondo). Finora il secondo intercalare è stato aggiunto ogni qualvolta la differenza tra UT1 e UTC arrivava a 0,9 secondi entro 12 mesi. In pratica, il secondo veniva aggiunto il 30 giugno o il 31 dicembre, facendo segnare agli orologi lo stravagante orario 23:59:60 prima della mezzanotte. Dopo millenni in cui il tempo era scandito dal movimento della Terra, nel 1967 i metrologi di tutto il mondo iniziarono a misurare il tempo da zero, utilizzando anche gli orologi atomici. La

Finora il secondo intercalare è stato aggiunto ogni qualvolta la differenza tra UT1 e UTC è arrivata a 0,9 secondi entro 12 mesi. In pratica, il secondo viene aggiunto il 30 giugno o il 31 dicembre, facendo segnare agli orologi lo stravagante orario 23:59:60

rotazione della Terra però rallenta leggermente di anno in anno e il secondo astronomico (come il giorno astronomico) è diventato gradualmente più lungo di quello atomico. Per compensare la differenza, a partire dal 1972, i metrologi iniziarono a inserire occasionalmente un secondo in più – un secondo intercalare – alla fine di un giorno atomico. Ogni volta che il tempo atomico è avanti di un secondo intero viene fermato per consentire alla Terra di recuperare. Dieci secondi intercalari sono stati aggiunti alla scala temporale atomica nel 1972 e da allora ne sono stati aggiunti altri 27.

Il processo di quadratura di queste due scale temporali era diventato così indisciplinato che gli esperti del tempo del mondo hanno votato di abbandonare il secondo intercalare entro il 2035. La civiltà abbraccerà completamente il tempo atomico e la differenza, o tolleranza, tra il tempo atomico e il tempo terrestre non sarà specificata fino a quando i cronometristi non escogiteranno un piano migliore per riconciliare i due.

Ma perché il secondo intercalare è così importante? "Sembra una cosa insignificante – afferma il vicedirettore della Specola Vaticana Padre Pavel Gabor – ma il cronometraggio di precisione è cruciale per le reti elettriche e le reti cellulari. Ci sono altri campi dell'attività

umana, tuttavia, che esercitano un'influenza ancora maggiore di questi: il settore finanziario, quello militare e i sistemi di navigazione. I mercati finanziari devono sincronizzare i loro orologi per tenere traccia delle transazioni. I militari hanno bisogno di scale temporali precise per i loro sistemi automatizzati di difesa, intelligence e navigazione. Come propaggine di queste applicazioni militari, il settore civile utilizza i sistemi globali di navigazione satellitare (Gnss), una tecnologia basata sugli orologi. Ad esempio, i banchieri e i mercati finanziari, azionari e delle materie prime internazionali hanno bisogno di *timestamp* univoci per tutte le loro transazioni. Se c'è un secondo intercalare, chi beneficerà dei soldi guadagnati durante quel 61° secondo dell'ultimo minuto prima della mezzanotte UTC, che rientra nell'orario di lavoro in Asia orientale? Come si vede, la questione non è priva di conseguenze tecniche".

Secondo gli accordi, il Bureau international des poids et mesures si assicurerà di rivedere periodicamente il problema. La proposta sul tavolo non ha l'ambizione di risolvere la questione una volta per tutte. Le persone passeranno semplicemente a una qualche forma di scala temporale uniforme (molto probabilmente l'ora GPS) e l'ora UTC diventerà sempre più irrilevante. ■

IL GIOCO SALE *in cattedra*

Un professore di un liceo scientifico di Milano inventa giochi di ruolo in cui i personaggi sono inseriti in storie avvincenti e vengono chiamati a risolvere dilemmi e situazioni intricate. Ci riescono grazie all'uso delle leggi della matematica e della fisica



di Luca Politi



Enea Montoli

Enea Montoli è un professore di liceo scientifico. Insegna matematica e fisica al "Piero Bottoni" di Milano e lo fa anche attraverso i videogiochi. Una storia, sin qui, già ascoltata. Eppure, c'è qualcosa che distingue questa esperienza didattica dalle altre: i videogame utilizzati dal professore

milanese sono ideati, programmati e sviluppati da lui stesso: "Sono un fisico computazionale con la passione per la programmazione informatica e da sempre ho utilizzato quiz e giochi per insegnare matematica e fisica", racconta Montoli che ricorda: "Nell'estate 2019 ho fatto un passo avanti. Mi sono chiesto: come posso mette-

re la mia competenza nel *coding* al servizio dell'insegnamento? È stato lì che ho iniziato a ideare i miei primi videogame didattici".

Il suo progetto si chiama *Renovatio Quest* e **in un sito internet raccoglie tutti i videogiochi lanciati proprio per avvicinare gli studenti allo studio della matematica e della fisica**. Non sono semplici giochi a quiz o domande-questionario. No, i videogame della serie *Renovatio Quest* sono veri e propri giochi di ruolo, avventure in cui i personaggi sono inseriti in storie avvincenti e chiamati a risolvere dilemmi, problemi e situazioni intricate proprio grazie all'uso delle leggi della matematica e della fisica. "I giochi che ho ideato si basano su una simulazione della realtà e inseriscono il giocatore-studente in uno scenario ludico che unisce quello che piace ai ragazzi: il videogame, e la sua narrativa, con lo studio della matematica e della fisica".

È come se con i videogame il professor Montoli spiegasse le regole della matematica utilizzando il linguaggio della generazione-Fortnite, dal nome del videogioco più noto e diffuso tra gli adolescenti.

La serie *Renovatio Quest* è ambientata nel XXVI secolo, su un pianeta sconvolto dal cambiamento climatico. Il protagonista Nescio Nomen, giovane studente inglese, deve cercare di salvarsi risolvendo quesiti e problemi di carattere scientifico. Si imbatte in un astronomo con il cannocchiale rotto da aggiustare applicando le leggi dell'ottica oppure dovrà cercare di schivare le palle di neve lanciate da un pupazzo rispondendo correttamente a domande di carattere matematico. I vari *serious game* della serie sono strutturati in diversi livelli, che fungono da moduli didattici. I videogame non sostituiscono la didattica tradizionale, ma la integrano: "Utilizzo questi videogiochi come ripasso a cavallo di una verifica scritta, oppure come compito a casa. Gli studenti mi mandano lo *screenshot* del livello completato e io assegno un voto in base al punteggio ottenuto", spiega Montoli.

Quest'approccio didattico è noto come *Game based learning* e si fonda sull'applicazione della logica del *gaming* all'apprendimento. "Con i giochi i ragazzi imparano senza rendersene conto", sottolinea Montoli che poi rivela come "i migliori risultati si registrano con gli alunni più distratti, quelli meno interessati, che spesso non svolgono i compiti a casa e in classe si sentono meno coinvolti. Grazie ai videogiochi e alla loro componente ludica hanno

cominciato a interessarsi alla materia che vedono, così, più vicina ai propri gusti".

In quest'ottica i videogiochi diventano un modo per insegnare la matematica e la fisica usando un'altra lingua, sposando una nuova logica. "Solitamente i test e i compiti in classe si basano su un sistema sottrattivo: si parte da 10 e a ogni errore si scende di voto. Con i videogiochi la logica è invece aggiuntiva: si parte da 0 e ogni risultato raggiunto aggiunge un punteggio, un bonus". Un tentativo, insomma, di passare dalla punizione al rinforzo positivo.

Tutto questo contribuisce a ridefinire sostanzialmente il rapporto tra gli alunni e la materia scientifica, il cui linguaggio è spesso visto come ostico e difficile da maneggiare. "Eppure, tra i miei colleghi ho inizialmente registrato molta freddezza", racconta Montoli. "La prima cosa che mi chiedevano provocatoriamente

era come facessi a controllare che gli alunni nel gioco non copiassero o si passassero tra di loro le soluzioni. Io rispondevo che non potevo esserne certo neanche nei compiti a casa tradizionali. Ora però molti colleghi si sono ricreduti e usano i miei videogiochi con i loro studenti. Per puntare su questo nuovo approccio però c'è bisogno di docenti curiosi, aggiornati e che con il loro impegno e creatività didattica fungano anche da esempio".

Anche nel caso di questo processo formativo, dunque, i docenti non possono essere lasciati soli, ma il sistema scolastico deve accompagnarli e supportarli.

In gioco c'è la distanza tra la scuola e il mondo esterno dove, per esempio, il digitale che si apre al metaverso chiama la scuola di oggi ad affrontare nuove sfide e a superare i suoi stessi limiti. Proprio come fa un personaggio di un videogioco. ■



Una schermata di *Renovatio Quest*



La scienza in questi giorni di gennaio

7
GENNAIO
1943



In una stanza del New Yorker Hotel di New York viene ritrovato privo di vita **Nikola Tesla**, ingegnere e fisico sperimentale di prima grandezza. Nato a Smiljan Lika (nell'attuale Croazia) il 10 luglio 1856 da una famiglia di origine serba, il giovane Nikola aveva frequentato il Politecnico di Graz dove aveva seguito con passione le lezioni di matematica e fisica. Durante una di queste, osserva il funzionamento di un motore a corrente continua il cui commutatore produce fastidiose scintille. Molti anni più tardi, nel 1887, sarà Tesla a sfruttare questo effetto inventando il campo magnetico rotante per motori elettrici. Proseguiti gli studi di matematica e fisica a Praga, Tesla trova impiego presso amici di famiglia a Budapest come ingegnere elettrico. Poi, si trasferisce prima a Parigi e nel 1884 a New York, dove è assunto dalla Edison Machine Works e dove, in rare occasioni, incontra il celebre Thomas Alva Edison. Sull'inimicizia tra i due si diffusero da subito voci che sono entrate a far parte del folklore legato alla loro storia. Lasciata la Edison, la carriera di Tesla prosegue in una girandola di invenzioni e brevetti dettati dalle sue stupefacenti competenze elettrotecniche e dalle sue altrettanto profonde intuizioni. Celebri, e infinite, le sue battaglie legali per stabilire la paternità di scoperte e l'attribuzione di brevetti.

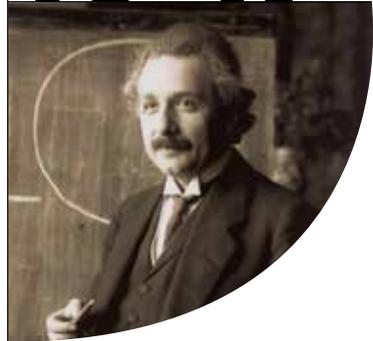
Con un investimento di un milione di dollari, l'Ibm apre una fabbrica a Berlino per costruire **le macchine Hollerith**, un sistema di calcolo automatico basato sulla traduzione dei dati in fori su schede di cartoncino mediante punzonatrici, e coordinare l'elaborazione dei dati. All'inaugurazione Willi Heideringer, il dirigente della collegata tedesca, illustra con molto fervore cosa avrebbe fatto la tecnologia tedesca per il "destino biologico" della Germania, dichiarando che la statistica della popolazione sarebbe stata la chiave per sradicare i segmenti malati e inferiori della società tedesca: "Il medico esamina il corpo umano e determina se tutti gli organi stanno funzionando a beneficio dell'intero organismo. Noi dell'Ibm somigliamo moltissimo ai medici, in quanto svisceriamo – cellula per cellula – il corpo culturale tedesco. [...] Noi siamo fieri di poter collaborare a tale compito, che fornirà al nostro medico della nazione il materiale di cui ha bisogno per i suoi esami". Dalla casa madre Usa, il presidente dell'Ibm telegrafa a Heideringer una pronta nota di congratulazioni "per un lavoro ben fatto e sentimenti ben espressi!". Il coinvolgimento dell'Ibm nella Germania nazista era cominciato già nel 1933, quando l'azienda aveva progettato ed eseguito il primo censimento hitleriano.

8
GENNAIO
1934



Albert Einstein prende la penna per scrivere una nuova lettera: "Dear friend, ti scrivo per avere il consiglio di un amico. Con la liberazione dell'energia atomica, la nostra generazione ha portato nel mondo la forza più rivoluzionaria dopo la scoperta del fuoco da parte dell'uomo preistorico. La forza fondamentale dell'universo non può essere in alcun modo adattata al concetto ormai superato dei ristretti nazionalismi. Contro di lei non c'è segreto e non c'è difesa; non c'è possibilità di controllo se non attraverso la vigile comprensione e l'insistenza dei cittadini di tutto il mondo. Noi scienziati riconosciamo di avere la responsabilità [...] noi crediamo che un cittadino informato agirà per la vita e non per la morte. [...] Io non esito a chiederti di aiutarci. Sinceramente tuo, A. Einstein". Einstein è stato appena eletto presidente dell'Emergency Committee of Atomic Scientists, associazione composta da scienziati che considerano una priorità assoluta il tentativo di "ricacciare nella bottiglia" lo spirito atomico che si è manifestato in maniera così tragica a Hiroshima e Nagasaki. La lettera è indirizzata al grande pubblico, per ricordare a tutti che "lo spirito uscito dalla bottiglia" ha una potenza enorme e che contro di esso non c'è difesa possibile se non attraverso la mobilitazione di tutti i cittadini del mondo. Gli scienziati hanno una responsabilità cui non possono sottrarsi: fornire a tutti i cittadini del mondo gli strumenti minimi indispensabili per comprendere i fatti relativi all'energia atomica e alle sue implicazioni per la società.

22 GENNAIO
1947



30 GENNAIO
1933



Il Presidente della Repubblica tedesca von Hindenburg nomina Cancelliere **Adolf Hitler**, führer del Partito nazional-socialista dei lavoratori tedeschi che alle elezioni politiche del 1932 aveva ottenuto la maggioranza dei seggi nel Reichstag. È l'inizio dell'ascesa al potere di Hitler, che procede a tappe forzate verso l'istituzione di uno stato totalitario. Anche la matematica è vittima della riorganizzazione nazista: in un discorso pronunciato il 13 luglio 1933 davanti all'Accademia delle Scienze di Berlino, il fisico Philipp Leonard contrappone la scienza tedesca alla fraudolenta scienza ebraica e nel novembre dello stesso anno il filosofo e logico Hugo Dingler denuncia l'istituto di Göttingen come un focolaio di cospiratori ebrei. Alcuni matematici sono apertamente resistenti. Carl Ludwig Siegel, direttore del Frankfurt Mathematics Institute, protesta contro le nuove direzioni della *Reich Mathematical Association* e si dimette nel 1934; Ernst Zermelo esprime il suo dissenso nei confronti dei nuovi orientamenti dell'università di Friburgo dimettendosi nel 1935. Erich Kamke tenta, invano, di spingere l'unione dei matematici a opporsi alle revoche operate dal regime. Altri matematici di origine ebraica come Richard Courant e Felix Bernstein scelgono l'emigrazione. Fra di loro Emmy Noether, indagata per aver sostenuto i socialdemocratici, e Hermann Weyl, la cui moglie è di origine ebraica, che nel 1933 si trasferisce a Princeton, città che accoglierà molti esuli tedeschi. ■



IL BATACLAN dei vivi

Due giovani seminudi, coperti solo dalle mantelle fluorescenti che la polizia distribuisce alle vittime di un incidente, si aggirano smarriti per le strade deserte di una silenziosa e notturna Parigi. Pallidi, turbati, lo sguardo spiritato alla ricerca di qualcosa che non trovano, sembrano due extraterrestri catapultati sulla Terra. In realtà, sono una coppia di fidanzati, Ramon e Céline, lui spagnolo e lei francese, sopravvissuti all'attacco terroristico al teatro Bataclan la sera del 13 novembre 2015.

Se li avessimo conosciuti qualche ora prima, ci sarebbero apparsi per quello che erano. Una coppia di trentenni come tanti: belli, allegri, vitali, innamorati, ricchi della voglia di divertirsi. Per questo, quella sera si erano trovati al teatro assieme ai loro amici, Carlos e Lucie, per assistere a un concerto e vivere insieme ore spensierate.

Ma l'attacco terroristico che ha insanguinato la serata, anche se non ha ferito i loro corpi, ha sconvolto le loro anime.

Quella notte straziante ha aperto una ferita insanabile nelle loro vite che da quel momento non potranno essere più le stesse. I due giovani saranno costretti a lottare per ritrovare un senso di normalità e superare la condizione permanente di vittime.

Le strade, le persone, la stessa Parigi sono cambiate per sempre: la città, da luogo amato e fonte di piacere, è diventata luogo minaccioso. La regia mostra una Parigi frammentata e ben lontana dalle usuali immagini da cartolina: angoli di piazze, scorci di strade in cui Ramon e Céline si muovono guardinghi osservando il panorama con occhi sospettosi.

Inspirato al libro autobiografico *Paz, amor y Death Metal* dello spagnolo Ramon Gonzalez, che era effettivamente presente quella sera al concerto degli Eagles of Death Metal al Bataclan, il film *Un anno, una notte* è il resoconto accurato e puntuale di quello che può succedere a una coppia dopo un trauma. C'è un prima e c'è un dopo nella relazione tra Céline e Ramon. C'è una notte, lunga come un anno, che cambia lo scorrere degli even-

UN ANNO, UNA NOTTE

Regia: Isaki Lacuesta
Durata: 120'
Spagna 2022



“Un anno, una notte” racconta la storia di due sopravvissuti alla strage del teatro parigino e di come la coppia cerchi una difficile via per superare il trauma

ti e pone la loro relazione di fronte a un bivio. C'è un baratro sotto i loro piedi, che li mette di fronte alla domanda: come sopravvivere, che cosa fare per restare insieme e continuare la vita di coppia?

Il problema è che i due reagiscono all'accaduto in modo completamente diverso. Céline vorrebbe dimenticare tutto, rimuovere totalmente l'esperienza e per questo si ributta nella sua vecchia vita, riprende a fare l'assistente sociale, non rivela, né ai suoi genitori né alle sue colleghe di lavoro, quello che le è capitato. Ma poi, alla lunga, crolla.

Ramon invece è bloccato nel passato; non ce la fa a dimenticare, anzi ripercorre con la mente quei momenti terribili perché vorrebbe capire davvero quello che è successo. Ha attacchi di panico violenti che lo immobilizzano, è scioccato, ferito, la sua vita si blocca: abbandona il lavoro, inizia una terapia, prova la strada dell'insegnamento.

L'attentato è una cesura esistenziale nelle loro vite: li spinge a bilanci forzati, li induce a immaginare continue *slidingdoors*. Ma soprattutto impedisce loro di parlare davvero di quello che sentono e provano.

Due sequenze del film sono emblematiche in questo senso: la prima è quella in cui Ramon e Céline passano una serata insieme agli amici che erano con loro al Bataclan, Carlos e Lucie. Ramon vorrebbe approfittare dell'occasione per parlare di quanto è successo quella notte ma Céline devia subito il discorso su altri argomenti. L'altra è quella in cui i due protagonisti, dopo una cena con gli amici spagnoli di lui, litigano furiosamente sperimentando sulla loro pelle la difficoltà di parlare di quei momenti, delle loro reazioni, dei loro ricordi. L'incapacità di trovare le parole per raccontare quello che è successo

è la ferita più lacerante che il terrorismo ha prodotto nei due giovani.

Un anno, una notte è un film allo stesso tempo ruvido e delicato: ruvido inevitabilmente per i fatti di cui si occupa, delicato per la sensibilità e il pudore con cui tratta i sentimenti dei personaggi che li hanno affrontati.

È senza dubbio un film problematico e profondo, che ci ricorda come questa potrebbe essere la storia di ognuno di noi; propone un'esplorazione universale di un evento traumatico, una narrazione sull'identità, l'amore e la perdita, con l'effetto di coinvolgere lo spettatore e trasportarlo nella mente dei due protagonisti, per fargli provare le stesse emozioni che hanno vissuto mentre prendeva corpo la loro storia. ■





IL PARADISO dei numeri

Hans Magnus Enzensberger ci ha lasciato il 24 novembre dello scorso anno. È stato scrittore e poeta, oltre che saggista: un intellettuale a tutto tondo, indipendente, anticonvenzionale, ironico, ricchissimo di interessi, compreso quello sul rapporto tra letteratura e scienza. Non un matematico e, tuttavia, sensibile alla matematica. Del resto, la notorietà di Enzensberger tra i matematici deriva in gran parte dal suo libro *Il mago dei numeri* del 1997. Quando uscì, fu un vero *bestseller*, tanto più imprevedibile perché dichiaratamente rivolto a “tutti quelli che hanno paura della matematica”. Un “libro da leggere prima di addormentarsi”, lo definiva l'autore. Viene però da temere che, dopo una simile lettura matematica, il sonno sia più agitato che tranquillo. In effetti, al ragazzo che è protagonista del racconto la matematica è odiosa al punto da provocargli incubi notturni ma poi in sogno gli appare una strana creatura, il “mago” del titolo, una sorta di diavolello stizzoso che tuttavia gli spiega piano piano, nel modo più semplice e invitante, le meraviglie e i misteri dell'aritmetica, introducendolo al paradiso dei numeri. Il brano di Enzensberger che qui proponiamo non pro-

viene da *Il mago dei numeri* ma da un'opera meno popolare ma ugualmente densa di suggestioni e significati: *Gli elisir della scienza*. Il sottotitolo è illuminante: *Sguardi trasversali in poesia e in prosa*. È in questa forma – poesia e prosa – che l'autore presenta riflessioni sulla scienza e ritratti di scienziati. In particolare, riflessioni sulla matematica e ritratti di matematici, a cominciare da un *Omaggio a Gödel* in versi che sta proprio all'inizio del libro. Già nel settembre del 2020 dedicammo le pagine di questa rubrica a un estratto di questi elisir, un brano in prosa su Alan Mathison Turing (1912-1954). Aggiungiamo che un'altra poesia dallo stesso libro, stavolta su John von Neumann (1903-1957), compare nei *Racconti matematici* di Claudio Bartocci. Ma l'attenzione dell'umanista Enzensberger, oltre che alle figure degli scienziati, si concentra pure sulla matematica: da un lato sugli ostracismi e sulle incomprensioni che spesso la avvolgono, sulla sua difficoltà di comunicarsi, e dall'altra parte sul suo ruolo capitale nella storia della cultura e del pensiero e sulla sua ricchezza di idee ed emozioni. Ci dice Enzensberger che la matematica “conosce radici, fibre, germi, fasci, schiere, involuppi, nodi, lacci, curve, raggi, bandiere, tracce, intersezioni, corpi e sottocor-



pi, generi, scheletri, ideali massimali, principali e nulli, anelli, punti isolati, gruppi semplici, cammini aleatori, il punto di fuga, gruppi liberi finitamente generati, varietà, insiemi vuoti, modelli ombelicali, cuspidi di ponti, la coda di rondine, filtri, nodi infiniti, trecce, la polvere di Cantor, il diamante di Hodge, gli shtukas, farfalle e tori”. Anche il poscritto finale del libro ha un titolo significativo: *La poesia della scienza*. Non più il rapporto tra poesia e scienza, ma la scienza stessa intesa come poesia: non palese, da iniziati forse, ma profonda; da Lucrezio a Bruno, da Goethe a Novalis e oltre. Pure la matematica è poesia: Enzensberger cita al proposito Armand Borel, che la definisce “poesia di idee” (in *Mathematik: Kunst und Wissenschaft* del 1981). Un brano esemplare sulle ambascie della matematica e sul suo vero ruolo è quello che presentiamo qui, tratto appunto da *Gli elisir della scienza*, dove si trova appena dopo l'*Omaggio a Gödel*. Si intitola *Ponte levatoio fuori servizio ovvero la matematica nell'aldilà della cultura*.

Gli elisir della scienza. Sguardi trasversali in poesia e in prosa

di Hans Magnus Enzensberger

Einaudi, Torino, 2004

Traduttori: Vittoria Alliata, Anna Maria Carpi, Umberto Gandini, Daniela Zuffellato

*Ponte levatoio fuori servizio ovvero la matematica nell'aldilà della cultura
Uno sguardo dall'esterno*

I toni sono sempre gli stessi: "Ma per favore! Al diavolo la matematica". - "Una tortura, già a scuola. Non so proprio come sono riuscito a passare l'esame di maturità". - "Un incubo! Sono davvero completamente negato...". - "L'IVA ancora ancora ce la faccio, con il calcolatore. Ma tutto il resto è troppo difficile". - "Formule matematiche? Veleno per me. Stacco semplicemente la spina".

Sono affermazioni che si sentono fare tutti i giorni. Le pronunciano con disinvoltura persone sicuramente intelligenti, colte, con un singolare misto di arroganza e fierezza. Si aspettano ascoltatori comprensivi, e questi non mancano mai. Si è stabilito un consenso generale che determina tacitamente ma in modo massiccio l'atteggiamento verso la matematica. A nessuno sembra dar fastidio che la sua esclusione dalla sfera della cultura corrisponda a una specie di castrazione intellettuale. Chi giudica deplorabile questa situazione, chi mormora qualcosa sul fascino e l'importanza, sulla portata e la bellezza della matematica, è considerato un esperto e guardato con stupore; e se si fa riconoscere come un cultore dilettante, passa nel migliore dei casi per uno stravagante che si occupa di un hobby insolito, come se allevasse tartarughe o collezionasse fermacarte vittoriani.

Molto più raramente si incontrano persone che asseriscono con uguale enfasi che la sola idea di leggere un romanzo, di osservare un dipinto o di andare al cinema causa loro insuperabili tormenti; di aver scrupolosamente evitato dai tempi della maturità ogni contatto con le arti, di qualsiasi specie; che non vogliono che si rammentino loro le prime esperienze con la letteratura o con la pittura. E non capita praticamente mai di sentir pronunciare anatemi contro la musica. Certo, c'è gente che, probabilmente non a torto, sostiene di non avere orecchio per la musica. L'uno canta a voce tendenzialmente troppo alta e in modo stonato, l'altro non sa suonare uno strumento, e sono pochissimi gli ascoltatori che accorrono ai concerti con la partitura

sotto il braccio. Ma chi sosterebbe seriamente di non conoscere una canzone? Che si tratti delle Spice Girls o dell'inno nazionale, dei ritmi techno o di un corale gregoriano, nessuno è totalmente immune rispetto alla musica. E questo per una buona ragione. La capacità di fare e di ascoltare musica è insita geneticamente; fa parte degli universali antropologici. Ciò non significa naturalmente che saremmo tutti ugualmente portati alla musica. Come tutte le altre doti e qualità, anche questo aspetto del nostro corredo segue la normale distribuzione gaussiana. In una popolazione qualsiasi, il talento estremo è raro quanto la totale sordità musicale, e il massimo statistico è raggiunto dalla posizione intermedia.

Esattamente lo stesso accade ovviamente con le capacità matematiche. Anche loro sono insite geneticamente nel cervello umano, e anche loro si distribuiscono in ogni popolazione esattamente secondo il modello della curva a campana. È dunque una concezione superstiziosa quella secondo cui il pensiero matematico sarebbe un fenomeno raro, un esotico capriccio della natura.

Ci troviamo dinnanzi a un enigma. Da che cosa dipende che la matematica sia rimasta nella nostra civiltà qualcosa come un buco nero, un ambito extraterritoriale in cui si sono arroccati solo pochi iniziati? Chi vuole semplificarsi la risposta dirà che la colpa è degli stessi matematici. Questa spiegazione ha il vantaggio della semplicità. Inoltre conferma il cliché che il mondo dei non addetti ai lavori si è sempre fatto dei rappresentanti professionali della disciplina. Ci si figura il matematico come un profano sommo sacerdote che custodisce con gelosia il suo

particolare Graal. Che volge le spalle alle comuni cose di questo mondo. Preso esclusivamente dai suoi incomprensibili problemi, fatica a comunicare con il mondo esterno. Vive ritirato, considera le gioie e i dolori della collettività umana una fastidiosa seccatura e indulge più in generale a una asocialità che confina con la misantropia. A sua volta, con la sua pedanteria logica, dà sui nervi al prossimo. E soprattutto tende a una forma di alterigia difficilmente sopportabile. Intelligente com'è - nessuno gli contesta questa qualità - guarda agli sprovveduti tentativi degli altri di concepire questo o quel pensiero con sprezzante condiscendenza. Non gli verrebbe perciò mai in mente di reclamizzare la sua causa.

Fin qui la caricatura, che è tuttavia presa fin troppo spesso per oro colato. Il che è ovviamente una sciocchezza. A prescindere dalla loro attività, è da presumere che i matematici si distinguano poco dalle altre persone, e conosco uomini e donne del mestiere che sono allegri, navigati, arguti e a volte perfino irragionevoli. Senonché, nel cliché, come al solito, c'è un nocciolo autentico. Ogni mestiere ha i suoi rischi, le sue patologie specifiche, la sua *déformation professionnelle*. I minatori soffrono di silicosi, gli scrittori di disturbi narcisistici, i registi di megalomania. Tutti questi difetti si possono ricondurre alle condizioni di produzione in cui i pazienti lavorano.

Per quel che riguarda i matematici, la loro attività richiede soprattutto un'estrema e protratta concentrazione. Sono macigni assai resistenti quelli che devono perforare. Non c'è da stupirsi quindi che qualsiasi irritazione proveniente dall'esterno

sia colta come una mancanza di riguardo. D'altra parte sono finiti da molto i tempi dei matematici universali dello stampo di un Eulero o di un Gauss. Nessuno ha oggi più la padronanza di tutti gli ambiti della sua scienza. Questo significa però anche che, nella ricerca, la cerchia dei possibili destinatari si restringe. Lavori che siano veramente originali sono inizialmente capiti solo da pochi colleghi del mestiere; circolano via posta elettronica fra una dozzina di lettori che stanno a Princeton, a Bonn e a Tokyo. E ciò comporta in effetti un certo isolamento. Questi ricercatori hanno da tempo abbandonato il tentativo di rendersi comprensibili agli estranei, e può anche darsi che tale atteggiamento si ripercuota su altri, meno progrediti, lavoratori nella vigna della matematica.

Significativo in questo senso è un modo di dire che già la matricola sente usare nel corso d'una qualsiasi lezione sulla teoria delle funzioni o sugli spazi vettoriali. Questa derivazione o quella attribuzione, si dice, è "banale", e con ciò si chiude il discorso. Ogni ulteriore spiegazione è superflua; sarebbe per così dire al di sotto della dignità del matematico. Ora è in effetti faticoso e noioso dover ogni volta dipanare da capo ogni singolo elemento di una concatenazione di prove. Per questo i matematici sono abituati a sorvolare sui passi intermedi ricorrenti, ovvero a dare semplicemente per scontata la loro esattezza mille volte verificata. Il che è indubbiamente economico. Senonché influenza il comportamento comunicativo in una direzione molto precisa. Fra gli addetti ai lavori è considerato un interlocutore accettabile solo colui per il quale il banale è banale, si capisce cioè da sé. Tutti coloro cui

ciò non si attaglia, e quindi almeno il 99% dell'umanità, sono considerati sotto quest'aspetto dei casi disperati, intrattenerli con i quali non vale semplicemente la pena.

Si aggiunga poi che i matematici non solo si avvalgono, come altri scienziati, di un particolare gergo specialistico, ma anche di un sistema di notazione che si distingue dalla consueta scrittura ed è indispensabile per la comunicazione interna. (E anche qui si può parlare di un'analogia con la musica, la quale ha a sua volta sviluppato un suo proprio codice). Senonché la maggior parte delle persone, non appena vede una formula, è presa dal panico. È difficile dire da dove derivi questo riflesso di fuga, che risulta a sua volta incomprensibile ai matematici. I quali sono infatti del parere che la loro notazione sia meravigliosamente chiara e molto superiore a qualsiasi linguaggio naturale. Per questo, non capiscono nemmeno perché dovrebbero prendersi la briga di tradurre le loro idee in tedesco o in inglese o in italiano. Un simile tentativo equivarrebbe, ai loro occhi, a una grossolana e inammissibile semplificazione.

I matematici sarebbero dunque essi stessi responsabili dell'isolamento della loro scienza? Avrebbero essi stessi voltato le spalle alla società e alzato deliberatamente il ponte levatoio di raccordo con la loro disciplina? Solo chi sottovaluti il problema e la sua portata può semplificarsi a tal punto la risposta. Non è semplicemente ammissibile che si lasci la gatta da pelare a una minoranza di esperti mentre una schiacciante maggioranza rinuncia spontaneamente a far proprio un capitale culturale di immensa portata e di straordinario fascino. ■



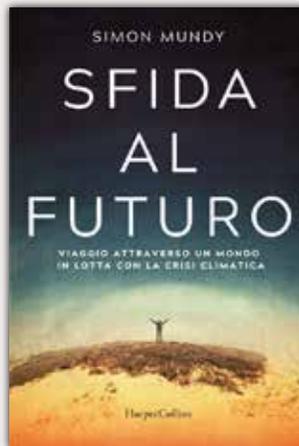
Il mondo travolto dal cambiamento climatico

Gli equilibri sul nostro pianeta stanno cambiando a una velocità mai vista, esponendoci a sfide senza precedenti che rischiano di stravolgere il nostro stile di vita ma allo stesso tempo ci offrono opportunità impensabili fino a pochi decenni fa

► Un viaggio di quasi due anni attraverso 26 Paesi e 6 continenti per toccare con mano le conseguenze del cambiamento climatico e incontrare fisicamente le persone che sono quotidianamente esposte in prima linea agli effetti catastrofici di un mondo in rapidissima trasformazione. Simon Mundy, reporter del *Financial Times*, esperto di tematiche ambientali e sostenibilità, costruisce un appassionante reportage che non può lasciare indifferenti.

Mundy muove i primi passi della sua personalissima crociata nello spettrale paesaggio siberiano della Jacuzia, presso la "porta dell'inferno", il cratere di Batagaika, dove l'innalzamento brutale delle temperature sta sciogliendo il permafrost facendo sprofondare il terreno. Quello che era un piccolo avvallamento, quasi impercettibile, negli anni Novanta, è diventato una voragine in grado di contenere per larghezza 175 autobus in fila e in profondità il teatro dell'Opera di Sidney. Tutto cede, crolla, interi villaggi sono minacciati ed enormi quantità di metano e anidride carbonica imprigionate nel ghiaccio potrebbero essere rilasciate nell'atmosfera. Quale metafora migliore del disastro che stiamo vivendo?

Eppure anche qui c'è chi resiste, chi cerca di volgere a proprio favore un quadro così critico e chi pensa che una soluzione, per quanto visionaria, possa esistere. I cercatori di zanne di mammut, ad esempio, uomini che vivono in condizioni estreme scavando nel terreno non più gelato per far emergere le ossa degli antichi abitanti di questa regione. E se gli enormi cumuli di ossa abbandonate ovunque testimoniano quanto la ricerca non sia facile, per i più fortunati è sufficiente



Simon Mundy

SFIDA AL FUTURO

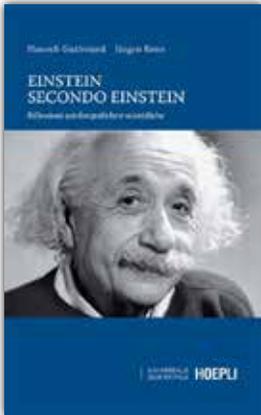
Traduzione
di Francesca Pe'
Harper Collins
(2022)
pp. 460, € 23,00

un solo ritrovamento importante per assicurarsi qualche anno di prosperità.

Ma c'è spazio anche per l'utopia visionaria, quella di Sergej Zimov, una folta barba bianca e un lungo bastone di metallo con cui batte ritmicamente il terreno, che sta costruendo un Parco del Pleistocene per combattere il cambiamento climatico rallentando lo scongelamento del permafrost: la sua idea è quella di distruggere la taiga per milioni di km quadri per far rinascere la steppa originaria e ripopolarla di grandi mammiferi – oggi bisonti, domani mammut clonati – che con la loro attività possano impedire una nuova rivegetazione e mantenere così il suolo coperto solo di erba a una temperatura sufficientemente fredda da proteggere il permafrost.

Il viaggio di Mundy non si ferma nel grande Nord. Raggiunge la frontiera delle terre emerse che lottano ogni giorno con l'innalzamento del livello degli oceani, tra soluzioni ingegneristiche all'avanguardia e semplici abilità artigianali e si confronta con territori devastati da eventi climatici estremi, come le Filippine, o Paesi in cui semplicemente non piove più, come nel Corno d'Africa.

Ne emerge una storia che può spaventare, labirintica e inafferrabile perché troppo ampia, tra esperti di innovazione che cercano soluzioni avveniristiche, semplici persone che combattono per sopravvivere insieme alle loro comunità, movimenti ambientalisti che fanno pressione sull'opinione pubblica per cambiamenti drastici, leader di superpotenze che si contendono una supremazia economica in un mondo a basse emissioni di carbonio e magnati che si arricchiscono enormemente tra energie pulite e auto elettriche.



Hanoch Gutfreund
e Jürgen Renn

EINSTEIN SECONDO EINSTEIN

Traduzione di Luisa
Doplicher
Hoepli (2022)
pp. 269, € 24,90

► “E questo dovrebbe essere un necrologio? Si chiederà forse il lettore, stupito. Vorrei rispondere: sostanzialmente sì. Nell’esistenza di una persona del mio tipo, infatti, l’essenziale si trova proprio in che cosa pensa e come pensa, non in ciò che fa o subisce”. Ecco il solito sorprendente, mai banale, Albert Einstein, questa volta nelle sue *Note autobiografiche*, l’autobiografia intellettuale scritta per *The Library of Living Philosophers* alla fine della seconda guerra mondiale. Proprio quest’opera, non sempre nota al grande pubblico, è presentata da due dei massimi esperti di Einstein, Hanoch Gutfreund e Jürgen Renn.

Con una prefazione appositamente dedicata ai lettori italiani che rende omaggio al legame speciale che lega il fisico tedesco al nostro Paese e ai suoi matematici, *Einstein secondo Einstein* “contestualizza le riflessioni del fisico tedesco naturalizzato svizzero e statunitense nelle varie fasi della sua vita e, oltre a presentare il testo completo dell’opera, segue il suo itinerario intellettuale dall’infanzia agli ultimi anni, tracciando un quadro avvincente di come si forma uno scienziato filosofo”.

Con puntuali riferimenti agli altri suoi scritti, alla corrispondenza personale e a saggi critici dei suoi contemporanei (oltre ad esaminare un secondo breve testo autobiografico, scritto poche settimane prima della morte e finora inedito), Gutfreund e Renn ci aprono una finestra sul mondo di Einstein dalla quale non vorremmo mai smettere di affacciarci.

► Infinite sono le strade che conducono ad Atlantide, talvolta tortuose e difficili, altre volte apparentemente facili. Lungo entrambe ci conduce per mano Marco Ciardi, professore di storia delle scienze all’università di Firenze, che con insaziabile curiosità ha studiato le radici del mito forse più pervasivo dell’intera cultura occidentale, dalle cui sponde intangibili sono state gettate nel mare della fantasia migliaia di messaggi in bottiglia. Affondando nei propri ricordi personali - i primi *Topolino*, le prime pubblicazioni Disney targate Mondadori, gli eroi Marvel, *Ventimila leghe sotto i mari* e i libri di Salgari - l’autore giunge fino al *Crizia* di Platone, la prima testimonianza conosciuta di Atlantide.

Atlantide ha assunto su di sé in modo complesso e stratificato, nel corso del tempo, diverse idee: quella di una condizione passata dell’umanità in equilibrio con la natura e senza conflitti (la mitica età dell’oro), il timore tanto di una catastrofe naturale che può segnare la fine di una civiltà quanto della scomparsa dell’uomo dovuta alla sua incapacità di gestire lo sviluppo tecnologico (senza naturalmente dimenticare il grande capitolo della ricerca archeologica di una civiltà superiore passata). Non sarà allora che essa incarni l’uomo stesso e le sue mille contraddizioni e che forse non vada cercata nel passato quanto piuttosto attesa nel futuro? ■



Marco Ciardi

BENVENUTI AD ATLANTIDE

Carocci (2022)
pp. 264, € 22,00



MATHONE

CREAZIONE matematica

Metti un neolaureato in matematica che frequenta un dottorato di analisi in Norvegia con alle spalle già qualche anno di divulgazione e vi troverete davanti Davide Murari, veronese classe 1997, che con il suo *Mathone* imperversa su Facebook, Youtube e Instagram.

La sua attività di divulgazione ha avuto inizio quando era studente liceale; poi, nel corso degli anni, i suoi canali si sono arricchiti con contenuti riguardanti le storie dei matematici e la presentazione di argomenti universitari e concetti complessi, spesso spiegati attraverso esempi chiarificatori. Il suo canale Youtube offre numerosi video in cui lo stesso Murari racconta le sue esperienze di matematico in erba. Su Instagram, invece, si trovano molte immagini e meme che raccontano il mondo della matematica in un flash.

Per gli appassionati di podcast (come il sottoscritto), *Mathone* è

anche su Spotify, dove affronta temi di natura puramente matematica e argomenti di confine, come il lavoro del matematico e le esperienze di chi la matematica l'ha studiata. Sono presenti anche alcuni suggerimenti bibliografici. Proprio tra questi podcast ce n'è uno che mi è piaciuto particolarmente. Si tratta di un breve intervento su "Cos'è una dimostrazione matematica". Croce e delizia di tutti gli studenti delle scuole superiori, le dimostrazioni spesso vengono presentate come una procedura asettica ma in realtà, spiega Davide, sono il momento centrale del processo di creazione matematica

e il suo carattere distintivo rispetto alle altre scienze. La dimostrazione è ciò che fissa "sulla pietra" risultati che, una volta dimostrati, saranno validi per sempre. È un processo che avviene solo in matematica dove non è l'esperienza che valida i risultati. Se pensiamo alla chimica, alla fisica e alle altre scienze, la prova di una teoria sta nella verifica pratica, data dall'esperienza. In matematica, invece, la prova di una teoria sta nello stesso piano teorico. Insomma, non abbiamo bisogno di costruire quadrati sui lati di un triangolo rettangolo e misurarne le aree per dare ragione a Pitagora!



Il codice *Coldplay*

Guardatevi il video della celebre canzone *Fix You* dei Coldplay: a un certo punto noterete, alle spalle del frontman Chris Martin, un insieme di strani rettangoli colorati proiettati sulla facciata del National Film Theatre di Londra. Altri disegni simili campeggiano sulle copertine di tutti i singoli della band usciti nel 2005 e nel 2006. E, manco a dirlo, anche sulla cover di *X&Y*, l'album di riferimento pubblicato nel 2005.

Queste misteriose scacchiere variopinte sono messaggi in codice! Incaricati di curare la grafica del nuovo album, Mark Tappin e Simon Goffton si lasciarono ispirare da un sistema di codifica introdotto nel 1924 e denominato *International Telegraph Alphabet No. 2* (abbreviato in ITA2), un antenato del più moderno codice ASCII.

Molti autori, erroneamente, associano l'album dei Coldplay al codice Baudot ma quest'ultimo è un sistema più vecchio e molto diverso.

In ITA2 ogni carattere è codificato da una sequenza di 5 bit. Per esempio, la "X" corrisponde a "10111". Una particolarità del sistema è che ogni cinquina di cifre binarie può avere due significati: il primo è solitamente una lettera e il secondo una "figura", cioè una cifra numerica o un simbolo speciale.

Come si fa a discriminare tra i due? Semplice. All'inizio del messaggio si danno per buone le lettere, ma due sequenze speciali consentono il passaggio alle figure e viceversa. Grazie a questo stratagemma, si raddoppia il numero di simboli rappresentabili in ITA2: in tutto sono 58.

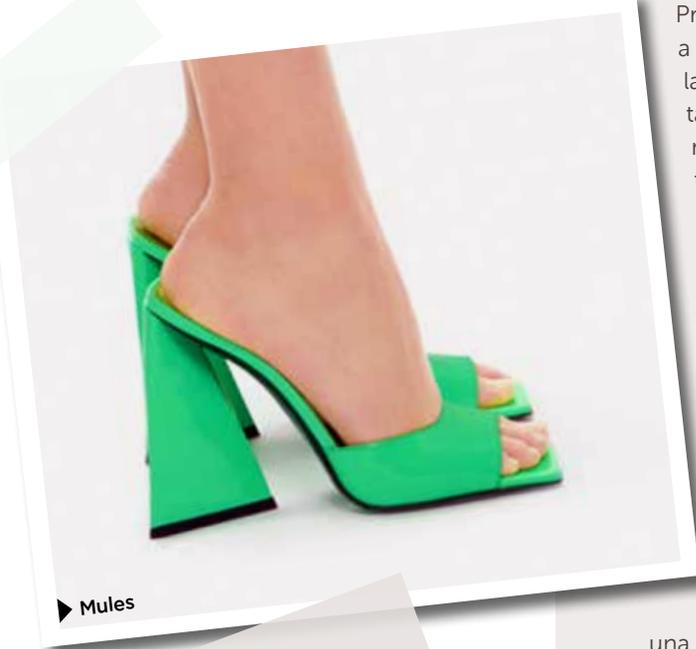
Ma gli enigmatici rettangoli, che cosa c'entrano? Sono un rendering grafico delle sequenze di bit: una casella colorata corrisponde a un 1, una vuota a uno 0. A questo punto, possiamo trasformarci in abili cripto-

analisti e svelare tutti i messaggi. La frase cifrata nel video è *Make trade fair*, il nome di una campagna che promuoveva il commercio equo e alla quale la band inglese aveva offerto il proprio sostegno. Su ognuno dei singoli, poi, non era stata codificata una sconcertante rivelazione sui destini del pianeta, ma semplicemente il titolo del disco. I grafici Tappin e Goffton intendevano fare lo stesso anche con l'album, ma li fecero confusione con le sequenze di passaggio, e finirono per criptare, anziché "X&Y", un insignificante "X96"! ■





Il tacco dell'anno



► Mules



► Cheope

Se ci fosse un premio per la scarpa con il tacco più particolare del 2022, a vincerlo sarebbe sicuramente la "Pump Cheope" del brand The Attico.

Il tacco ha come base una piccola piramide triangolare ed è stato utilizzato da Gilda Ambrosio e Giorgia Tordini, le due designer di The Attico, oltre che per un *décolleté*, anche per gli stivali e i sandali. Non è la prima volta che utilizzano una piramide: già nel 2020 avevano creato il modello "Mules", dei sabot per la Primavera Estate 2021 con un tacco alto a piramide triangolare, ma in quel caso la piramide costituiva l'intero tacco e il tallone poggiava sulla "punta", leggermente tagliata, del solido. Realizzato in tantissime colorazioni, tessuti e tipi di pelle, aveva conquistato subito i cuori di molte star ed era andato praticamente sold-out in ogni negozio online. Ecco perché il brand ha riproposto questa forma geometrica, ma in una versione ridotta.

Perché, però, proprio una piramide? Le due stiliste non l'hanno mai spiegato, ma, sicuramente, rispetto a un tacco molto fino, la piramide ha una base più ampia e mantiene il piede stabile e comodo anche per molte ore, rimanendo pur sempre una scarpa elegante.

Non è la prima volta che la piramide viene utilizzata nel mondo della moda. Un esempio molto noto è l'iconica borchia a forma di piramide quadrangolare di Valentino Garavani. È un omaggio al bugnato delle architetture capitoline e all'utilizzo difensivo-decorativo che se ne faceva un tempo per adornare le teste dei chiodi nei portoni come quello di Palazzo Mignanelli, sede storica di Valentino. Nel 2021 ha anche compiuto 10 anni ed è stata rinnovata dal brand romano in una versione macro, bombata e più audace.

Insomma, entrati nel nuovo anno, non ci resta che attendere l'uscita di una nuova scarpa di The Attico. Gilda Ambrosio e Giorgia Tordini proporranno ancora un tacco a piramide o un nuovo solido? ■



Martha e Ash si amano. Una coppia tranquilla, la loro. Una relazione fatta di piccole attenzioni. E di messaggi WhatsApp. Qualche foto insieme sui social. Come succede a tutti, giovani e no. Poi, la tragedia. Ash muore e Martha non può che esserne devastata. Non riesce a vivere senza il suo Ash. Finché un'amica la informa che esiste un apposito servizio in grado di raccogliere i dati di chi non c'è più: foto, post, messaggi vocali, mail e chi più ne ha più ne metta. L'obiettivo è quello di ricreare in digitale la "personalità" di Ash. E Martha accetta di farlo per avere un interlocutore con cui continuare a scambiare messaggi: "Ciao, Martha!", scrive lui. Lei esita: "Sei tu?". Con la consueta ironia, lui risponde: "No, è la buonanima di Abramo Lincoln". Ed è subito come prima.

Fin qui un episodio della serie tv *Black Mirror* dal titolo *Torna da me*. Una puntata che ha ormai già qualche anno ma che mi è venuta in mente quando ho recentemente sentito parlare di bot che, mettendo insieme i nostri messaggi e mail, potrebbero simulare la nostra personalità. Rappresentare la nostra "anima informazionale". O una copia della stessa, che potremmo addirittura schiavizzare al punto di farle rispondere ai messaggi della chat delle mamme, o di quella degli amici del liceo, o del circolo di lettura a cui ci hanno iscritto pensando di farci un bel regalo di Natale.

La trovata avrebbe sicuramente un suo mercato. E quasi quasi... Ma, di là dall'utilità pratica, quello che pone è un quesito sulla nostra identità. Qualcuno può davvero conoscerci interrogando i messaggi che mandiamo agli amici? Nella vita normale, siamo così assertivi, con tutti quegli "Ok" o con quei pollici in su o in giù? Con quei cuoricini che distribuiamo come se non ci fosse un domani, anche su post di persone che, se incontrassimo per strada, neanche saluteremmo?

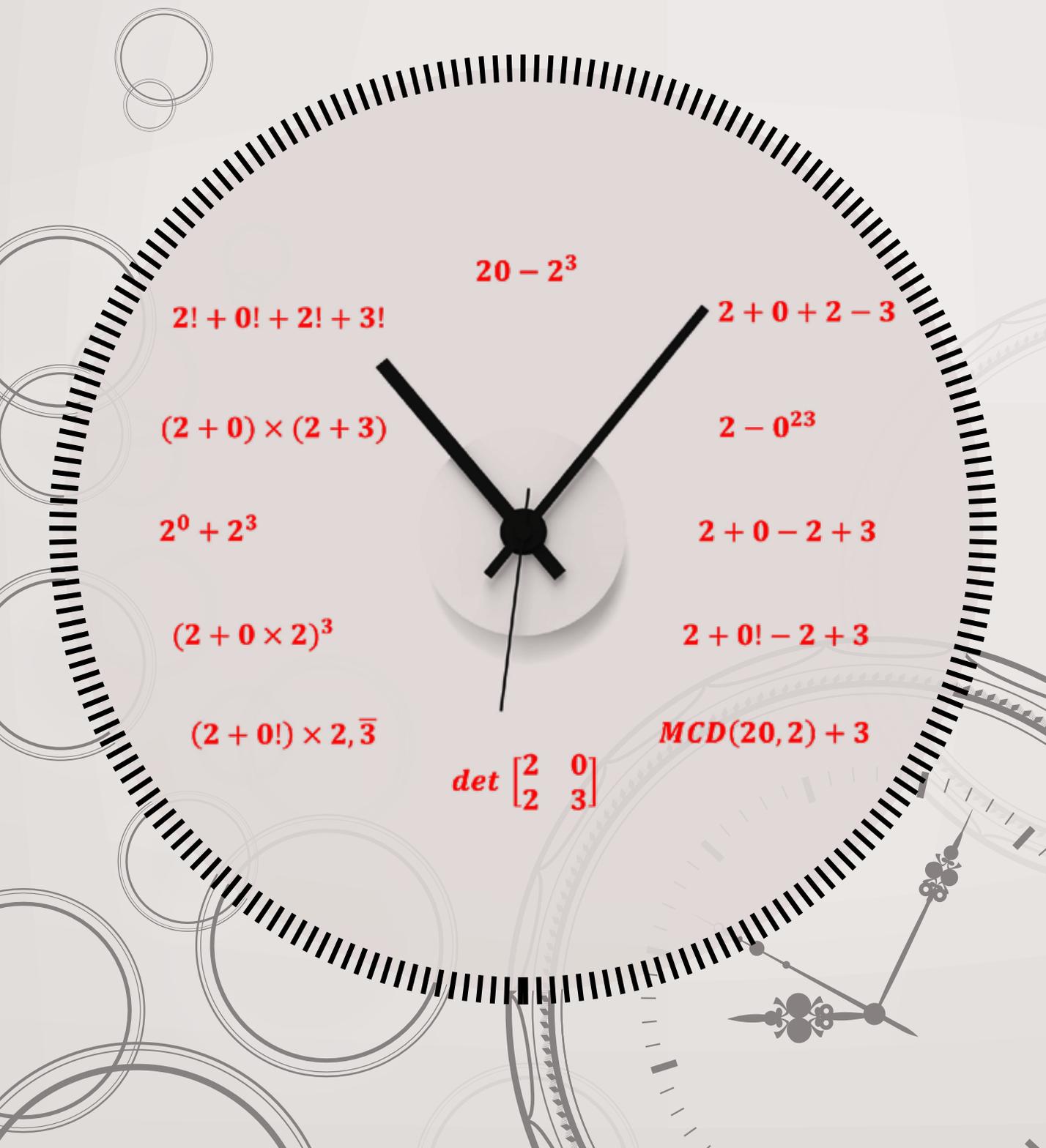
Insomma, ciò di cui ho paura non è tanto che qualcuno risponda alle mail o ai messaggi al posto mio: ben venga, forse. Ma che, attraverso le nuove tecnologie, stiamo elaborando un linguaggio che non ci appartiene. Un linguaggio che è stato inventato per la rete e che non soltanto introduce "sto arrivando!" a ogni errore di digitazione che compiamo. Ma che ci fa ragionare in maniera sincopata e per emoji. Con il ritorno non solo a una scrittura pittografica. Ma a un pensiero pittografico. La qual cosa potrebbe essere... non mi vengono le parole... ah ecco: :-(|

SENZA PAROLE



L'OROLOGIO

del nuovo anno



$$20 - 2^3$$

$$2! + 0! + 2! + 3!$$

$$2 + 0 + 2 - 3$$

$$(2 + 0) \times (2 + 3)$$

$$2 - 0^{23}$$

$$2^0 + 2^3$$

$$2 + 0 - 2 + 3$$

$$(2 + 0 \times 2)^3$$

$$2 + 0! - 2 + 3$$

$$(2 + 0!) \times 2, \bar{3}$$

$$MCD(20, 2) + 3$$

$$\det \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$$

I giochi di **PRISMA**

Il dossier di questo numero contiene i testi dei quesiti assegnati nei **"Giochi d'autunno" 2022** (edizione online). C'è poi il ritorno, richiesto a viva voce, del **"gioco classico"** con i germogli di Martin Gardner.

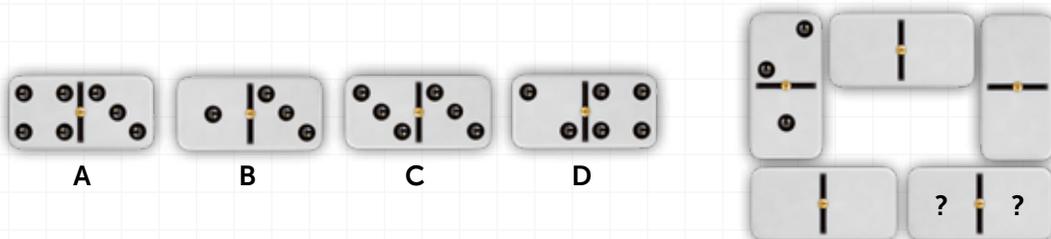
BUON INIZIO D'ANNO CON I GIOCHI DI PRISMA!

1

IL GIOCO DEL DOMINO

Milena ha trovato in solaio cinque tessere di un domino e ha collocato la tessera 2-1 come mostra la figura. Poi vuole disporre le altre quattro in modo da formare un rettangolo, rispettando però la regola del domino: due tessere che vengono a contatto devono esserlo con dei quadrati che hanno lo stesso numero di punti.

Quale tessera (tra A, B, C e D) andrà in basso a destra?



2

LA PASSIONE DEI FRANCOBOLLI

A Mathville si usa, come moneta, il ludico e per spedire una cartolina occorrono francobolli per complessivi 31 ludici. A Mathville esistono però solo francobolli da 3 ludici e da 5 ludici.

In quanti modi diversi si possono comprare francobolli per una somma di 31 ludici (pagando senza avere resto)?



3

I CONFETTI CHE MI PIACCONO

Mia zia Lilli ha messo in un sacchetto 12 cioccolatini fondenti e 7 cioccolatini al latte.

Quanti ne devo prendere al minimo per essere sicuro di averne almeno uno fondente e almeno uno al latte?



4

LE COMBINAZIONI DEL TROLLEY

Nadia è arrivata da poco in albergo, stanca morta, e vuole aprire il suo trolley ma, come al solito, ha dimenticato la combinazione. Ricorda solo che è di tre cifre, che la prima è 2 e che le altre sono entrambe dispari.

Al massimo, quanti tentativi dovrà fare Nadia per aprire il trolley?



5 IN SOLAIO

Nando ha trovato in solaio una vecchia calcolatrice. È piuttosto malandata e, dei dieci tasti delle cifre, funzionano solo quelli con 2 e 6.

Quanti numeri di due cifre Nando riesce a scrivere al massimo utilizzando solo quei due tasti?

6 È SERA

La radio-sveglia segna le 19:22.

Quanti minuti devono passare perché sulla radio-sveglia si legga per la prima volta una sola cifra ripetuta quattro volte?



7 LA RIGA DI MIRNA

Con il righello appena ricevuto in regalo, Mirna si diverte a tracciare dei segmenti su un grande foglio di carta.

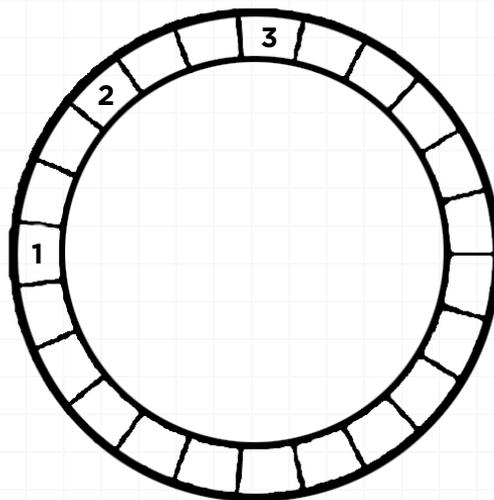
Se traccia quattro segmenti, quanti loro punti di intersezione troverà al massimo?



8 LA CORONA DELL'ANNO

Nella corona della figura (costituita da 23 caselle), Luca ha scritto 1 in una casella qualsiasi. Poi salta due caselle e scrive 2 in quella successiva; salta di nuovo due caselle e scrive 3 in quella successiva. Continua così, sempre in senso orario e sempre seguendo la stessa regola, finché arriva su una casella già occupata.

Qual è la somma dei due numeri scritti da Luca nelle caselle adiacenti alla casella che contiene il numero 1 (quella immediatamente precedente e quella immediatamente seguente)?

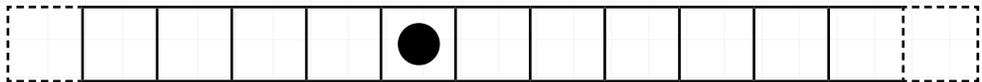


9

TRE PASSI AVANTI E DUE INDIETRO

Marco si diverte a lanciare in aria una moneta. Se esce testa, avanza con la sua pedina, verso destra, di tre caselle sulla striscia che vedete in figura; se esce croce, invece, torna indietro (verso sinistra) di due caselle. Quando alla fine Marco si è stancato di giocare, la sua pedina è complessivamente avanzata di 23 caselle.

Quante volte, al minimo, è uscita croce?

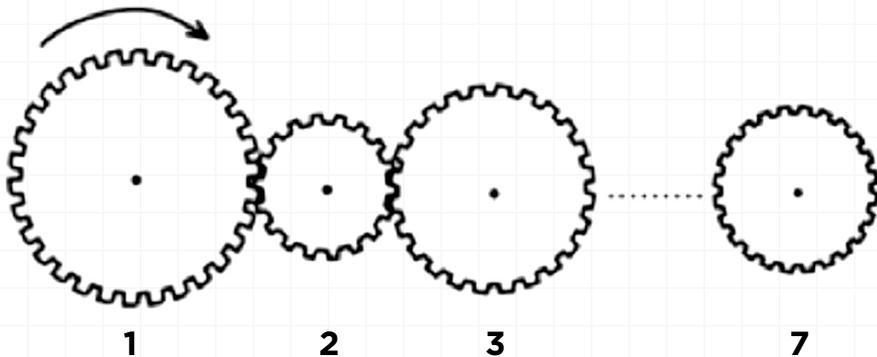


10

LE RUOTE

In figura vedete sette ruote dentate, allineate e a contatto le une con le altre.

Quando la ruota numero 1 si mette in movimento, ad esempio nel verso indicato nella freccia, quante altre ruote gireranno nel suo stesso senso?



11 DA 2022 A 2023

Qual è il più piccolo numero intero positivo la cui scrittura termina con 22 e che è divisibile per 23?

12 L'ADDIZIONE MISTERIOSA

In figura vedete un'addizione tra lettere dove A, B e C nascondono tre cifre tutte diverse tra loro e la cifra nascosta da A è diversa da zero.

Quanto vale il numero ABCA?

$$\begin{array}{r}
 A \ B \ C \ A \ + \\
 A \ B \ C \ + \\
 A \ B \ + \\
 A \ + \\
 \hline
 2 \ 0 \ 2 \ 2
 \end{array}$$

13

L'ENCICLOPEDIA

Per numerare le pagine di un libro che raccoglie i giochi matematici proposti lo scorso anno, il Centro PRISTEM ha stampato 203 volte la cifra 3.

Da quante pagine, al massimo, è formato il libro?

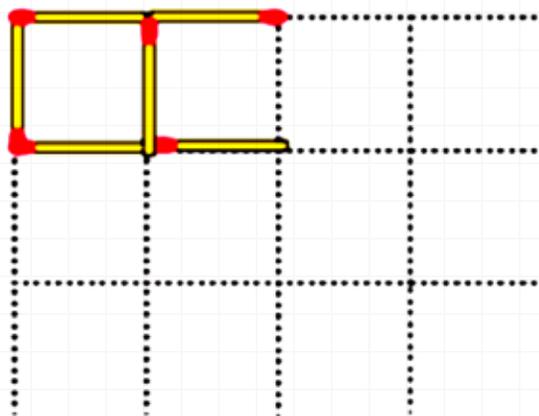
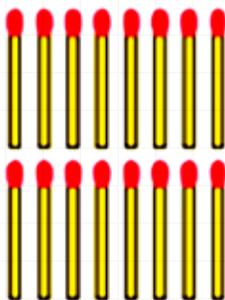


14

I FIAMMIFERI

Jacopo ha a disposizione 22 fiammiferi lunghi ciascuno 5 cm. Anche ciascun lato dei quadrati della griglia che vedete in figura misura 5 cm.

Al massimo, quanti quadrati (5cmx5cm), può contornare completamente Jacopo nella griglia con i suoi 22 fiammiferi?

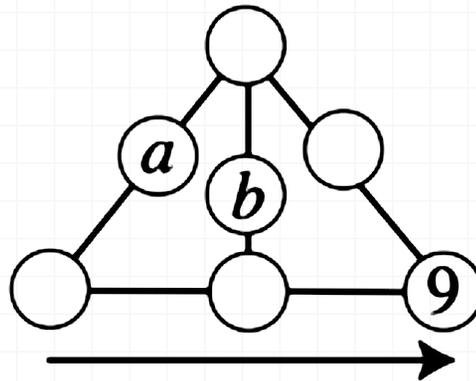


15

IL TRIANGOLO DELL'ANNO

Il triangolo della figura contiene, nei suoi cerchietti, i numeri interi da 4 a 10 (il 9, in realtà, è stato già posizionato). Scrivete gli altri numeri nei cerchietti vuoti in modo che la somma di tre numeri collegati da un segmento sia sempre uguale a 23.

Quanto vale $a+b$?



16

È UN MULTIPLIO DI 23

Il numero di quattro cifre $7XX7$ è un multiplo di 23. Peccato che le due cifre in mezzo, che erano uguali tra loro, siano state cancellate. A voi ritrovarle!

Quanto vale X ?

17

SEMPLIFICARE È FACILE

Desiderio ha ideato un metodo per semplificare le frazioni e lo applica ogni volta che numeratore e denominatore sono numeri di due cifre e tali che la cifra delle unità del numeratore sia uguale alla cifra delle decine del denominatore: allora non fa altro che cancellare le due cifre identiche. Naturalmente il suo metodo è sbagliato, come si vede nell'esempio a sinistra ($48/85$ non è uguale a $4/5$) ma ci sono dei casi in cui il metodo di Desiderio porta stranamente a un risultato giusto: a destra vedete $19/95$ che, dopo la strana semplificazione, diventa $1/5$ che è il suo valore esatto. Il bello è che Desiderio ha trovato un'altra frazione in cui il suo metodo dà un risultato giusto.

$$\frac{\cancel{4}8}{8\cancel{5}} = \frac{4}{5}$$

falso

$$\frac{\cancel{1}9}{9\cancel{5}} = \frac{1}{5}$$

vero

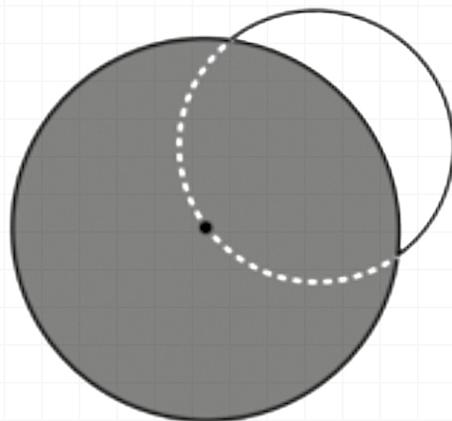
Qual è la nuova frazione trovata da Desiderio, sapendo che la somma del suo numeratore con il denominatore (prima della semplificazione) era uguale a 91?

18

UN'ECLISSI PARZIALE

Nel cielo capita che dei corpi ne nascondano altri alla nostra vista, almeno parzialmente. La figura rappresenta una situazione di questo tipo. La circonferenza più grande ha un diametro di $14\sqrt{2}$ cm mentre quella più piccola (che passa per il centro della circonferenza maggiore) ha un diametro di 14 cm.

Qual è l'area in cm^2 della regione più chiara?



UN GIOCO CLASSICO

I GERMOGLI

Martin Gardner, nel suo libro *Carnevale matematico*, ricorda che il famoso matematico John Conway e il giovane Michael S. Patterson, appena laureato, stavano prendendo il tè nel soggiorno del Dipartimento di matematica di Cambridge – era il pomeriggio di martedì 21 febbraio 1967 – e pasticciavano sulla carta nel tentativo di inventare un nuovo gioco. Venne così fuori quello dei germogli, in cui spuntano a ogni passo nuove configurazioni, che adesso vi proponiamo.

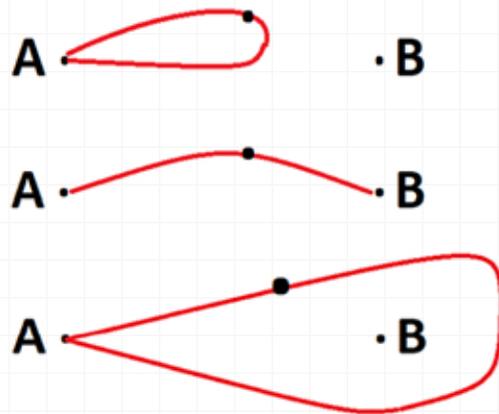
Si gioca in due (ma il gioco può essere sviluppato anche come un solitario). I due giocatori disegnano su un foglio alcuni punti e poi a turno, con una curva, uniscono due punti o partono da un punto per tornare sullo stesso punto. In ogni modo, pongono poi un nuovo punto lungo la linea tracciata. Devono però osservare le seguenti regole:

- 1) La linea può avere forma qualunque ma non deve attraversare se stessa né un'altra linea precedentemente disegnata e non può passare attraverso un punto disegnato prima.

- 2) Da nessun punto possono uscire più di tre linee.
- 3) Il vincitore è l'ultima persona che può tracciare una curva.

Scrive Martin Gardner: "Già con tre punti questo gioco è più difficile da sviluppare del "filetto". È bene che i principianti comincino a giocare con non più di tre o quattro punti iniziali".

In figura, vedete tre possibili prime mosse (A e B sono i punti iniziali):



Quante sono al più le mosse iniziali con due punti? E con tre?

Potete poi provare a disegnare qualche germoglio che nasce dalla seconda mossa, con due punti (che sono nel frattempo diventati 3) e con tre punti.

Se poi il gioco vi ha "preso", provate a dimostrare l'affermazione di Conway secondo la quale con N punti il numero massimo di mosse è $3N-1$; poi, il gioco finisce.

12 L'ADDIZIONE MISTERIOSA

Dalla considerazione delle cifre delle migliaia (e di quelle delle centinaia), si ricava $A=1$. Dalle cifre delle unità, ricaviamo $B+C=10$. Allora (cifre delle centinaia) è $B=8$ e $C=2$. Il numero ABCA vale 1821.

13 L'ENCICLOPEDIA

Consideriamo le prime 100 pagine. In ogni decina, la cifra 3 compare una volta, tranne in quella che comincia con 30 in cui compare 11 volte. In tutto, la cifra 3 è stata stampata 20 volte. Lo stesso si può dire per le pagine da 101 a 200 e le pagine da 201 a 299. E siamo a 60 volte. Da pagina 301 a pagina 399, la cifra 3 è stata stampata 120 volte (e siamo complessivamente a 180). Da pagina 400 a 499 troviamo 20 volte la cifra 3 (e siamo a 200). Poi abbiamo le pagine 503-513-523 (203 volte). Al massimo il libro è quindi formato da 529 pagine.

14 I FIAMMIFERI

Per contornare tre quadrati consecutivi (ad esempio, nella prima fila in alto), a Jacopo servono dieci fiammiferi. Per contornarne tre nella fila immediatamente sotto, e i precedenti quadrati, a Jacopo servono altri sette fiammiferi. Gliene rimangono a questo punto cinque, con i quali può contornare due quadrati della terza riga (posti sotto alcuni dei precedenti quadrati della seconda fila). In tutto, al massimo, Jacopo può contornare otto quadrati.

15 IL TRIANGOLO DELL'ANNO

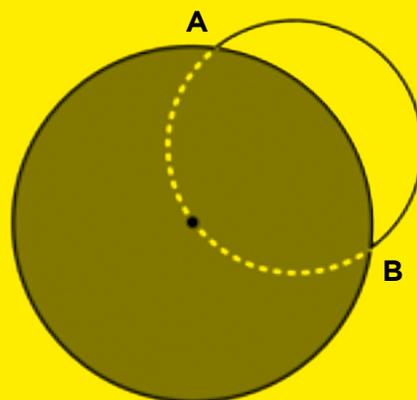
Da $23-9=14$, si vede subito che nei due lati che "escono" da 9 vanno collocati 4-10 e 6-8. Esaminando a questo punto i vari casi che si possono ottenere, si ottengono due possibili soluzioni ma in ogni modo $a+b$ vale 12.

16 È UN MULTIPLO DI 23

Il procedimento più veloce è di andare per tentativi... almeno per chi sa calcolare rapidamente le divisioni. Si trova che 7337 è divisibile per 23: X vale 3.

17 SEMPLIFICARE È FACILE

Dobbiamo trovare a , b , c tali che risulti $ab/bc=a/c$. L'informazione che $ab+bc$ sia uguale a 91 porta a scrivere: $10a+b+10b+c=91$, ovvero $10(a+b)+b+c=91$. Allora è $b+c=11$ e $a+b=8$. Considerando i vari casi possibili per a ($a=1, 2, 3, 4, 5, 6$), si trova la soluzione $b=6$, $c=5$. La nuova frazione trovata da Desiderio è $26/65$.

18 UN'ECLISSI PARZIALE

L'area della regione più chiara è data da 49π (area del cerchio piccolo) meno l'area dell'intersezione tra i due cerchi. Per calcolare quest'ultima, congiungiamo il centro O' della circonferenza più piccola con i punti di intersezione A e B delle due circonferenze. L'area della regione che è intersezione tra i due cerchi è data dalla somma della metà dell'area della circonferenza di centro O' (ossia $49\pi/2$) e quella del segmento circolare esterno alla corda AB . Quest'ultimo, a sua volta, si trova come differenza tra l'area del settore circolare relativo all'angolo al centro AOB (O centro della circonferenza maggiore) e l'area del triangolo AOB . In conclusione, l'area richiesta vale $49\pi - [49\pi/2 + (49\pi/2 - 49)] = 49$.

UN GIOCO CLASSICO

Con due punti iniziali, il numero massimo di mosse è cinque. Con tre punti iniziali, è otto.



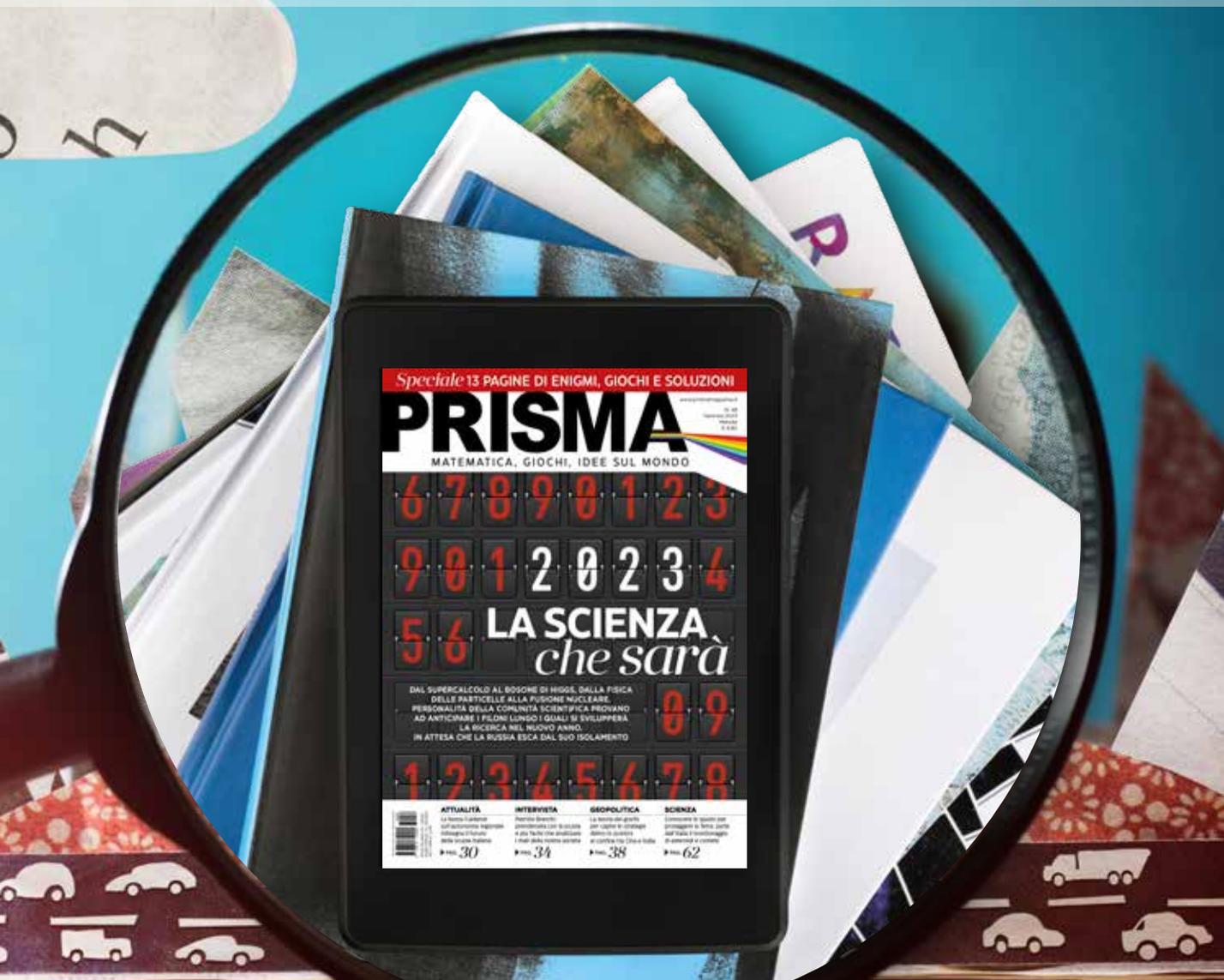
Symmaceo Communications

IMMAGINARE IL MONDO con **PRISMA**

ABBONAMENTO **DIGITALE** PER 12 MESI
A 22 EURO

ABBONAMENTO **CARTACEO** A 11 NUMERI
A 42 EURO

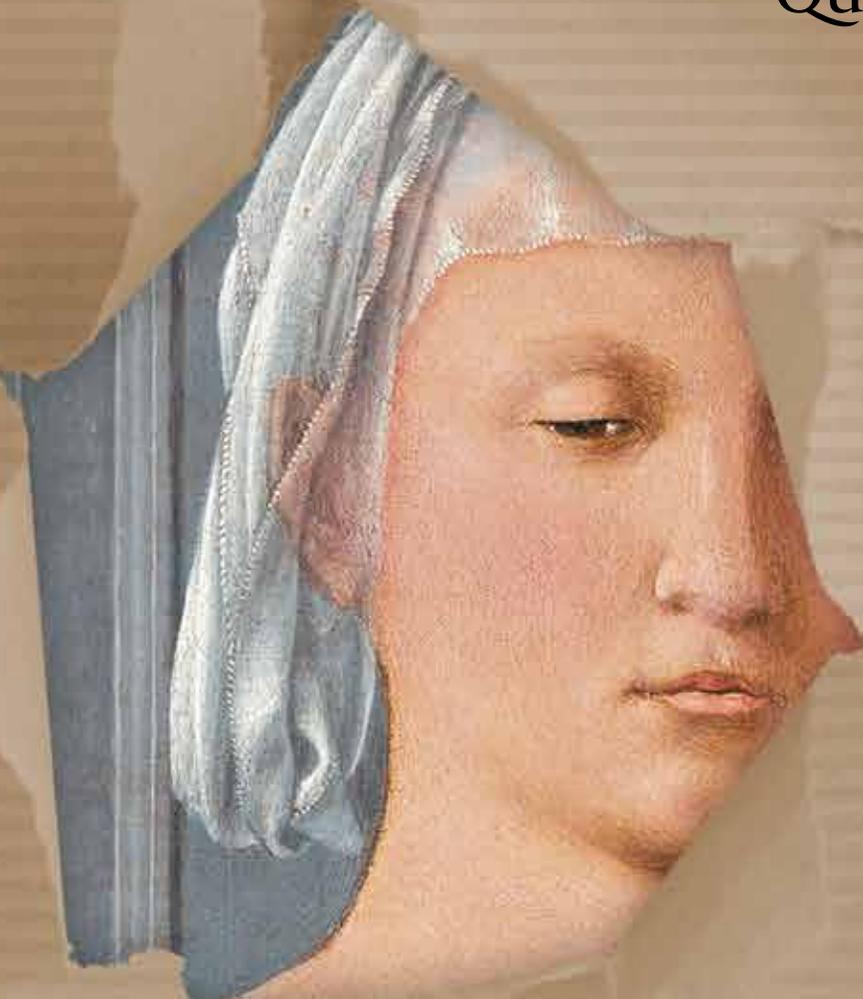
ABBONAMENTO **DIGITALE + CARTACEO**
A SOLI 48 EURO



Tutte le info sugli abbonamenti e sulla newsletter sul sito www.prismamagazine.it

dal **16 DICEMBRE**
al **10 APRILE**

Scuderie
del
Quirinale



Piero della Francesca, Madonna col Bambino e angeli detta Madonna di Sanigallia, 1474 circa, Urbino, Galleria Nazionale delle Marche, e MC - Galleria Nazionale delle Marche - Ph. Claudio Ripatti

ARTE 1937-1947 LIBERATA

CAPOLAVORI SALVATI DALLA GUERRA